

ESTUDIO SOBRE BIOECONOMÍA

COMO FUENTE DE NUEVAS INDUSTRIAS BASADAS EN EL CAPITAL NATURAL DE COLOMBIA FASE II

Análisis de la situación y
recomendaciones de política de
bioeconomía

ANEXO 3
ANÁLISIS SECTOR QUÍMICO
Elaborado por: María Cristina Aristizábal O
Corporación Biointropic

MEDELLÍN, COLOMBIA
28 DE JUNIO 2018

ESTUDIO ENTIDADES LÍDERES DE BIOECONOMÍA

**UNIVERSIDAD
EAFIT**


biointropic

silc
Science & Innovation Ink Office

APOYAN



UNIVERSIDAD DE MEDELLIN



**CORPORACIÓN
UNIVERSITARIA
LASALLISTA**
VIGILADA MINEDUCACIÓN

ENTIDADES PATROCINADORAS



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ · EQUIDAD · EDUCACIÓN



WORLD BANK GROUP



Korea
Green Growth
Partnership

COLOMBIA



CONTENIDO

ANÁLISIS SECTOR QUÍMICO.....	5
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR QUÍMICO.....	5
1.1. CONTEXTO ESTRATÉGICO DEL SECTOR	5
1.2. SUBSECTORES DEL SECTOR QUÍMICO	7
1.3. COMPORTAMIENTO DEL SECTOR	11
1.3.1 <i>Producción anual</i>	11
1.3.2 <i>Comercio Internacional</i>	11
1.3.3 <i>Participación de la producción anual del sector en el PIB Nacional</i>	12
1.4. CADENA PRODUCTIVA	13
1.5. ACTORES CLAVES	14
1.6. INICIATIVAS Y PROGRAMAS REALIZADOS EN EL SECTOR	17
1.7. CLÚSTER RELACIONADOS CON EL SECTOR.....	20
2. OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN DEL SECTOR QUÍMICO EN BIOECONOMÍA	21
2.1. QUÍMICA VERDE:	22
2.2. BIOMIMÉTICA APLICADA AL DISEÑO DE EQUIPOS	25
2.3. BIOQUÍMICA	26
2.4. BIOMATERIALES	27
2.4.1. <i>Polímeros biobasados y biodegradables:</i>	28
2.5. BIOINGREDIENTES PARA LA INDUSTRIA	29
2.6. BIOINSUMOS PARA EL SECTOR AGRÍCOLA.....	30
3. FACTORES CRÍTICOS	33
3.1. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	33
3.2. DIMENSIÓN REGULATORIA	33
3.3. DIMENSIÓN DE MERCADO	34
3.4. DIMENSIÓN DE FINANCIACIÓN E INVERSIÓN	34
4. RESUMEN DE DIAGNÓSTICO DEL SECTOR QUÍMICO.....	35
5. BIBLIOGRAFÍA	37





LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VENTAS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN EL MUNDO EN BILLONES DE EUROS. 2010 ES CALCULADO A PRECIOS DE 2010	6
FIGURA 2. EMISIONES DE CO2 DE LA INDUSTRIA GLOBAL POR SUBSECTOR. EMISIÓN TOTAL DE CO2	6
FIGURA 3. PRODUCCIÓN ANUAL - SECTOR RESTO DE QUÍMICOS.....	11
FIGURA 4. COMERCIO EXTERIOR- SECTOR RESTO DE QUÍMICOS.....	12
FIGURA 5. PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ANUAL SECTOR RESTO DE QUÍMICOS EN EL PIB NACIONAL	12
FIGURA 6. APROXIMACIÓN A LA CADENA DE VALOR – INDUSTRIA QUÍMICA.....	13
FIGURA 7. EMPRESAS E INSTITUCIONES MIEMBRO DE ESTE CLÚSTER.....	20
FIGURA 8. FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	22
FIGURA 9. TIPOS DE BIOPOLÍMEROS	28

LISTA DE TABLAS

TABLA 2. CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL INTERNACIONAL UNIFORME (CÓDIGO CIIU) – SECTOR QUÍMICO	8
TABLA 3. PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA.....	9
TABLA 1. PORCENTAJES A 2014 DE VENTAS BRUTAS DE DIVERSOS SECTORES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN COLOMBIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 4. RESUMEN DE PRINCIPALES ACTORES DEL SECTOR QUÍMICO	14
TABLA 5. PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE	23
TABLA 6. PRINCIPALES DESAFÍOS DE LA QUÍMICA VERDE	24
TABLA 7. INNOVACIONES EN EL SECTOR QUÍMICO.....	31





ANÁLISIS SECTOR QUÍMICO

El presente informe contiene un análisis del sector Químico en relación con su contexto actual, sus oportunidades de innovación y los factores críticos que están limitando para ser un sector dinamizador de la bioeconomía.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR QUÍMICO

1.1. Contexto estratégico del sector

La industria en general juega un importante papel en el desarrollo de la economía del mundo y es el mayor consumidor de recursos naturales no renovables, así como uno de los mayores contaminantes globales.

La industria química ha sido una de las industrias manufactureras más grandes del mundo. Aire, agua, gas natural, metales, aceites y minerales son las materias primas que generalmente se procesan para fabricar una variedad de productos químicos utilizados en todo el mundo. (Montes Valencia, 2015).

Según el informe "Chemicals Market Global Report 2017", en 2016 se observó que aproximadamente el 60% de la cuota de mercado correspondía a Asia y se convirtió en la región más grande del mercado de productos químicos. El mercado de productos químicos en Asia y el Pacífico ha sido el de crecimiento más rápido debido a los excelentes resultados de China y la India. Las regiones de Singapur y Japón también han sido mercados importantes en Asia. Las principales razones para el crecimiento en la región asiática han sido el bajo costo de la mano de obra y la concentración de las industrias manufactureras, que condujeron a un mayor dominio en el mercado mundial. Con la cuota de mercado del 20%, América ha sido la segunda región más grande, seguida por Europa con una cuota de mercado del 19% (KenResearch, 2017).

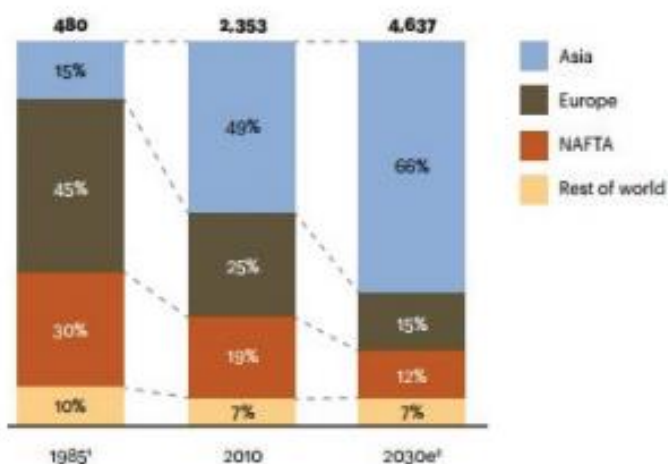
La industria química se enfrenta a una serie de desafíos importantes, desde la reducción de su dependencia de los combustibles fósiles hasta su papel en la lucha contra el cambio climático en general. Los desafíos específicos incluyen: captura y fijación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero; desarrollar una mayor gama de plásticos biodegradables; reducir los altos niveles de desechos en la fabricación de medicamentos y mejorar la eficiencia en la división del agua (The Conversation, 2017).

Desde mediados de los años ochenta, la industria química global ha crecido anualmente en un 7% al año 2010. Las ventas de la industria química y su tendencia para el año 2030 se muestran en el gráfico 1, en la cual se observa que del año 1985 al año 2010 regiones como Asia incrementó en un 49% las ventas de productos químicos y proyectándose un aumento del 66% en las ventas para el año 2030, siendo una de las más destacadas (Montes Valencia, 2015).





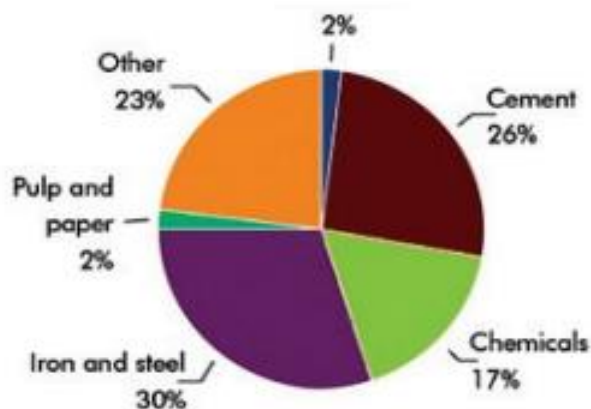
Figura 1. Ventas de la industria química en el mundo en billones de euros. 2010 es calculado a precios de 2010



Fuente: (Montes Valencia, 2015).

La industria en general juega un importante papel en el desarrollo de la economía del mundo y es el mayor consumidor de recursos naturales no renovables, así como uno de los mayores contaminantes globales. Uno de estos contaminantes son las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático) generado por el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) como fuente de energía (Montes Valencia, 2015). Es por esta razón que se da relevancia al desarrollo de materiales, productos e insumos que prioricen el uso de recursos renovables y que sean amigables con el medio ambiente.

Figura 2. Emisiones de CO₂ de la industria global por subsector. Emisión total de CO₂: 7,2 Gt



Fuente: (Montes Valencia, 2015)

En la figura se evidencia que las industrias más contaminantes son la siderúrgica (hierro y acero) y la cementera, estando la industria química en el tercer puesto. Se destaca en primer lugar China, donde se produce más contaminación por la producción de CO₂, en segundo lugar Norte América y en tercer lugar los países que hacen parte de la OCDE europea (Organización para la Cooperación y Apoyo Económicos) (Montes Valencia, 2015).

El sector químico colombiano se encuentra en los primeros 6 puestos de crecimiento de las exportaciones a América Latina, América del Norte y Asia. Este sector que ofrece grandes alternativas en el desarrollo de la industria tales como mayor eficiencia, menor impacto ambiental y costos reducidos, tiene una gran influencia en los esquemas productivos de otros bienes, lo que lo ubican como un proveedor de insumos necesarios para la innovación y para aumentar la competitividad de las empresas a nivel global (Fonade, 2016).

La industria química colombiana ha experimentado un desarrollo positivo, consolidando una infraestructura que en la actualidad logra atender las necesidades del mercado interno y busca explorar nuevas oportunidades en el exterior. La especialización lograda por las empresas del país, principalmente en agroquímica, química básica, intermedia, e incluso química polimérica, comienza a dar sus frutos en términos de prestigio por la calidad de los productos colombianos y de apertura de mercados. Dentro de los sectores priorizados en el Programa de Transformación Productiva – PTP, el sector de química básica es el más productivo, generando \$192 millones de pesos por trabajador en 2015. Por otra parte, sus exportaciones ascendieron a US\$634,3 millones en 2016 (Programa de Transformación Productiva, 2016).

Según datos de Procolombia, el sector de la industria química ha presentado un crecimiento promedio anual del 11,6% desde 2005, demostrando la creciente demanda asociada a los sectores petroquímico, cosmético, artículos de aseo e insumos agrícolas, tanto a nivel local como regional (Procolombia, 2015). Colombia se encuentra entre los países líderes de la región en cuanto a innovación y calidad del capital humano, además está a la vanguardia de las investigaciones de químicos verdes para convertirse en un sector amigable con el medio ambiente.

El sector químico, es considerado generador de productos intermedios, y se ofertan como materia prima para diversas industrias.

1.2. Subsectores del sector Químico

En términos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), el PTP ha priorizado las siguientes actividades económicas de la cadena de química básica: fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario y fabricación de otros productos químicos.

Esta clasificación CIIU refleja en su estructura y base conceptual la realidad económica colombiana, partiendo de la versión oficial entregada por Naciones Unidas a la comunidad



estadística internacional (DANE, 2012). Según dicha clasificación las actividades productivas asociadas al sector químico se reporta la siguiente clasificación:

Tabla 1. Clasificación Industrial Internacional Uniforme (Código CIU) – Sector Químico

División	Grupo	Clase	Descripción
20			Fabricación de sustancias y productos químicos
	201		Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, plásticos y caucho sintético en formas primarias
		2011	Fabricación de sustancias y productos químicos básicos
		2012	Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados
		2013	Fabricación de plásticos en formas primarias
		2014	Fabricación de caucho sintético en formas primarias
	202		Fabricación de otros productos químicos
		2021	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
		2022	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas
		2023	Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador
		2029	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
	203	2030	Fabricación de fibras sintéticas y artificiales
21			Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
	210	2100	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
46			Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas
		4664	Comercio al por mayor de productos químicos básicos, cauchos y plásticos en formas primarias y productos químicos de uso agropecuario
08			Extracción de otras minas y canteras
		0891	Extracción de minerales para la fabricación de abonos y productos químicos

Fuente: Estructura detallada de la clasificación industrial internacional uniforme adaptada para Colombia – CIUU (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia).

La división 21 de la clasificación CIUU se analiza en detalle en el informe del sector farmacéutico.

Los productos de la industria química se dividen en: química básica, química especializada, química para la industria y el consumo final. Cada una de estas subdivisiones se amplía a continuación:

Tabla 2. Productos de la industria química

Química Básica	Petroquímica	Plataforma fundamental para el crecimiento y desarrollo de importantes cadenas industriales como son la textil, la automotriz y del transporte, la construcción, los plásticos, los alimentos, los fertilizantes, la farmacéutica y la química. Estos hidrocarburos son convertidos en un amplio rango de químicos básicos con un uso inmediato (petróleo) o son sujetos a reacciones posteriores para producir un producto final útil.
	Polímeros	El principal uso de los petroquímicos es en la elaboración de un amplio número de polímeros. Los polímeros o plásticos derivados del petróleo no son biodegradables lo que causa problemas de eliminación de desechos y consumen recursos fósiles como el petróleo crudo en grandes cantidades Los biopolímeros han sido una de las alternativas para ser explotadas y desarrolladas en materiales para el empaque de alimentos debido a que son biodegradables.
	Inorgánica Básica	Compuestos inorgánicos básicos utilizados en los sectores de la manufactura y la agricultura, son producidos en grandes cantidades e incluyen el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el carbonato de sodio, entre otros. Respecto al ácido sulfúrico es uno de los compuestos más importantes hechos por la industria química; con este reactivo se producen: fertilizantes de fosfato, fenol y propanona, entre otros. El crecimiento futuro del ácido sulfúrico será dirigido por el incremento en la población y la extensión de cultivos de alimentos que requerirán significantes cantidades de fertilizantes.
Química Especializada	Categoría que abarca una amplia variedad de químicos para la protección de cosechas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), pinturas y tintas, colorantes (tintes y pigmentos). También se incluyen químicos usados en diversas industrias como la textil y del papel.	
Química para la industria y consumo final	Productos químicos vendidos directamente al público: detergentes, jabones y otros artículos de aseo.	

Fuente: Sectores de aplicación de la industria química (Montes Valencia, 2015)



Según la clasificación de cuentas nacionales del DANE, el sector químico se integra por subsectores como: farmacéutico, cosmético y el resto de los químicos, para la descripción del presente sector solo se contemplará “Resto de químicos” porque farmacéutico y cosmético se están analizando de manera independiente.

El código de cuenta nacional corresponde a:

- (28). Sustancias y productos químicos¹

¹ Se está contemplando: Productos químicos orgánicos básicos, Extractos tintóreos y curtientes, taninos, etc. Abonos y plaguicidas, Plásticos en formas primarias, Pinturas, barnices y productos conexos, Productos químicos n.c.p., Fibras textiles manufacturadas (artificiales y sintéticas).

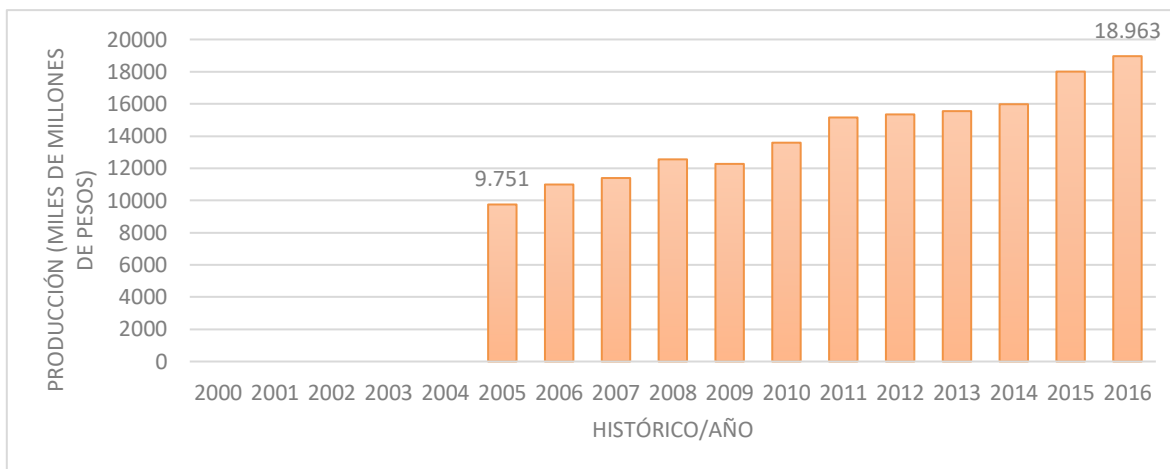


1.3. Comportamiento del sector

1.3.1 Producción anual

La producción total del sector “resto de químicos” en Colombia es de 18.963 miles de millones de pesos a 2016. Con un crecimiento del 5.3% comparado con el 2015. Se observa, una tendencia creciente en los últimos 5 años, lo que puede ser interpretada como señal de estabilidad económica en el entorno.

Figura 3. Producción Anual - Sector Resto de Químicos



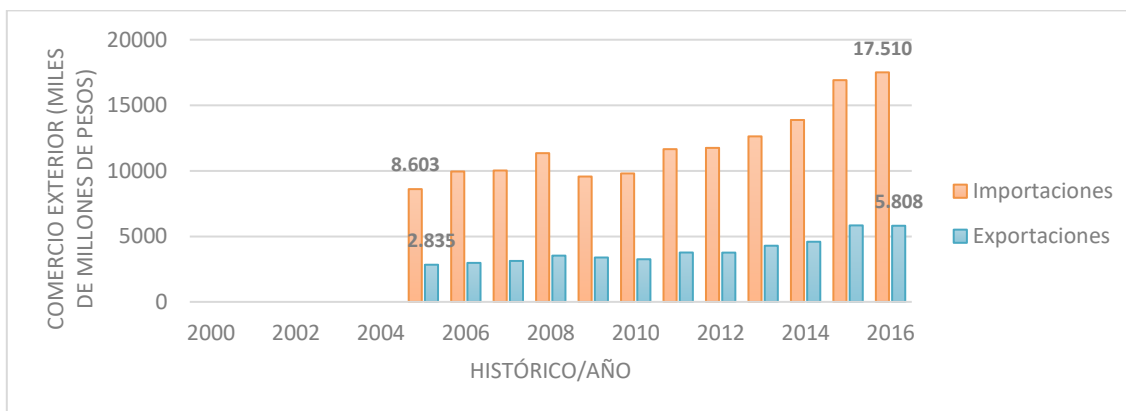
Fuente: Gráficos elaborados a partir de cuentas nacionales DANE, 2016

1.3.2 Comercio Internacional

Se evidencia una balanza comercial negativa donde las importaciones fueron muy superiores a las exportaciones del sector, lo que sugiere que la economía colombiana sustenta gran parte del sector químico en el mercado externo. Puede señalarse que lo anterior representa una oportunidad de desarrollo de negocios, para cerrar la brecha de comercio internacional colombiano, produciendo los insumos necesarios que satisfagan la demanda interna.



Figura 4. Comercio Exterior- Sector Resto de Químicos

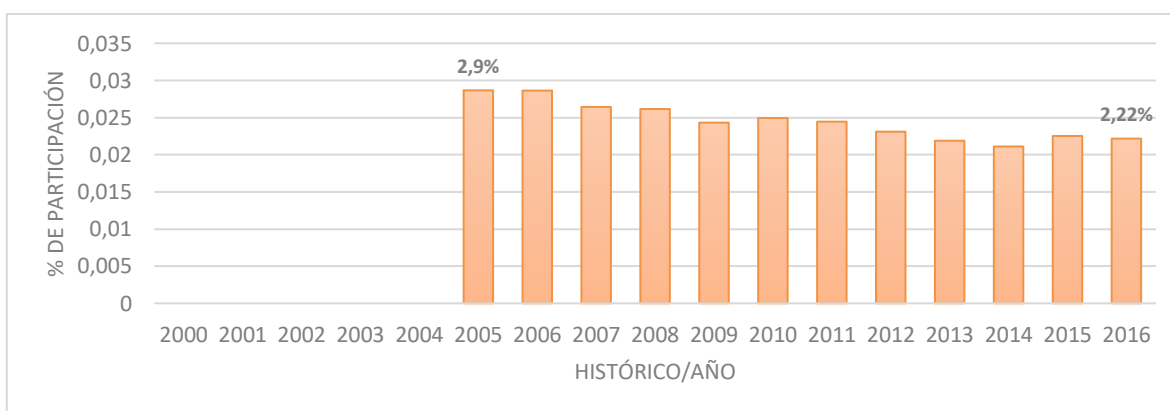


Fuente: Gráficos elaborados a partir de cuentas nacionales del DANE, 2016

1.3.3 Participación de la producción anual del sector en el PIB Nacional

La participación del sector químico en la economía colombiana enseña una leve caída en los últimos años, pasando de 5.7% en el año 2000, a 4,26% en el año 2016, una reducción en un 1,44%. El tratado de libre comercio con Estados Unidos es probablemente, uno de los factores críticos en los mencionados resultados, dado que el abaratamiento de productos químicos externos ha favorecido las importaciones y ha trasladado la dinámica económica del sector, más hacia los mercados externos que al interior del país. La misma dinámica se evidencia en el sector resto de químicos.

Figura 5. Participación de la Producción Anual Sector Resto de Químicos en el PIB Nacional



Fuente: Gráficos elaborados a partir de cuentas nacionales del DANE, 2016

En general puede afirmarse que el sector “resto de químicos” ha mostrado una reducción del peso en la economía en los últimos años. El sector resto de químicos para 2016



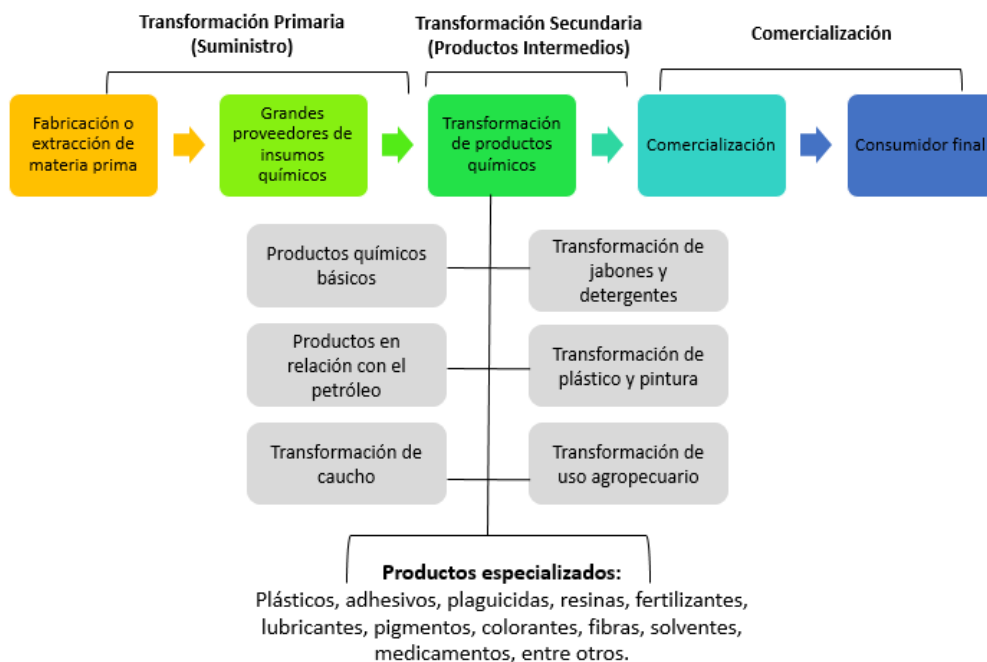
contribuyó a la economía con el 2.2% de la producción total, una suma considerable, mas no representativa que podría justificar el esfuerzo de llevar al sector a un modelo de desarrollo bioeconómico que lo potencialice.

1.4. Cadena productiva

La química es al mismo tiempo una ciencia y un campo industrial. Como ciencia, tiene por objetivo la investigación y el estudio de las propiedades y transformaciones de la materia, mientras que como sector industrial se basa en el aprovechamiento de las materias primas naturales y en la invención y preparación de nuevas materias y productos no existentes en la naturaleza. El alcance de la química no se acaba en las industrias ni los productos químicos, sino que incluye cualquier campo industrial y tecnológico que trabaje con materiales y sustancias de cualquier tipo. Los descubrimientos obtenidos son la base de las aplicaciones tecnológicas en todos los campos industriales, desde la alimentación a la electrónica, desde los nuevos materiales y las nanotecnologías a los combustibles, desde los plásticos a los fármacos (Barcelona Treball, 2013).

La cadena de la industria química parte de un insumo base (extraído de la naturaleza) y consiste en una sucesión de etapas de transformación por medio de procesos químicos hasta la obtención de un producto final, con características físico-químicas determinadas. Algunos de estos procesos trascienden la industria química, es decir comprenden eslabones de transformación posterior que no se corresponden a un proceso químico.

Figura 6. Aproximación a la cadena de valor – Industria química



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con información analizada

Según datos del PTP (Programa de Transformación Productiva, 2016), el sector de química básica es una actividad industrial y económica que utiliza materias primas básicas para la elaboración de productos intermedios y es responsable de los residuos generados por las reacciones químicas en dichos procesos. El primer eslabón de esta cadena son las sustancias químicas básicas (formulación y síntesis de ingredientes activos); de las que se pasa a la mezcla de los ingredientes activos con elementos secundarios para luego ser comercializado en diferentes industrias. A través de este proceso se elabora una serie de productos como abonos y compuestos nitrogenados, plaguicidas y otros productos químicos.

1.5. Actores Claves

A manera de resumen se resaltan los principales actores que integran el sector Químico:

Tabla 3. Resumen de principales actores del sector químico

Gobierno nacional y regulación	Generador de conocimiento: CDT/Centro de investigación/Universidad	Empresa desarrolladora Bio	Empresa Usuaria BIO	Financiación e inversión	Fomento empresarial e innovación
Ministerio de Comercio, Industria y turismo,	Universidades: Universidad Nacional	Colororganic	Acoplásticos	Bancoldex, Innpulsa, Sena, Colciencias, Fiducoldex, Procolombia, PTP	Cámaras de comercio
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,	Universidad de los Andes Universidad de la Sabana Universidad de Antioquia	IPF Ingredion Colombia	Formacol Colquímicos Química Básica Colombiana S.A.	Banca de las Oportunidades	DNP PTP Procolombia
Ministerio de Salud y Protección Social	Universidad del Valle	Sumicol	Química Amtex S.A.	APC Colombia	ANDI
Superintendencia de Industria y Comercio	Pontificia Universidad Javeriana	Ecorgánicos de Colombia	Basf Química Colombiana S.A.	Fondo Nacional de Garantías	Biointropic ANIF
Superintendencia de Sociedades	EAFIT	Sucroal	Colorquímica		Fedepalma
Sistema Nacional de Competitividad Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCCTI	Universidad Pontificia Bolivariana Universidad Industrial de Santander Universidad del Norte		Grupo Orbis: empresas Andercol e Inproquim, Biofilm Dow Química Colombia Basf Química Enka de Colombia Linde Colombia		Asocaña



Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia

<p>Gobiernos locales y Regionales</p>	<p>Politécnico Jaime Isaza Cadavid</p> <p>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</p> <p>Universidad Jorge Tadeo Lozano</p> <p>Algunos Grupos y Centros de Investigación representativos:</p> <p>Universidad Nacional de Colombia:</p> <p>IBUN: Instituto de Biotecnología</p> <p>Grupos de investigación en: Bioprocesos y Bioprospección, Metrología Química y Bioanálisis GIMQB, Biotecnología, Sistemática Biológica, Biología de Células Madre, Biomoléculas Alimentarias, entre otros</p> <p>Universidad de Antioquia:</p> <p>grupos de investigación en: Biotecnología y bioprocesos, Sustancias bioactivas (GIBS), Estudios Moleculares (GIEM), Productos naturales, Estudio y control de enfermedades tropicales (PECET), bioquímica estructural de macromoléculas GEBIOMIC (genética y bioquímica de microorganismos), Grupo CERES agroindustria & ingeniería, Catálisis ambiental, Química de recursos energéticos y medio ambiente, Biocontrol y microbiología ambiental bioma, entre otros</p> <p>Universidad del Valle:</p> <p>Grupos de investigación en: procesos avanzados para tratamientos biológicos y químicos, biocombustibles y</p>		<p>Sika Colombia</p> <p>America Styrenics de Colombia</p> <p>Nalco de Colombia</p> <p>Quimpac de Colombia</p> <p>PGI Colombia</p> <p>Disan Colombia Firmenich, Carboquímica.</p>		
---------------------------------------	---	--	--	--	--





Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia

<p>biorefinerías GRUBIOC, Microbiología y biotecnología aplicada (MIBIA), fisicoquímica de bio y nanomateriales, grupo de saneamiento ambiental, entre otros</p> <p>Universidad Javeriana:</p> <p>Grupos de investigación en: conservación y biotecnología, biofísica y bioquímica estructural, grupo de biotecnología ambiental e industrial, unidad de saneamiento y biotecnología ambiental, enfermedades infecciosas, Fito medicamentos, entre otros</p> <p>Universidad EAFIT:</p> <p>Universidad con relevantes grupos de investigación en: ciencias del mar, ciencias biológicas y bioprocesos (CIBIOP), GIPAB grupo de investigación en procesos ambientales, grupo de investigación en bioingeniería (GIB) CES EAFIT, entre otros.</p> <p>Centros de Investigación:</p> <p>CENIVAM - Centro de Investigación de Excelencia</p> <p>CIAT- Centro Internacional de Agricultura Tropical</p> <p>CORPOGEN</p> <p>Instituto Sinchi: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas</p> <p>Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas – CDT del gas</p> <p>CIF- Centro internacional de física</p>				
--	--	--	--	--





	Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho – ICIPC CIDET - Laboratorio de Análisis Químico				
--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a información analizada

1.6. Iniciativas y programas realizados en el sector

Programas Nacionales de CTI: Programa Nacional en Ciencias Básicas: iniciativa liderada por Colciencias, encargado de implementar la política científica nacional y contribuir a fomentar la generación de nuevo conocimiento en las áreas de biología, física, química, matemáticas y básicas biomédicas, promoviendo su inserción en el contexto internacional. Las Ciencias Básicas se constituyen en la base fundamental de los procesos de desarrollo científico y tecnológico, sin los cuales es impensable la inserción del país en las dinámicas globales de desarrollo. (Colciencias, 2018).

Convocatoria Colciencias 712 para proyectos de investigación en Ciencias Básicas: Busca contribuir al avance de la investigación en ciencias básicas biológicas, físicas, químicas, biomédicas y en matemáticas, que mueva la frontera del conocimiento y que aporte a la generación de productos de nuevo conocimiento de alto impacto; favoreciendo, de este modo, el fortalecimiento de las capacidades científicas y el desarrollo del país, a través de la financiación de proyectos de investigación (Colciencias, 2015).

Programa de Transformación Productiva - PTP: El Programa de Transformación Productiva fue creado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en el año 2009 con el fin de promover la productividad y competitividad en la industria. Este Programa se enfoca en trabajar de puertas hacia adentro en las empresas para ayudarlas a mejorar sus indicadores, hacer más eficientes sus tiempos de producción, reducir los costos y aumentar el valor agregado y la rentabilidad (Programa de Transformación Productiva, 2018).

Actualmente se adelanta la estructuración del plan de negocios para los sectores plásticos y químicos y se han estructurado y desarrollado proyectos que buscan mejorar la productividad, calidad y eficiencia energética de diferentes empresas.

El PTP viene estructurando dos convocatorias, en coordinación con el Instituto de Investigación y Capacitación del Plástico y el Caucho - ICIPC:

- 14 empresas subsector de empaques plásticos que se beneficiarán de la realización de un proyecto de análisis de pruebas de migración, para validación de cumplimiento de regulaciones de migración específica en materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.





Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia

- 20 empresas del sector de plásticos que se beneficiarán de la realización de proyecto que busca el mejoramiento de la eficiencia energética de sus procesos productivos, a través de una transferencia efectiva de conocimiento del método de las Brechas Energéticas y de los procesos de transformación involucrados.

Convocatoria 472 Colombia Productiva: El Programa de Transformación Productiva, PTP, del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, abrió una nueva convocatoria para aumentar la productividad y capacidades exportadoras de hasta 400 empresas de sectores priorizados.



Participe en el programa del PTP que ayudará a mejorar la productividad y calidad de las pymes:

El objetivo de la convocatoria es que las empresas puedan aumentar las utilidades y exportaciones, disminuir el consumo de energía, reducir tiempos de entrega y costos de producción, mejorar la gerencia comercial y de talento humano, implementar estándares de calidad y participar en una macrorrueda de negocios con compradores internacionales. (Programa de Transformación Productiva, 2018).

Colombia BIO: Colombia Bio es un proyecto de interés nacional que busca fomentar el conocimiento profundo de territorios colombianos antes no explorados, en convenio con aquellas instituciones expertas en investigación científica del país.



Con esta iniciativa se busca impulsar y fortalecer procesos de I+D para la generación de productos con valor agregado bio-basados, y desarrollados con altos componentes de CTel por medio de otras tecnologías no biotecnológicas, que fundamenten su transformación vía física o química, centrándose en extractos e ingredientes naturales para la industria cosmética, alimenticia y farmacéutica. Se incluyen productos como alimentos funcionales y cultivos mejorados, que son de origen natural, contribuyen a la buena salud y son más amigables con el medio ambiente. (Colciencias, 2018).

La ONUDI y sus asociados lanzan una nueva iniciativa mundial sobre la Química Verde: La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y sus asociados han lanzado una iniciativa mundial en alianza público privada para aumentar la conciencia mundial y desplegar enfoques y tecnologías de la Química Verde.

La ONUDI y sus asociados lanzan una nueva iniciativa mundial sobre la Química Verde



ESTRATEGIAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
Subcategorías: Consumo y producción sostenibles
Fuente: UNIDO

Este artículo ha sido consultado: 256 veces

Fecha de publicación: Marzo 21 de 2017

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y sus asociados han lanzado una iniciativa mundial en alianza público privada para aumentar la conciencia mundial y desplegar enfoques y tecnologías de la Química Verde.

La iniciativa de Química Verde de la ONUDI reúne un gran consorcio de investigación dirigido por el Centro de Química Verde e Ingeniería Verde de la Universidad de Yale, la Fundación Federal Alemana del Medio Ambiente y Braskem, el mayor productor de

resinas termoplásticas de América Latina, África, Asia y Europa del Este. El proyecto de



tres años es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés).

Este proyecto es la primera asociación público-privada financiada por el GEF para salvar la brecha entre la innovación basada en la ciencia y la aplicación real de la Química Verde en los países en desarrollo y las economías en transición. La principal iniciativa de la ONUDI sobre la Química Verde tiene por objeto abordar los desafíos planteados por los productos químicos peligrosos a través de acciones holísticas y de amplio espectro y el diseño preventivo y la gestión de los productos químicos y los desechos. (Red de Desarrollo Sostenible, 2017).

Laboratorio de referencia nacional en viscosidad: Alrededor de 6.000 empresas, entre ellas 450 del sector de cosméticos, se beneficiarán del primer laboratorio de referencia

En el Mes de la Calidad, Colombia estrena laboratorio que beneficiará alrededor de 6.000 empresas de seis sectores del país

Compañías de cosméticos, farmacéuticos, pinturas, alimentos y bebidas, químicas y petroquímicas y aceites y grasas podrán mejorar sus estándares de calidad y ser más competitivas.

[Encuentre aquí toda la información](#)

nacional en viscosidad, permitiéndoles mejorar su competitividad, optimizar costos y estandarizar la calidad de sus

productos. Empresas colombianas que producen cremas, esmaltes, champús, jabón, pinturas, aceites, lubricantes, salsas, concentrados de frutas, jarabes y productos similares contarán con una nueva herramienta para mejorar su calidad.

Este laboratorio, que será de carácter público, les permitirá a las empresas calibrar sus equipos bajo estándares internacionales, de manera que puedan garantizar los niveles de espesor o viscosidad de sus productos, haciéndolos más competitivos con miras a acceder a nuevas oportunidades en exigentes mercados internacionales como Estados Unidos y la Unión Europea. (Programa de Transformación Productiva, 2017).

Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho: El Instituto de



Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC) es un centro de desarrollo tecnológico que brinda soluciones tecnológicas a las industrias del plástico, caucho y afines, tales como automotriz, alimentos, farmacéuticos, productos de consumo, empaques, internet de las cosas, entre otros. Durante sus 23 años de operación ha llevado a cabo actividades en beneficio de las empresas que trabajan en las cadenas de plástico y caucho en Colombia y países de América Latina.

Actualmente el ICIPC, Colciencias y Ruta N lideran un convenio de cooperación para la llegada del Instituto alemán Fraunhofer a Medellín, con lo cual se espera responder a las necesidades importantes en sectores como: energía, agroindustria, TICs, salud, automoción, empaques y envases. El convenio llevará a cabo la adquisición y la realización de proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico siguiendo el modelo Fraunhofer.



El Instituto Fraunhofer es la mayor organización de investigación aplicada de Europa. Su presupuesto anual alcanza los 2.000 millones de euros, de los cuales aproximadamente 1.700 (70%) provienen de investigación por contrato, financiada por la industria. Este esquema de financiar el 70% de su presupuesto por medio de los contratos con la industria ha tenido gran resonancia internacional y se conoce como el “Modelo Fraunhofer”. (Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho, 2018).

Centro Nacional de Producción Más Limpia – CNPML: Iniciativa que trabaja para fortalecer la oferta técnica de servicios, promover el desarrollo empresarial sostenible y generar casos demostrativos que permitan a las empresas comprobar los beneficios ambientales y económicos de la incorporación de una política ambiental que fortalezca su competitividad en el sector privado y público en temas de sostenibilidad.



Gracias al trabajo con aliados y cooperantes internacionales, el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales – CNPMLTA – se mantiene vigente en temas de Producción y Consumo Sostenible, y es tomado como referencia en Colombia para la transferencia de conocimiento y tecnología, y apoyar el fortalecimiento y la competitividad del sector empresarial (CNPML, 2018).

- Soluciones Químicas Innovadoras 2017

Proyecto liderado por CNPML, Corantioquia y ONUDI, que busca apoyar 20 pequeñas industrias mineras de oro en la región nordeste del departamento de Antioquia.

El objetivo del proyecto es evaluar cómo las empresas están utilizando los productos químicos, identificar opciones de innovación para sustituir productos químicos en los procesos de producción de oro y analizar técnicas de factibilidad para la implementación de las opciones innovadoras identificadas (Centro Nacional de Producción Más Limpia - CNPML, 2017).

1.7 Clúster relacionados con el sector

Clúster de Empaques Plásticos:

El Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho - ICIPC - coordina el Clúster de Empaques Plásticos con valor agregado para Alimentos. Este Clúster fue creado en el año 2016.

Figura 7. Empresas e instituciones miembro de este Clúster



Fuente: Clúster de Empaques Plásticos (Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho - ICIPC, 2016)

Este clúster presenta relevancia para la Bioeconomía en la búsqueda de nuevos bioproductos relacionados con bioplásticos a partir del aprovechamiento de biomasa residual que permita el uso sostenible de la biodiversidad. Este tipo de innovaciones permitirán contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a los planteamientos de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD).

2. OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN DEL SECTOR QUÍMICO EN BIOECONOMÍA

La especialización lograda por las empresas del país, principalmente en agroquímica, química básica, intermedia, e incluso química polimérica, comienza a dar sus frutos en términos de prestigio por la calidad de los productos colombianos y de apertura de mercados (Programa de Transformación Productiva, 2016).

Las oportunidades de innovación para el sector se centran en generar procesos industriales sostenibles los cuales permiten la transformación de la materia prima e insumos en productos, subproductos, residuos y desechos; usando racionalmente la energía, y teniendo en cuenta en cada etapa las condiciones de operación que hagan posibles procesos eficientes (Pérez, Loayza & Silva Meza, 2013).





Figura 8. Fundamentos para el diseño de procesos industriales



Fuente: Fundamentos para el diseño de procesos industriales (Pérez, Loayza & Silva Meza, 2013)

Como oportunidades de innovación en el sector químico se han identificado los siguientes tópicos:

2.1. Química verde:

La química verde se definió por los académicos estadounidenses Paul Anastas y John Warner en 1998 quienes identificaron 12 principios (Ver Tabla 6), entre ellos, la reducción de la toxicidad, biodegradabilidad y la eficiencia energética, para evaluar el impacto ambiental (Dinero, 2015). El objetivo de la química verde es implementar procesos químicos industriales con base en reacciones limpias y seguras lo cual se logra con el uso de materias primas renovables, la sustitución de solventes orgánicos tradicionales, el empleo de procedimientos catalíticos o biocatalíticos o la activación selectiva de moléculas reactivas (Revista Virtualpro, 2015).

Los avances en la química verde permitirán reducir significativamente los costos totales de fabricación y el consumo de energía y también reduciría la manipulación de residuos y los costos asociados, así como el impacto al medio ambiente. Un reporte realizado por Navigant Research, equipo que realiza investigaciones de mercado, estimó que los procesos químicos ecológicos le ahorrarían a la industria hasta US\$65,5 billones en el 2020 (Navigant Research, 2011).



Tabla 4. Principios de la química verde

1	Prevenir la creación de residuos	Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
2	Economía atómica	Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso
3	Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida	Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
4	Generar productos eficaces pero no tóxicos	Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
5	Reducir el uso de sustancias auxiliares	Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.
6	Disminuir el consumo energético	Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.
7	Utilización de materias primas renovables	La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8	Evitar derivados innecesarios	Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
9	Potenciación de la catálisis	Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos
10	Generar productos biodegradables	Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
11	Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real	Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas
12	Minimizar el potencial de accidentes químicos	Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Fuente: La Industria Química: Importancia y Retos (Montes Valencia, 2015)



Se destacan los siguientes desafíos:

Tabla 5. Principales desafíos de la química verde

Área de Oportunidad		Tipo de desarrollo u aplicación
Rutas de síntesis	Síntesis alternas con base en los principios de química verde para distintas aplicaciones: nanotecnología y nanopartículas, ciencia de polímeros, producción de alquenos y bistriazinas, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> - Síntesis química: procesos y productos químicos mediante la invención de reacciones novedosas que puedan maximizar los productos deseados y minimizar los subproductos. Diseño de nuevas estrategias sintéticas que simplifiquen operaciones en producciones químicas. Búsqueda de solventes verdes que sean ambiental y ecológicamente benignos. - Economía atómica en las síntesis químicas para mejorar la eficiencia de las síntesis - Rutas benignas con base en química verde para síntesis de nanopartículas que hagan más fácil, rápido y controlables procesos de catálisis, síntesis, inmovilizaciones enzimáticas e interacciones moleculares. - Química verde para procesamiento de polímeros (biodegradable)
Catalizadores verdes	Evitar el uso de sustancias auxiliares, disolventes, grupos protectores y otros, que después sean difíciles de reciclar y sean peligrosos para la salud y/o el medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevas herramientas para la catálisis verde - Síntesis orgánica en fase sólida y catálisis - Catalizadores altamente selectivos y sostenibles (catalizadores orgánicos) como herramienta útil para la síntesis de polímeros. - Aplicaciones sostenibles de nanocatalizadores
Solventes verdes	Solventes verdes para la síntesis química de diversos productos.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de procesos integrados de separación con solventes verdes - Solventes verdes para las industrias de petróleo e hidrocarburos. - Remoción de azufre de combustibles de transporte. - Extracción verde y sostenible de productos naturales - Solventes y síntesis más verdes para productos químicos finos y farmacéuticos - Síntesis de biosolventes



Otras aplicaciones	Aditivos para plásticos, horticultura protegida, adsorbentes verdes, radiación ultravioleta	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorbentes verdes para aguas residuales: materiales de bajo costo originados de productos, subproductos y residuos agrícolas - Bioinsumos y compuestos para el control de plagas agrícolas: nuevos compuestos selectivos y compatibles con el ambiente y de baja toxicidad hacia el ser humano - Aditivos verdes para plásticos. Reemplazar aditivos químicos tóxicos y la persistencia ambiental de sustancias que afectan la sostenibilidad de la industria - Producción de energía renovable verde (biomasa): biocombustibles
--------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia tomando como base la publicación Química Verde (Revista Virtualpro, 2015)

Algunos datos de mercado: A continuación, se comparten algunos datos de mercado tomados del reporte 2017 de Green Bio Chemicals Market Research Reports & Consulting publicado por la firma Markets and Markets:

El mercado de surfactantes naturales (surfactantes de base biológica) se estima en USD 13,47 billones en 2017 y se proyecta que alcance USD 17,27 billones para el 2022, a una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de 5,1% entre 2017 y 2022. La implementación de regulaciones estrictas sobre el uso de surfactantes convencionales, es impulsando el mercado de surfactantes naturales (surfactantes biológicos) en diferentes aplicaciones. El uso creciente de surfactantes naturales (surfactantes de base biológica) en detergentes, cuidado personal y productos químicos en campos petroleros también está impulsando el crecimiento del mercado de surfactantes naturales (surfactantes de base biológica) a nivel mundial.

En este punto es clave mencionar las oportunidades de innovación en temas de ingeniería verde, la cual se desarrolló como extensión de la Química Verde y tiene un alcance más amplio. La ingeniería verde (J.I., 2008) se concibe como el "diseño, comercialización, y uso de procesos y productos, los cuales son técnica y económicamente viables, a la vez que minimizan: 1) la generación de contaminación y 2) el riesgo para la salud y el medioambiente". La Ingeniería Verde más que una disciplina nueva, está destinada a transformar las disciplinas y prácticas tradicionales de la ingeniería en otras nuevas que aumenten la sostenibilidad (Pérez, Loayza & Silva Meza, 2013).

2.2. Biomimética aplicada al diseño de equipos

Según el Informe Planeta Vivo, llevado cabo por la WWF (2014), las demandas de la humanidad sobre el planeta son 50% mayores de lo que la naturaleza puede regenerar. A este ritmo, son necesarios 1,5 planetas para producir los recursos y soportar la huella ecológica humana (Merino, 2015).

Teniendo este panorama como referente, las metodologías de diseño vigentes no proporcionan una salida a esta problemática, debido a que están fuertemente influenciadas e interconectadas con las sociedades aceleradas de consumo, generando productos y servicios a modo de soluciones inmediatas, es decir, no contribuyen a la sostenibilidad. En este sentido la Biomimética se define como una nueva ciencia que se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas, con la condición de que estas sean sustentables (Rangel, García, Peña, & Hernández, 2012).

2.3. Bioquímica

A medida que la ciencia evoluciona, es necesario generar a nivel de la industria nuevos bioprocesos y productos con mayor valor agregado. Esto abarca el uso de agentes biológicos, como bacterias, hongos, microalgas, enzimas y otros, mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos sobrantes de procesos agrícolas e industriales, que son transformados mediante procesos bioquímicos en nuevos productos que generan un valor agregado en las industrias.

La bioquímica actúa como una herramienta para investigar y estudiar la biología molecular, se ocupa de la estructura, la función y las interacciones entre las macromoléculas biológicas (Conference Series, 2018). Presenta retos importantes en el diseño de catalizadores biomiméticos artificiales que funcionen como enzimas, así como el desarrollo de sistemas químicos organizados que imiten el funcionamiento de las células biológicas.

Nuevos avances en Bioquímica y Biología Molecular:

- Bioquímica Clínica y Nutricional
- Bioquímica medicinal y farmacéutica
- Bioquímica estructural y molecular
- Proteína y bioquímica analítica
- Biología Celular y Molecular
- Enzimología y bioquímica
- Enzimología en Biología Molecular
- Nano Bioquímica

Crecimiento del mercado en Bioquímica y Biología Molecular: según reporte de la Conferencia Internacional sobre Bioquímica y Biología Molecular (Conference Series, 2018), la región enfocada al mercado de la industria de analizadores de bioquímica y biología molecular incluye América del Norte, Europa y Asia, en países como Estados Unidos, Alemania, Japón y China.

El mercado de analizadores de bioquímica ofrece una contribución saludable en el mercado de diagnóstico In Vitro y se espera que crezca en los próximos años. El mercado mundial de productos de diagnóstico in vitro (IVD) fue de \$ 60,3 mil millones en 2015 y se espera que sea de \$ 81,1 mil millones para 2020 a una tasa de crecimiento anual compuesto

(CAGR) del 6,1%. América del Norte lidera el mercado mundial de productos IVD a lo largo del período, con un valor de \$ 24,6 mil millones en 2014. Se espera que el mercado alcance \$ 29,4 mil millones en 2020 de \$ 25,3 mil millones en 2015, aumentando a una tasa compuesta anual de 3,1%. Asia es la región de mayor crecimiento del mercado global de IVD con una CAGR de 12,9% de 2015 a 2020. El mercado vale \$ 15,3 mil millones en 2015 y se espera que alcance \$ 28,2 mil millones para 2020 (Conference Series, 2018)

Para el caso de Colombia, la ingeniería bioquímica brinda un abanico de posibilidades para el mundo de hoy que depende de los avances de la tecnología y los procesos de transformación bioquímicos, tales como: nuevas fuentes de energía, producción de alimentos, procesos de descontaminación del medio ambiente y creación de fármacos. A través de sus bioprocesos la bioquímica le aporta en gran medida a tres de los cinco clústers prioritarios definidos por la región del Valle del Cauca, como son la proteína blanca, macrosnacks y bioenergía, los cuales generan un alto impacto en el crecimiento de la industria (Universidad ICESI, 2018).

Enzimas industriales: en el área de enzimas para la producción de alimentos existen diversos tipos de oportunidades de valor agregado; entre ellas, diversas etapas de la producción y distribución de enzimas pertinentes a la cadena de valor. En las compañías tradicionales productoras de enzimas tenemos el desarrollo de ensayo, fermentación y fabricación. En el área de la investigación, está la modificación de la estructura (y por consiguiente, actividad) de enzimas conocidas por medio de la modificación genética (mutagénesis dirigida al sitio), descubrimiento de nuevas enzimas en organismos aún no analizados, como aquellos adaptados a condiciones ambientales extremas, hiperactividad de enzimas mediante manipulación genética y producción alternativa de enzimas en biorreactores o en plantas transgénicas.

Enzimas para procesamiento de alimentos: las enzimas para alimentos tienen la mayor participación en el mercado mundial para enzimas industriales. Las enzimas pueden mejorar las calidades de los alimentos, como su apariencia, textura, contenido nutricional, además de sabores y aromas. Se pueden utilizar para reemplazar ciertas tecnologías de base química en la industria de los alimentos con la ventaja de menor impacto ambiental y menor uso de energía. En ocasiones y debido a su especificidad, menos productos de desecho son el resultado de las enzimas. Además de ser ingredientes importantes de alimentos y ayudas de procesamiento, las enzimas son también ayudas analíticas y sirven en el control y medición de la calidad. Se están desarrollando nuevas enzimas de segunda y tercera generación con mejor actividad catalítica y especificidad gracias a avances tecnológicos en ingeniería de las proteínas.

2.4. Biomateriales

La innovación en materiales y en su procesamiento es crítica para conseguir un modelo energético eficiente y una economía de bajo carbono (Tecnalia, 2014). Los biomateriales comprenden el desarrollo de materiales a partir de fuentes renovables, biodegradables, biocompatibles, biointernos, biosimilares, entre otros aspectos aplicables a diferentes

aspectos de la vida humana (Rintoul, n.d.). Las clases más comunes de biomateriales son: metálicos, cerámicos, poliméricos y compuesto (Revista Virtual Pro, 2015).

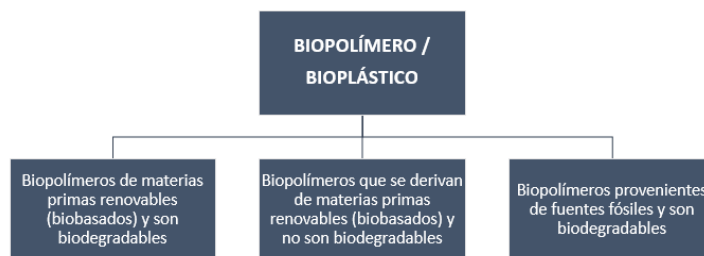
Para el presente documento, se hará énfasis en los Biomateriales a partir de biomasa obtenida desde seres vivos: biomasa forestal, agrícola, macroalgal, entre otros. No se considerarán los biomateriales que se usan en medicina para temas de implantes.

En los últimos años la atención industrial sobre la producción de biomateriales ha hecho énfasis en el diseño y el desarrollo de métodos y procesos para minimizar el uso y la generación de productos contaminantes. En este contexto de química verde, la catálisis enzimática podría ser la alternativa correcta para obtener polímeros a escala industrial (Revista Virtual Pro, 2015).

2.4.1. Polímeros biobasados y biodegradables:

Nuevos materiales a partir de recursos renovables en lugar de los tradicionales polímeros basados en fuentes fósiles que generan grandes cantidades de residuos no biodegradables y su disposición final se convierte en un grave problema. Por ello, se hace necesario encontrar materiales preferentemente renovables, biodegradables e inofensivos para el medio ambiente (Gómez Ayala & Yory Sanabria, 2018) y que sean fabricados completamente o casi en su totalidad a partir de materias primas renovables como aceite vegetal, almidón de maíz y biomasa, a diferencia de los plásticos convencionales elaborados con petróleo (Conference Series, 2017).

Figura 9. Tipos de biopolímeros



Fuente: (Gómez Ayala & Yory Sanabria, 2018).

Este tipo de materiales pueden ser producidos por sistemas biológicos (microorganismos, plantas y animales) o pueden ser sintetizados a partir de materias primas biológicas (por ejemplo, maíz, azúcar, almidón, etc.). En general, incluyen polímeros sintéticos a partir de recursos renovables, tales como: el ácido poliláctico (PLA); biopolímeros producidos por microorganismos como los polihidroxialcanoatos - PHA y los biopolímeros naturales como el almidón o las proteínas. Éstos últimos, se definen como aquellos que son biosintetizados por medio de varias rutas por la biosfera. Los polímeros biobasados y biodegradables más usados son el almidón y los PHA (Gómez Ayala & Yory Sanabria, 2018).

Existen tres alternativas para producir bioplásticos a partir de materiales naturales: extracción y modificación de polímeros naturales de la biomasa; la polimerización de

monómeros biobasados y la extracción de polímeros producidos por microorganismos (Gómez Ayala & Yory Sanabria, 2018).

Análisis de mercado: Al existir la necesidad de erradicar los plásticos, aumenta el crecimiento de las industrias de Biopolímeros y Bioplásticos. Los biopolímeros han encontrado una amplia aceptación en diversas industrias, debido a sus distinguidas propiedades favorables al medio ambiente. Los biopolímeros son ahora una parte importante de cada sector como tecnología de alimentos, nanotecnología, química, medicina, agricultura, entre otros (Conference Series, 2017).

Para el caso de Colombia, se destaca la reforma tributaria ambiental de 2016 que dio origen al impuesto a las bolsas plásticas lo cual desestimula los polímeros tradicionales y desde la perspectiva ambiental es una es una reforma estructural, muy novedosa que ratifica la posición de liderazgo de Colombia en el cumplimiento de la agenda ambiental global.

Se prevé que el mercado global de bioplásticos y biopolímeros será testigo de una CAGR de 12,0% a partir de 2016 para alcanzar un tamaño de mercado de USD 5,08 billones para 2021. El mercado está impulsado por estrictas leyes medioambientales en todo el mundo ya que los bioplásticos tienen un impacto menos negativo en Plásticos tradicionales. Otro factor importante que se espera que genere impulso en este mercado son las fluctuaciones en los precios del petróleo que obligan a las empresas a buscar una fuente estable de materia prima (Markets and Markets, 2016).

En el caso de Colombia, este es un sector flexible y con capacidad de adaptación e innovación, que le permite al país convertirse en un proveedor altamente competitivo en mercados exigentes. Colombia ha exportado a más de 50 países, aproximadamente USD 239 millones, gracias a esta exportación obtuvo ganancias importantes de sus principales clientes, como: Estados Unidos con USD 42,9 millones (una participación del 18%), Ecuador con USD 35,3 millones (15,8%), Perú USD 21,6 millones (9%), Venezuela USD 19,5 millones (8,2%) y República Dominicana con USD 18,1 millones (7,6%).

Según datos de Procolombia (Procolombia, 2015a) la industria de empaques plásticos en Colombia ha presentado un crecimiento, gracias a la constante calidad de la producción e impresión de empaques con alto valor agregado, que incorpora en los productos diseños vanguardistas. La industria se ha interesado en la caracterización e integración de soluciones a través de empaques flexibles, impresos y desechables. Además, se ha especializado en la producción de etiquetas plásticas y de papel con soluciones competitivas e innovadoras, donde la mayor oportunidad de negocio está en los empaques flexibles, cajas plegadizas, contenedores, etiquetas, preformas, bolsas, tapas, desechables, entre otros.

2.5. Bioingredientes para la industria

Los bioingredientes tienen aplicación en la industria cosmética, alimentos, farmacia y textil. Dentro de sus principales aplicaciones se encuentra el desarrollo de ingredientes

bioactivos, cultivos celulares, encapsulado de principios bioactivos en materiales, entre otros.

De acuerdo con Market Research World, el mercado global de bioingredientes naturales para la industria cosmética ha sido valorado en USD\$ 460 millones en el 2014 y se estima que alcanzará un valor de USD\$ 675 millones en el 2020, creciendo a una tasa de 6,4%. Dentro de los productos de mayor demanda para estos mercados están los productos naturales basados en sustancias extraídas de la naturaleza (Fito-cosméticos). A pesar del potencial que estos mercados representan para América Latina, el cambio climático global se constituye en una gran amenaza para garantizar el suministro adecuado y de calidad de dichos productos o sustancias naturales (Rojas, 2016).

Para el desarrollo de este sector se han definido tres escenarios: uno al 2012 con un posicionamiento de los mercados naturales en los países miembros de la CAN y Centroamérica. Al 2019 se identifica el mercado de productos con mayor valor agregado en países como Argentina, España, Brasil y Estados Unidos y el tercer escenario, a 2032 llagando al mercado de mayor exigencia de países Europeos, Norteamérica y Asia, con productos naturales elaborados a partir de la biodiversidad nativa (Gómez & Mejía González, 2010).

En Colombia se destacan los ingredientes botánicos como eslabón clave para el desarrollo de productos farmacéuticos, cosméticos y alimentarios innovadores y naturales. El uso de productos con ingredientes botánicos se asocia comúnmente a conceptos tales como "Inocuidad", "funcionalidad" y "química verde", que son muy valorados en la economía global (Carrillo Hormaza & Osorio, 2017).

La cadena de productos naturales está en constante evolución, promoviendo la continua innovación en el desarrollo de ingredientes, principalmente a través de: i) el aumento de la demanda del consumidor por nuevos productos; ii) el productor final que requiere nuevos y mejores ingredientes para producir nuevos productos; y iii) los productores que necesitan diversificar sus mercados. Hoy en día, la innovación en la industria de ingredientes botánicos se concentra cada vez más en tres campos principales: i) rendimiento (ingrediente, eficacia y funcionalidad); ii) la historia detrás de la producción del ingrediente; y iii) sostenibilidad (impactos sociales, económicos y ambientales) (Carrillo Hormaza & Osorio, 2017).

2.6. Bioinsumos para el sector agrícola

Los bioinsumos agrícolas son productos biológicos obtenidos a partir de organismos vivos o sus derivados como hongos, bacterias, material vegetal, enzimas u otros que mediante el uso de herramientas biotecnológicas permiten generar bioestimulantes, biofertilizantes, biocontroladores, bioestabilizadores, bioinoculantes, entre otros (Parada Ibañez & Muñoz, 2015). El desarrollo de los bioinsumos implica el estudio de la diversidad microbiana asociada a cada tipo de suelo y a los cultivos vegetales específicos, así como a los procesos ecológicos inherentes (Moreno, Rodríguez, Pérez, & Bonilla-Buitrago, 2015).

Según estudio realizado sobre la industria de bioinsumos de uso agrícola en Colombia (Moreno et al., 2015), desde el 2004 hasta el 2011, se encontraron 111 registros de empresas de bioinsumos. Del total empresas evaluadas en Colombia, el 64,5% son productoras y un 35,5%, son importadoras. Fueron encontrados registros de empresas productoras en 12 departamentos colombianos. La mayoría de estas empresas y de los lugares de operación de las plantas, se encuentran ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Valle del Cauca y Antioquia, con una distribución, en cuanto a empresas, del 45,9%, 19,8% y 12,6%, respectivamente.

De acuerdo con la clasificación del ICA, se ubicaron registros del 46,7% para las empresas que ofrecen agentes biológicos para el control de plagas, 26,7% para inoculantes biológicos y una baja participación de los extractos vegetales (19,1%) y productos bioquímicos (7,5%). Los bioinsumos producidos e importados en el país están destinados principalmente a cultivos ornamentales (24,7%), seguido de bioinsumos para cultivos de hortalizas (16,3%) y de cereales (13,2%); el menor porcentaje de bioinsumos disponibles en el mercado fue para cultivos de tubérculos (6,84%), algodón (5,78%) y café (3,68%) (Moreno et al., 2015).

La información detallada respecto a oportunidades de innovación de este sector se encuentra en el Anexo 1. Documento Análisis del Sector Agrícola y Pecuario.

La siguiente tabla muestra algunas innovaciones en el sector químico:

Tabla 6. Innovaciones en el sector químico

Tendencias de consumo	Aplicaciones de la biotecnología	Herramientas biotecnología
<ul style="list-style-type: none"> - Biomateriales - Biopolímeros - Sustancias químicas verdes - Polímeros biodegradables - Polímeros termoestables con base biológica - Bioplásticos - Bioactivos - Materiales biocompuestos - Agroquímicos - Bioquímica: enzimas - Biosolventes - Biocarburantes - Pigmentos - Resinas - Colorantes - Agroquímicos - Biocatalizadores en síntesis orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentos de inocuidad comprobada - Cultivos resistentes a plagas - Agroquímicos que sean amigables con el medio ambiente. - Catalizadores biomiméticos artificiales que funcionen como enzimas, así como el desarrollo de sistemas químicos organizados que emiten el funcionamiento de las células biológicas - Materiales estructurales mejorados para la industria - Desarrollo de métodos para hacer una reutilización de los materiales de reciclaje - Desarrollo molecular de biopolímeros y pequeñas moléculas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Potenciométricas - Espectrofotometría - Radioquímica - Cromatografía - Electroforesis - Técnicas inmunoquímicas - Centrifugación. - Purificación de proteínas - Biología molecular - Genética - Química orgánica - Química analítica - Química sintética - Procesos enzimáticos - Bioprospección - Biomoléculas - Cromatografía - Electroforesis - Fotometría-Colorímetro y Espectrofotómetro - Ultracentrifugación - Radioinmunoanálisis

<ul style="list-style-type: none"> - Químicos para el tratamiento de aguas - Productos químicos orgánicos - Extractos, pigmentos y pinturas - Aceites minerales y ceras. - Abonos - Bioinoculantes - Nuevos esquemas de refinación - Biocombustibles avanzados - Compuestos de caucho y PVC - Compuestos y mezclas poliméricas - Cristalización de polímeros - Reología de polímeros - Nuevas técnicas de caracterización química, térmica y física de polímeros - Nuevos compuestos para los sectores farmacéuticos y nutracéuticos - Bioinsumos naturales y orgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de biocatalizadores que no generen residuos - Aumento de conversión, incremento de diésel, disminución de fuel oil y mejoramiento de calidad de combustibles - Utilización de la biomasa para el desarrollo de biocombustibles avanzados - Producción de materiales plásticos biodegradables a partir de recursos naturales como las plantas - Transformación de la biomasa en carburantes para el transporte - Aprovechamiento de desechos (agrícolas, forestales, industriales) - Reducción del uso de solventes orgánicos o tóxicos, con las consiguientes ventajas en cuanto a salud laboral y riesgos medioambientales. - Menor consumo de energía para menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) - Sustitución de fuentes de energía fósil por fuentes de origen biológico, lo que también conlleva un descenso en las emisiones netas de GEI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas
<p>Cifras del mercado</p>	<p>Empresas destacadas en el mundo</p>	<p>Empresas destacadas en Colombia</p>
<p>Se espera que la industria química mundial crezca a \$ 5,1 billones en 2020. El principal motor de crecimiento sigue siendo China, cuya tasa de crecimiento anual fue del 25% finalizado el 2013.</p> <p>Entre 2003 y 2013, el valor del mercado chino aumentó de USD 128 bn a USD 1.361 bn. Europa en ese momento creció de USD</p>	<p>BASF Alemania, Saudi Basic Industries (Arabia Saudita), Bayer Alemania, LyondellBasell Industries (EEUU), Dow Chemical (EEUU), E.I. Du Pont de Nemours (EEUU), PPG Industries (EEUU), Air Liquide (Francia), Henkel (Alemania), Praxair (EEUU)</p>	<p>Ingredion Colombia, Grupo Orbis: Andercol e Inproquim, Biofilm, Dow Química Colombia, Basf Química Colombiana, Enka de Colombia, Linde Colombia, Sika Colombia, America Styrenics de Colombia, Sucroal, Ecolab y su subordinada Nalco de Colombia, Quimpac de Colombia, PGI Colombia, Disan Colombia, Firmenich, y Carboquímica, Propilco, Colorquímica</p>

505 bn a USD 819 bn, mientras que el mercado de América del Norte ha crecido de US 370 bn a USD 686 bn. En total, el mercado mundial se expandió de US 1,46 bn en 2003 a USD 4,1 bn en 2013 (Consultancy, 2015).		
--	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de la información analizada

3. FACTORES CRÍTICOS

3.1. Dimensión tecnológica

- Debilidad en mecanismos de transferencia tecnológica para generar fuentes de conocimiento biotecnológico avanzado.
- Baja fortaleza en mecanismos de transferencia tecnológica que permitan generar fuentes de conocimiento biotecnológico avanzado y canales de acceso.
- Debilidades de convenios con laboratorios acreditados internacionalmente para desarrollo de productos nacionales.
- Ausencia de laboratorios acreditados con buenas prácticas de manufactura.
- Altos tiempos de I+D+i para nuevas soluciones. Al tratarse de un sector con nivel acelerado de crecimiento, desarrollo e innovación, se deben reducir los tiempos para el ingreso al mercado de nuevas soluciones.
- Escasas fuentes de conocimiento biotecnológico avanzado para intercambiar conocimiento con universidades y centros internacionales en estados de avance superior.
- Bajo uso de tecnologías basadas en biomasa y que son ambientalmente aceptables. A partir de la biomasa se pueden obtener productos químicos de elevado valor agregado, donde se integra la viabilidad técnica y económica denominado biorefinería.
- Es necesario desarrollar nuevas tecnologías basadas en nanomateriales lo que implica analizar sus propiedades y requieren una valoración de los riesgos durante su fabricación y uso.

3.2. Dimensión regulatoria

- Modernizar y homologar con respecto al marco regulatorio internacional, así como las certificaciones de origen para la generación de nuevos negocios. Los recursos disponibles en la biodiversidad son un factor clave para el desarrollo del sector, no sólo los presentes en Colombia sino en otros países.
- Disponer desde el inicio con incentivos tributarios y subsidios para el desarrollo de nuevos negocios de alto conocimiento. La bioeconomía se basa en capacidades de conocimiento técnico y científico que deben estar amparadas por condiciones económicas subsidiadas.

- Fortalecer estrategias de propiedad intelectual para el desarrollo de iniciativas dado que, al tratarse de inversiones de alto riesgo, la compensación está en las garantías de investigación y de Know How.
- Agilizar los procesos para cumplir la normativa que habilita el acceso a recursos de la biodiversidad colombiana con fines comerciales, pues son procesos complejos y dispendiosos que deberían ser más expeditos para facilitar el camino a la comercialización.
- Incentivar políticas y normas que faciliten la creación de productos verdes y que pongan barreras a productos de origen petroquímico.
- Fortalecer la cooperación con organismos nacionales e internacionales, comprometidos con investigación, extensión y capacitación en aspectos relacionados con el sector.
- Regulación y control para potenciar el uso de la biodiversidad microbiana.

3.3. Dimensión de mercado

- Baja difusión en el mercado nacional de conceptos, megatendencias, avances tecnológicos, y nuevos productos, relacionados química verde y sostenibilidad. Para el caso de Colombia este aspecto es clave dado que al tener una economía basa en commodities y una baja oferta de exportación en productos diferenciados en bioeconomía, se asocia más a un mercado de capitales y no a mercado de conocimiento.
- Baja madurez del mercado para aceptar el consumo de productos verdes. Se debe trabajar en el cambio de mentalidad de los consumidores para reemplazar los productos de base petroquímica por productos sostenibles y de bioeconomía que, en algunos casos, implica pagar más por un producto catalogado como “verde o renovable”

3.4. Dimensión de financiación e Inversión

- Debilidad de instrumentos financieros para el desarrollo de proyectos y productos en etapa temprana que son las fases de mayor riesgo incertidumbre y necesidades de inversión.
- Impulsar apalancamiento financiero diferenciado, que aporte recursos para proyectos de largo plazo y alto riesgo que permitan desarrollar una economía diferenciada.
- Generar una línea integral de financiación e inversión que reconozca diferentes niveles de necesidades y riesgos asociados a cada etapa de desarrollo.
- Generar subsidios previos, incentivos de financiación e inversión y disminuciones tributarias, dado que al tratarse de economías de conocimiento los factores de diferenciación se enmarcan en el recurso y no en el esquema de subsidio.
- Identificar la ruta de entrada de nuevos negocios, su conexión con nuestros recursos disponibles y los prospectos de mercados regionales, nacionales e internacionales.

4. RESUMEN DE DIAGNÓSTICO DEL SECTOR QUÍMICO

La industria química juega en general un importante papel en el desarrollo de la economía del mundo y es el mayor consumidor de recursos naturales no renovables, así como uno de los mayores contaminantes globales.

Además ha sido una de las industrias manufactureras más grandes del mundo. Aire, agua, gas natural, metales, aceites y minerales son las materias primas que generalmente se procesan para fabricar una variedad de productos químicos utilizados en todo el mundo, así mismo esta industria en general juega un importante papel en el desarrollo de la economía del mundo y es el mayor consumidor de recursos naturales no renovables, así como uno de los mayores contaminantes globales (Montes Valencia, 2015).

El sector químico, es considerado generador de productos intermedios, y se ofertan como materia prima para diversas industrias.

Este sector enfrenta a una serie de desafíos importantes, desde la reducción de su dependencia de los combustibles fósiles hasta su papel en la lucha contra el cambio climático en general. Los desafíos específicos incluyen: la captura y fijación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero; el desarrollo de una mayor gama de plásticos biodegradables y la reducción de los altos niveles de desechos en la fabricación de medicamentos y una orientación hacia la química verde. (The Conversation, 2017).

El sector químico colombiano ofrece grandes alternativas en el desarrollo de la industria tales como mayor eficiencia, menor impacto ambiental y costos reducidos, tiene una gran influencia en los esquemas productivos de otros bienes, lo que lo ubican como un proveedor de insumos necesarios para la innovación y para aumentar la competitividad de las empresas a nivel global (Fonade, 2016).

Se destacan oportunidades de innovación en:

- Química Verde: representa una oportunidad de mercado que crecerá de \$ 2.8 mil millones en 2011 a \$ 98.5 mil millones en 2020. Permitirá reducir los costos totales de fabricación, consumo de energía, manipulación de residuos y el impacto al medio ambiente (Navigant Research, 2011).
- Biomimética: aporta a la creación de modelos, sistemas, procesos y elementos naturales para encontrar soluciones prácticas y sustentables (Rangel, García, Peña, & Hernández, 2012).
- Bioquímica: nuevos avances en: Bioquímica Clínica y Nutricional, Bioquímica medicinal y farmacéutica, Bioquímica estructural y molecular, Proteína y bioquímica analítica, Biología Celular y Molecular, Enzimología y bioquímica, Enzimología en Biología Molecular, Nano Bioquímica (Conference Series, 2018).
- Biomateriales a partir de biomasa: biomasa forestal, agrícola, macroalgal entre otros. Oportunidades en Polímeros biobasados y biodegradables: se prevé que el mercado global de bioplásticos y biopolímeros será testigo de una CAGR de 12.0%



Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia

a partir de 2016 para alcanzar un tamaño de mercado de USD 5.08 billones para 2021 (Markets and Markets, 2016).

- Bioingredientes para la industria: aplicaciones para desarrollo de ingredientes bioactivos, cultivos celulares, encapsulado de principios bioactivos en materiales, entre otros. Escenarios para desarrollo del sector: 2012: posicionamiento de los mercados naturales de países miembros de la CAN y Centroamérica. 2019: mercado de productos con mayor valor agregado a países como Argentina, España, Brasil y Estados Unidos. 2032: abarcar mercado más exigente de países europeos, Norteamérica y Asia, con productos naturales elaborados a partir de la biodiversidad nativa (Gómez & Mejía González, 2010).
- Bioinsumos para el sector agrícola: productos biológicos que a partir de herramientas biotecnológicas permiten generar bioestimulantes, biofertilizantes, biocontroladores, bioestabilizadores, bioinoculantes, entre otros (Parada Ibañez & Muñoz, 2015).



5. BIBLIOGRAFÍA

Colciencias. (2015). Recuperado el 02 de 2018, de <http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-para-proyectos-investigacion-en-ciencias-basicas-2015>

Colciencias. (2018). Recuperado el 02 de 2018, de <http://www.colciencias.gov.co/investigadores/programas-nacionales-ctei>

Colciencias. (2018). Recuperado el 02 de 2018, de <http://www.colciencias.gov.co/portafolio/colombia-bio/objetivo>

Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho. (2018). Recuperado el 02 de 2018, de <https://www.icipc.org/site/es/noticias/item/210-icipc-rutan-fraunhofer>

Pograma de Transformación Productiva. (2018). Recuperado el 02 de 2018, de https://www.ptp.com.co/categoria/Colombia_Productiva.aspx

Programa de Transformación Productiva. (2017). Recuperado el 02 de 2018, de <https://www.ptp.com.co/contenido/contenido.aspx?catID=786&conID=1496>

Red de Desarrollo Sostenible. (2017). Recuperado el 02 de 2018, de <https://rds.org.co/es/novedades/la-onudi-y-sus-asociados-lanzan-una-nueva-iniciativa-mundial-sobre-la-quimica-verde>

Barcelona Treball. (2013). Industria Química - Informe Sectorial 2013. Retrieved from https://treball.barcelonactiva.cat/porta22/images/es/Barcelona_treball_Informe_sectorial_Industria_Quimica_2013_cast_tcm24-4026.pdf

Carrillo Hormaza, L., & Osorio, E. (2017). BOTANICAL INGREDIENTS: THE KEY LINK IN COLOMBIA FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE AND NATURAL PHARMACEUTICAL, COSMETIC, AND FOOD PRODUCTS. REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y ALIMENTARIAS - Universidad de Antioquia, 24. Retrieved from <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae/article/view/329790/20786124>

Centro Nacional de Producción Más Limpia - CNPML. (2017). Soluciones Químicas Innovadoras 2017. Retrieved from http://www.cnpml.org/index.php?option=com_content&view=article&id=161:quimicos&catid=10:novedades-generales&Itemid=35

CNPML. (2018). Centro Nacional de Producción Más Limpia. Retrieved from http://www.cnpml.org/index.php?option=com_content&view=article&id=41&Itemid=1

Conference Series. (2017). Análisis de mercado - Biopolímeros y bioplásticos 2018. Retrieved from <http://market-analysis.conferenceseries.com/biopolymers-and-bioplastics-market-reports>

Conference Series. (2018). Biochemistry & Molecular Biology. Retrieved from <https://biochemistry.conferenceseries.com/>

Consultancy. (2015). Global chemicals market to grow to 5.1 trillion by 2020. Retrieved from <https://www.consultancy.uk/news/2745/global-chemicals-market-to-grow-to-51-trillion-by-2020>

DANE. (2012). CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL INTERNACIONAL UNIFORME DE TODAS LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU_Rev4ac.pdf

Dinero, R. (2015). Industria farmacéutica, la que más sana y más perjudica está cambiando su paradigma. Retrieved from <http://www.dinero.com/economia/articulo/quimica-verde-2015/214063>

Fonade. (2016). ANALISIS DEL SECTOR.

Gómez Ayala, S. L., & Yory Sanabria, F. L. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. Bogotá D.C. Retrieved from <http://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/viewFile/3008/2781>

Gómez, J. A., & Mejía González, D. (2010). Biodiversidad y desarrollo: una oportunidad para el sector cosmético natural en Colombia. Revista_cosmetica. Retrieved from http://www.biocomerciosostenible.org/Documentos/Articulo2_Revista_cosmetica_23_de_junio_2010_version_97%5B1%5D.pdf

Gomez, J. mario, & Alvarez, O. A. (2017). El pasado, el presente y las perspectivas para la industria química de Colombia. Retrieved from <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2017/november/past-present-and-prospects-colombias-chemicals-industry>

Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho - ICIPC. (2016). Clúster de Empaques Plásticos. Retrieved from <https://www.icipc.org/site/es/informacion/redes/cluster-empaques-plasticos>

J.I., G. C. (2008). Ingeniería Verde: Doce principios para la sostenibilidad.

KenResearch. (2017). Informe del mercado mundial de crecimiento de la industria química. Retrieved from <https://www.kenresearch.com/blog/2017/09/global-chemical-industry-growth-market-report-ken-research/>

Markets and Markets. (2016). Green Bio Chemicals Market Research Reports & Consulting. Retrieved from <https://www.marketsandmarkets.com/green-chemicals-market-research-101.html>



Merino, R. S. (2015). Biomimética: una metodología de diseño sostenible. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/319469113_Biomimetica_una_metodologia_de_diseno_sostenible

Montes Valencia, N. (2015). La Industria Química: Importancia y Retos. Medellín, Colombia. Retrieved from <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/viewFile/1562/1430>

Moreno, D. C. Z., Rodríguez, L. F. R., Pérez, M. V. S., & Bonilla-Buitrago, R. R. (2015). INDUSTRIA DE BIOINSUMOS DE USO AGRÍCOLA EN COLOMBIA. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 18. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100008&lng=en&nrm=iso&tIng=es

Navigant Research. (2011). Green Chemicals Will Save Industry \$65.5 Billion by 2020. Retrieved from <https://www.navigantresearch.com/newsroom/green-chemicals-will-save-industry-65-5-billion-by-2020>

Parada Ibañez, M., & Muñoz, C. (2015). Bioinsumos de uso agrícola: Potencialidades y Desafíos. Retrieved from <http://agricultureros.com/bioinsumos-de-uso-agricola-potencialidades-y-desafios/>

Pérez, Loayza, J., & Silva Meza, V. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. Revista Facultad de Ingeniería Industrial, 10.

Procolombia. (2015a). Industria de empaques plásticos en Colombia. Retrieved from <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/empaques-plasticos>

Procolombia. (2015b). La Industria Química Colombiana. Retrieved from <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/la-industria-quimica>

Programa de Transformación Productiva, P. (2016). ¿Qué es el sector de Química básica? Retrieved from <https://www.ptp.com.co/contenido/categoria.aspx?catID=777>

Programa de Transformación Productiva, P. (2018). ¿Cuándo se creó y en qué consiste el Programa de Transformación Productiva? Retrieved from [%0A¿Cuándo se creó y en qué consiste el Programa de Transformación Productiva?](#)

Rangel, E. R., García, J. A. R., Peña, E. M., & Hernández, J. L. (2012). Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza. Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes, 54. Retrieved from http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista55/Articulo_7.pdf

Revista Virtual Pro. (2015). Biomateriales. 162. Retrieved from <https://www.revistavirtualpro.com/revista/biomateriales/1>

Revista Virtualpro. (2015). Química Verde. Revista Virtualpro Procesos Industriales, 161. Retrieved from <https://www.revistavirtualpro.com/revista/quimica-verde/1>

Rintoul, I. (n.d.). BIOMATERIALES. Retrieved from <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads/2014/12/1-Biomateriales-Ignacio-Rintoul.pdf>

Rojas, L. F. (2016). Biotecnología para el Desarrollo y Uso Sostenible de la Biodiversidad. Retrieved from <http://www.redbioperu.com.pe/main/web/files/abstracts/BLUE-GREEN-BIO-Luisa-Fernanda-Rojas-Lucia-Atehortua2.pdf>

Tecnalia. (2014). La innovación en materiales y en su procesamiento es crítica para conseguir un modelo energético eficiente y una economía de bajo carbono. Retrieved from <https://www.tecnalia.com/es/energia-medioambiente/noticias/materiales-para-la-energia-y-el-medioambiente.htm>

The Conversation. (2017). Green chemistry is key to reducing waste and improving sustainability. Retrieved from <http://theconversation.com/green-chemistry-is-key-to-reducing-waste-and-improving-sustainability-70740>

Universidad ICESI. (2018). El Valle del Cauca es la región con mayor potencial bioquímico en Colombia. Retrieved from <https://orientacion.universia.net.co/universidades-53/noticias/el-valle-del-cauca-es-la-region-con-mayor-potencial-bioquimico-en-colombia-3891.html>

