

**Estudio de Vigilancia Tecnológica aplicada al sector estratégico de la yuca en el marco del
proyecto Agrópolis MACTOR**

María Fernanda Camargo Suárez

Carlos Iván Jiménez Figueredo

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:

Hugo Ernesto Martínez Ardila

PhD en Ingeniería, Área Gestión y Desarrollo Tecnológico

Co-directora:

Leidy Dayhana Guarín Manrique

MSc. en Ingeniería de Sistemas e Informática

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2019

Agradecimientos

Gran agradecimiento al director de este proyecto, el profesor Hugo Ernesto Martínez Ardila, por su tiempo, disposición y carisma.

A nuestra co-directora Leidy Dayhana Guarín Manrique, por su guía y consejos asertivos en el desarrollo de esta investigación.

A los todos miembros del grupo agrópolis, por su sinergia y ayuda.

Gran agradecimiento a nuestros padres, por su dedicación, esfuerzo y apoyo en cada uno de los ciclos de nuestra academia.

A todos aquellos amigos que compartieron con nosotros durante nuestra vida universitaria, y que de una manera positiva nos influenciaron para ser cada día mejores personas y nos brindaron gratos momentos de felicidad y apoyo.

Especial agradecimiento a Luis M, Jhon P, Sebastián D, Kevin R, Oscar S, por su amistad.

Dedicatorias

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa, darme la constancia y resiliencia en todos los momentos que lo necesite.

A mi papá por su sacrificio, gran dedicación y labor como padre.

A mi hermano por su apoyo y confidencialidad.

A mi novia y compañera de proyecto, por su compromiso y responsabilidad en el desarrollo de este proyecto y apoyo en todo momento de mi vida.

A mi ángel Blanca Marina Figueredo, siempre lo quisiste, lo anhelaste, y hoy es un hecho, sé que me miras con orgullo desde el cielo. Es por tí mamá.

Carlos J.

Dedico este libro a mis queridos y amados padres Olga Cecilia Suárez Leal y José Enrique Camargo Correa, por su apoyo incondicional, dedicación y amor brindado en el logro de mis metas y objetivos.

A mi hermana Paula Andrea Camargo Suárez por estar siempre en los momentos más difíciles y ser mi confidente.

Y a mi novio y compañero Carlos Iván Jiménez Figueredo por ser un soporte importante en mi vida.

María Fernanda Camargo Suárez.

Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Aspectos generales del proyecto de investigación.....	22
1.1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Objetivos	27
1.2.1 Objetivo General.....	27
1.2.2 Objetivos Específicos.....	27
2. Marco referencial	28
2.1 Marco Teórico.....	28
2.2 Marco de antecedentes	31
3. Desarrollo metodológico.....	34
3.1 Estado y tendencias sobre el análisis cienciométrico-bibliométrico, asociado a la vigilancia tecnológica	35
3.1.1 Publicaciones por año.	39
3.1.2 Publicaciones anuales con respecto a la fuente.....	40
3.1.3 Publicaciones por instituciones y países.	42
3.1.4 Autores con mayor número de publicaciones.....	46
3.1.5 Áreas de investigación.	47
3.2 Panorama del conocimiento científico de Cienciometría y Bibliometría	49

3.2.1 Definición de bibliometria y cienciometria.	52
3.2.2 Metodología.	53
3.2.3 Fuentes de datos.	54
3.2.4 Métodos de análisis.....	54
3.2.4.1 Mapeo bibliométrico	54
3.2.4.2 Análisis de contenido.....	55
3.2.4.3 Keywords Analysis	56
3.2.4.4 Análisis de citas.....	56
3.2.4.5 Bibliographic coupling.....	56
3.2.4.6 Ley de Bradford.	56
3.2.4.7 Ley de Price.	57
3.2.4.8 Ley de Lotka.	57
3.2.5 Indicadores y/o técnicas bibliométricas.	58
3.2.5.1 Bibliographing.	58
3.2.5.2 Factor de impacto.....	58
3.2.5.3 Eigenfactor.	58
3.2.5.4 Número de publicaciones por autor.	58
3.2.5.5 Número de documentos por país.....	59
3.2.5.6 Número de documentos por instituto.....	59
3.2.5.7 Número de documentos por años.....	59
3.2.5.8 Número de publicaciones por revista.....	59
3.2.5.9 Número de citas por publicación.....	59
3.2.5.10 Citas promedio por año.	59

3.2.5.11 P-index.	60
3.2.5.112 h-index.	60
3.2.5.13 Índice Copérnico.	60
3.2.6 Herramientas informáticas.	60
3.2.6.1 Bibexcel.	61
3.2.6.2 CiteSpace II.	61
3.2.6.3 CoPalRed.	62
3.2.6.4 IN-SPIRE.	62
3.2.6.5 Leydesdorff's Software.	62
3.2.6.6 Network Workbench Tool.	63
3.2.6.7 Sci2 Tool.	63
3.2.6.8 VantagePoint.	63
3.2.6.9 VOSViewer.	63
3.2.6.10 Histcite.	64
3.2.6.11 Pajek.	64
3.2.6.12 MiniTab.	64
3.2.7 Análisis de conclusiones.	64
3.3 Identificación de la Demanda de la I+D (necesidades) en el sector estratégico de la yuca....	65
3.4 Estado y tendencias científicas del sector estratégico de la yuca	69
3.4.1 Dinámica global de publicaciones científicas.....	72
3.4.2 Actores sobresalientes.....	73
3.4.2.1 Países líderes en investigación básica.....	73
3.4.2.2 Investigadores líderes (autores)	75

3.4.2.3 Instituciones líderes (Entidades)	79
3.4.3 Panorama del conocimiento científico del sector estratégico de la yuca (temas más recurrentes)	82
3.5 Estado y tendencias tecnológicas del sector estratégico de la yuca.....	86
3.5.1 Dinámica global de patentes	89
3.5.2 Dinámica de patentes por temática	91
3.5.3 Actores sobresalientes.....	94
3.5.3.1 Países líderes en investigación aplicada	94
3.5.3.2 Inventores líderes	96
3.5.3.3 Instituciones líderes (Entidades y/o Empresas apoderadas)	105
3.5.4 Panorama del conocimiento técnico del sector estratégico de la yuca	107
3.5.4.1 Semilla	107
3.5.4.2 Preparación del suelo y fertilización.....	112
3.5.4.3 Tecnologías de siembra y cosecha.....	115
3.6 Comparación entre las capacidades de producción de yuca, en Colombia y otros países	125
4. Discusión.....	135
5. Conclusiones	143
6. Recomendaciones	149
Referencias bibliográficas.....	151

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Metodología del proyecto.....	34
Figura 2. Regresión del número de publicaciones por año de Scopus.....	39
Figura 3. Regresión de número de publicaciones por año de WOS	39
Figura 4. Número de documentos por año por fuente de Scopus.	40
Figura 5. Número de documentos por año por fuente de WOS.....	41
Figura 6. Publicaciones por institución de Scopus.	42
Figura 7. Publicaciones por institución de WOS.....	43
Figura 8. Países con mayor número de investigaciones Scopus.....	44
Figura 9. Países con mayor número de investigaciones WOS.....	45
Figura 10. Autores con mayor número de publicaciones en Scopus.	46
Figura 11. Autores con mayor número de publicaciones en WOS.....	46
Figura 12. Documentos por área en Scopus.....	47
Figura 13. Documentos por área en WOS.	48
Figura 14. Dinámica global de publicaciones científicas	73
Figura 15. Distribución de publicaciones científicas por país	74
Figura 16. Red de coautores del factor crítico de semilla para el estado de la ciencia.....	76
Figura 17. Red de coautores del factor crítico de preparación de suelo y fertilización para el estado de la ciencia	77

Figura 18. Red de coautores del factor crítico de tecnologías de siembra y cosecha para el estado de la ciencia.....	78
Figura 19. Diagrama de burbujas de instituciones para el estado de la ciencia.....	81
Figura 20. Dinámica global de publicaciones tecnológicas.....	90
Figura 21. Comportamiento de los ejes temáticos	92
Figura 22. Países líderes en invenciones.....	96
Figura 23. Inventores líderes.....	98
Figura 24. Clúster de relación entre autores de semilla.	100
Figura 25. Clúster de relación entre autores de preparación del suelo y fertilización.	101
Figura 26. Clúster de relación entre autores de tecnologías de siembra y cosecha	103
Figura 27. Instituciones líderes en invenciones	106
Figura 28. Países líderes de recolección	111
Figura 29 Países donantes.....	112
Figura 30. Máquina sembradora para cultivo extensivo.....	120
Figura 31. Grupos de investigación por región, relacionados las cadenas productivas de yuca y ñame.	129
Figura 32. Grupos de investigación por categoría, relacionados las cadenas productivas de yuca y ñame.	130
Figura 33. Grupos de investigación por institución, relacionados las cadenas productivas de yuca y ñame.	131
Figura 34. Proyectos por áreas de Investigación en Santander, relacionados las cadenas productivas de yuca y ñame.	132

Figura 35. Proyectos por organización en Santander, relacionados las cadenas productivas de
yuca y ñame. 133

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tabla de cumplimiento de objetivos.....	21
Tabla 2. Palabras claves de cienciometría y bibliometría.....	37
Tabla 3. Distribución de instituciones por países.	43
Tabla 4. Palabras claves de las tendencias científicas de la yuca.	70
Tabla 5. Palabras claves de las tendencias técnicas de la yuca.....	87
Tabla 6. Máquinas cosechadoras para agricultura extensiva.	117
Tabla 7. Máquinas cosechadoras para agricultura parcelaria.	119
Tabla 8. Máquinas sembradoras para agricultura parcelaria.	122
Tabla 9. Dispositivos para máquinas agrícolas.....	124
Tabla 10. Desafíos mundiales	125

Lista de Apéndices*

Apéndice A. Selección de reviews de Scopus y WOS

Apéndice B. Pareto de artículos por año de Scopus

Apéndice C. Pareto de artículos por año de WOS

Apéndice D. Pareto de artículos por número de citación 2009-2015 Scopus

Apéndice E. Pareto de artículos por número de citación 2009-2015 WOS

Apéndice F. Selección de artículos 2009-2015 de Scopus y WOS

Apéndice G. Selección de artículos 2016-2018 Scopus y WOS

Apéndice H. Matriz de criterios

Apéndice I. Matriz de análisis de la cadena de valor

Apéndice J. Acta de entrevista con Hernán Hernández

Apéndice K. Acta de entrevista con Julián Bran Calle

Apéndice L. Acta de entrevista con Rommel Igor León

Apéndice M. Diagrama de burbujas de instituciones

Apéndice N. Matriz de keywords del factor crítico de semilla

Apéndice O. Matriz de keywords del factor crítico de preparación del suelo y fertilización

Apéndice P. Matriz de keywords del factor crítico de tecnologías de siembra y cosecha

Apéndice Q. Matriz de criterios de semilla

Apéndice R. Matriz de criterios de preparación del suelo y fertilización

* Ver documentos adjuntos en el CD ROM

Apéndice S. Matriz de criterios de tecnologías de siembra y cosecha

Apéndice T. Clúster de relación de autores de semilla

Apéndice U. Clúster de relación de autores de preparación del suelo y fertilización

Apéndice V. Clúster de relación de autores de tecnologías de siembra y cosecha

Apéndice X. Artículo publicable

Resumen

TÍTULO: ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA APLICADA AL SECTOR ESTRATÉGICO DE LA YUCA EN EL MARCO DEL PROYECTO AGRÓPOLIS MACTOR.*

AUTORES: MARÍA FERNANDA CAMARGO SUÁREZ Y CARLOS IVÁN JIMÉNEZ FIGUEROA.**

PALABRAS CLAVE: YUCA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA, SEMILLA, PREPARACIÓN DEL SUELO, FERTILIZACIÓN, TECNOLOGÍAS, SIEMBRA, COSECHA.

DESCRIPCIÓN:

La yuca es uno de los cultivos más representativos en seguridad alimentaria a nivel mundial, y su rendimiento está definido por sus prácticas agronómicas. De esta manera, se ejecuta el estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la yuca en Santander-Magdalena Medio, con el propósito de establecer el estado y tendencias científicas y tecnológicas que permitan el desarrollo del proyecto Agrópolis MACTOR. Por lo tanto, se determinaron los eslabones pertenecientes a la cadena productiva de la yuca y se definieron los factores críticos de vigilancia para la región de Santander-Magdalena medio: semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha, con los que se estructuraron las ecuaciones de búsqueda para el estado de la ciencia y la técnica. Posteriormente, se estableció el estado de la ciencia con la información recopilada de la base de datos Scopus y su consecuente análisis en el software Vantage Point. Seguidamente, se realizó el estado y tendencias tecnológicas, mediante la utilización de los software Matheo Patent y Matheo Analyzer.

En el estudio se evidenció que para la semilla de yuca se abordan temas de modificación genética, herramientas de polinización, y conservación in vitro. En cuanto a la preparación del suelo y fertilización, las temáticas principales son máquinas elaboradoras de surcos, sistemas de riego y fertilizantes. Y para las tecnologías de siembra y cosecha, se encontraron investigaciones y patentes relacionadas con métodos, maquinarias y dispositivos agrícolas que disminuyen la cantidad de tubérculos defectuosos. Lo anterior conduce a establecer que la adaptación de pesquisas y modelos de utilidad en la cadena productiva de la yuca permite: (i) disminuir significativamente las limitaciones para la producción de este cultivo y, (ii) generar alternativas conducentes a aumentar los rendimientos en la plantación.

Abstract

TITLE: STUDY OF TECHNOLOGICAL SURVEILLANCE APPLIED TO THE CASSAVA STRATEGIC SECTOR WITHIN THE FRAMEWORK OF THE AGRÓPOLIS MACTOR PROJECT.*

AUTHORS: MARÍA FERNANDA CAMARGO SUÁREZ AND CARLOS IVÁN JIMÉNEZ FIGUEROA.**

KEYWORDS: CASSAVA, TECHNOLOGICAL SURVEILLANCE, SEED, SOIL PREPARATION, FERTILIZATION, TECHNOLOGIES, SEEDING, HARVESTING.

DESCRIPTION:

Cassava is one of the most representative crops in food security worldwide, and its yield is defined by its agronomic practices. Thereby, the technological surveillance study applied to the strategic sector of cassava in Santander-Magdalena Medio is carried out, with the purpose of establishing the state and scientific and technological trends that allow the development of the Agropolis MACTOR project. Therefore, the links belonging to the productive chain of cassava were determined and the critical monitoring factors for the Santander-Magdalena Medio region were defined: seed, soil preparation and fertilization, and planting and harvesting technologies, with which the search equations for the state of science and technology were structured. Subsequently, the state of science was established with the information gathered from the Scopus database and its consequent analysis in the Vantage Point software. Then, the state and technological trends were made, through the use of Matheo Patent and Matheo Analyzer software.

This study showed that for cassava seeds, the topics of genetic modification, pollination tools, and in vitro conservation are addressed. In terms of soil preparation and fertilization, the main topics are furrow processing machines, irrigation systems and fertilizers. And for the technologies of sowing and harvest, researches and patents were found related to methods, machinery and agricultural devices that diminish the quantity of defective tubers. This leads to establish that the adaptation of research and utility models in the productive chain of cassava allows: (i) significantly reduce the limitations for the production of this crop and, (ii) generate alternatives conducive to increasing yields in the plantation.

Introducción

La Universidad Industrial de Santander se encuentra ejecutando el proyecto “Diseño de un modelo de trabajo colaborativo entre actores del sector agropecuario para el desarrollo de la Agrópolis de Santander - Magdalena Medio” de la convocatoria 745 de Colciencias, en su nombre corto "Agrópolis MACTOR" en colaboración con otras universidades, empresas y centros de investigación. Este proyecto, busca fortalecer los principales componentes agrícolas de la región del Santander - Magdalena medio, mediante procesos de investigación y vigilancia tecnológica, relacionados con productos agrícolas que se dan en la región y sus posibles alternativas de mejora.

De esta manera se evaluaron los diferentes cultivos agrícolas para la región, y se identificaron áreas estratégicas agrícolas primarias y complementarias que inciden en su desarrollo. De esta sinergia colaborativa surgió la importancia de fortalecer la cadena productiva de la yuca, la cual, según la FAO, representa el cuarto cultivo más importante en seguridad alimentaria del mundo, y además hace parte de la ingesta de mil millones de personas en el planeta (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012). Por ende, el presente proyecto aborda un estudio de vigilancia tecnológica enfocada al sector estratégico de la yuca para Santander-Magdalena Medio.

En ese orden de ideas en primera instancia fue necesario abarcar un análisis de los métodos, técnicas y software bibliométricos y cienciométricos, que contribuyeran a establecer un análisis de la información contenida en las bases de datos científicas y técnicas¹. Seguidamente se realizó un

¹ El presente objetivo hace parte de un gran estado del arte que se está realizando junto con otros ocho proyectos complementarios que aportan al segundo objetivo del proyecto Agrópolis- Mactor de la convocatoria 745 de Colciencias, en dicho objetivo se expresa “Elaborar un estudio de vigilancia tecnológica con el propósito de identificar

análisis de la cadena productiva de la yuca para Santander - Magdalena medio, con el fin de identificar los eslabones críticos de la cadena productiva a priorizar dentro del presente estudio de vigilancia. Posteriormente se exploró la dinámica científica actual y el estado de la ciencia en relación a los eslabones priorizados, con la ayuda del software Vantage Point y la base de datos Scopus. Después se abordó el estudio de la técnica mediante los software Matheo Patent y Matheo Analyzer, en la base de patentes Espacenet, a fin de identificar los métodos, patentes y modelos de utilidad para los eslabones priorizados. Finalmente, se estableció el panorama de las tendencias mundiales y las capacidades de Colombia y Santander-Magdalena Medio para generar una descripción del estado de la cadena productiva de la yuca e identificar sus fortalezas, oportunidades y debilidades.

Conforme a lo expuesto anteriormente, en la tabla 1 se presenta la relación de actividades que se desarrollaron con el propósito de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados en este proyecto.

Tabla de cumplimiento de objetivos

Tabla 1.

Tabla de cumplimiento de objetivos.

Objetivo	Cumplimiento
Elaborar una revisión de la literatura sobre el análisis cuantitativo - bibliométrico, que permita identificar y analizar los temas más relevantes asociados a la Vigilancia Tecnológica	3.1 Estado y tendencias sobre el análisis cuantitativo - bibliométrico, asociado a la vigilancia tecnológica. 3.2 Panorama del conocimiento científico de cuantimetría y bibliometría.
Realizar un análisis de la literatura científica, con el propósito de identificar el estado y las tendencias científicas en el sector estratégico de la yuca, en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR.	3.3 Identificación de la Demanda de la I+D (necesidades) en el sector estratégico de la yuca. 3.4 Estado y tendencias científicas del sector estratégico de la yuca.
Realizar un análisis de patentes, con el propósito de identificar el estado y las tendencias tecnológicas en el sector estratégico de la yuca, en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR	3.5 Estado y tendencias tecnológicas del sector estratégico de la yuca. 3.6 Comparación entre las capacidades regionales y las tendencias mundiales.
Elaborar un artículo publicable con los resultados obtenidos al culminar la pasantía de investigación.	Apéndice X.

1. Aspectos generales del proyecto de investigación

1.1 Planteamiento del problema

En el contexto actual las exigencias de competitividad son un factor primordial que desafían a los diversos sectores de la economía. De esta forma, el nivel de competitividad y progreso de un territorio constituye la brecha entre los países del primer mundo y los subdesarrollados (Bedoya, Uribe, & Gómez, 2013). Así pues, se hace imprescindible la generación de estrategias innovadoras que permitan la adaptabilidad ante el entorno cambiante y potencien el desarrollo.

Una de estas iniciativas es el macro proyecto “Diamante Caribe y Santanderes de Colombia”, la cual fue impulsada desde Findeter, junto con Microsoft y la fundación Metrópoli de España. “Diamante Caribe y Santanderes” contempla 10 áreas metropolitanas y 10 departamentos colombianos, entre ellos Atlántico, Norte de Santander y Santander, y busca estimular el crecimiento empresarial y generar agendas conjuntas de futuro, basadas en la identificación de proyectos estratégicos físicos y soluciones digitales para el mejoramiento, innovación y funcionalidad del territorio (Gobernación de Santander, 2016). Por consiguiente, esta iniciativa está enfocada a afrontar los retos de sostenibilidad, competitividad y desarrollo, aprovechando las ventajas estratégicas de las diferentes metrópoli, para impulsar el progreso de la región en los diversos clústeres emergentes, y así contribuir con el desarrollo de áreas tales como: salud y bienestar, turismo diversificado, manufactura, soluciones ecourbanas, energía, TIC, sector agro

alimentario, y actividades logísticas y marítimo portuarias. Esta iniciativa busca lograr el establecimiento de territorios prósperos y dinámicos (Findeter, 2016).

Alineado al enfoque del proyecto “Diamante Caribe y Santanderes de Colombia” y con el fin de darle un impulso a la región y al país, el departamento de Santander ha propuesto en su plan de desarrollo departamental 2016 - 2019, la implementación de una serie de actividades que ayuden a mejorar la industria agraria. Entre estas actividades del departamento, es importante resaltar tres de ellas: 1) la creación de un banco de maquinaria agrícola según las necesidades de las áreas homogéneas priorizadas de desarrollo rural, 2) una estrategia de financiamiento para el desarrollo de la economía rural en el departamento de Santander, con enfoque en el pequeño y mediano productor, y 3) la creación de una Agrópolis con el fin de orientar el desarrollo de la innovación, investigación, formación, producción, comercialización y otras actividades sostenibles relacionadas con la agroindustria, que hagan de Santander una región pionera en el desarrollo de esta industria (Gobernación de Santander, 2016).

En el marco de esta propuesta de desarrollo, la Universidad Industrial de Santander (UIS), en colaboración con otras universidades, empresas y centros de investigación, generan y ejecutan el proyecto “Diseño de un modelo de trabajo colaborativo entre actores del sector agropecuario para el desarrollo de la Agrópolis de Santander - Magdalena Medio” de la convocatoria 745 de Colciencias, en su nombre corto "Agrópolis MACTOR". Este proyecto, busca fortalecer los principales componentes agrícolas de la región del Santander - Magdalena medio, mediante procesos de investigación y vigilancia tecnológica, relacionados con productos agrícolas que se dan en la región y sus posibles alternativas de mejora. Para ello, y teniendo en cuenta que en el plan de desarrollo departamental de Santander 2016 - 2019 se dispusieron como sectores priorizados a: cacao, cafés especiales, panela, frutas y ganadería de leche, así como otros sectores

que cuentan con gran potencial, entre los que destacan: los cultivos frutícolas, cítricos en mora y guayaba, el cultivo de la papa, tabaco, caña, piña, maíz, el caucho y otros productos complementarios, en el proyecto de Agrópolis MACTOR se ha encontrado que una de estas áreas estratégicas agrícolas complementarias que incide en el desarrollo de la región es la producción de la yuca, en especial en la zona de Santander-Magdalena Medio.

La yuca representa uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial, el cual se encuentra posicionado como el cuarto producto básico más importante, después del arroz, el trigo y el maíz, siendo uno de los componentes básicos de la dieta de más de 1000 millones de personas en el mundo (FAO, 2008).

Adicionalmente, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), publicó los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) para el año 2016, donde se destacan los cultivos más representativos del país, entre ellos el maíz, la yuca, el cacao y la naranja. Particularmente, la yuca es el cultivo que obtuvo el incremento más relevante pasando de 482.595 toneladas producidas en el año 2015 a 870.450 toneladas en 2016, lo que representó un aumento del 80,4% en su nivel de producción (Alfonso, 2017).

La yuca no sólo representa una fuente de alimento y de seguridad alimentaria, sino que además tiene una serie de usos industriales que representan un gran potencial para la estimulación del desarrollo de la industria en las áreas rurales. Así, la yuca es utilizada en la elaboración de harina, productos farmacéuticos, papel, textiles, cervecería, cosméticos, entre otros (CORPOICA, 2017).

Durante las últimas décadas en Colombia, la región Caribe ha sido la zona de mayor incremento en su producción de yuca seguida de la región de Orinoquía. Ambas regiones aumentaron sus áreas sembradas respecto a las demás (Andes orientales, Andes occidentales, Amazonía, Pacífico) en una proporción más considerable, pasando de 87.310 y 9.467 hectáreas

promedio anual respectivamente, en el periodo 1990-1999, a 94.492 y 13.444 hectáreas promedio anual entre 2000 y 2009, con un incremento de 2,4% ganando participación con cerca de 52.2% del total de áreas sembradas en el país. Consecutivamente, se encuentran los Andes orientales, Amazonía, Orinoquía, Andes occidentales y Pacífico colombiano con una participación de 19.6%, 8.9%, 7.7%, 7.4% y 4.1%, respectivamente. Sin embargo, en la región Caribe la producción de dicho cultivo tiene un rendimiento inferior al del promedio nacional, pues predominan las siembras con sistemas tradicionales, donde no se hace uso de tecnologías en la preparación y fertilización del suelo, lo que la hace una práctica deficiente, ya que todo el trabajo se realiza de forma manual (Aguilera, 2012).

En 1997, el departamento de Santander ocupó el primer lugar en la producción nacional de yuca. No obstante, las cifras de los años siguientes (1998-2000) presentaron un decremento provocado por la falta de planeación y tecnificación de los cultivos (EL TIEMPO, 2000). Así, entre los años 1990-2009 se presentó una disminución en la tasa de crecimiento promedio anual de 6.3% relativo al área sembrada, así como una disminución en el mismo periodo de tiempo en la tasa de crecimiento anual de 6.5% correspondiente a la producción (Aguilera, 2012). Por otra parte, en el año 2014 se presentó un aumento del 6.6 % respecto al año anterior en el área sembrada y 9.8% en área cosechada. Sin embargo, el rendimiento de la cosecha en el 2014 fue inferior al del 2013, presentándose una variación del 0.7%. En 2015, el cultivo de la yuca en Santander y Norte de Santander representaba el 10% del área total cultivada en Colombia con un rendimiento promedio de 11.5 ton/ha (MINAGRICULTURA, 2015).

En las tres últimas décadas (1988-2018), se desarrollaron proyectos agroindustriales apoyados por el gobierno nacional, organismos internacionales y centros de investigación y desarrollo, con el propósito de combatir la pobreza rural en las zonas productoras de yuca. Pese a su importancia,

algunos de estos proyectos no dieron resultados por algunas causas como la falta de planeación, recursos y la disponibilidad de la materia prima (Aguilera, 2012).

En contraste, a nivel mundial el sector agrario ha tecnificado paulatinamente los procesos relativos a las cadena productivas de los diferentes productos agrícolas, con el fin de incrementar la productividad y fomentar el desarrollo sostenible (King, 2017). En consecuencia, cabe destacar la necesidad de establecer un estudio de vigilancia tecnológica de la cadena productiva de la yuca, con la finalidad de poder indagar en nuevos y tradicionales conocimientos, tecnologías, metodologías y procesos emergentes, contribuyendo a impulsar este sector productivo. De manera análoga, es imprescindible captar información sobre las condiciones climáticas, la textura y profundidad de los suelos, el control de plagas, entre otros requisitos para el cultivo de este tubérculo, proporcionando así datos contextuales que conduzcan a la búsqueda de métodos que generen un proceso de siembra eficiente.

No obstante, la labranza no es el único proceso involucrado en la cadena productiva de la yuca, también se encuentran la recolección y distribución de este producto, para lo cual es necesario tener en cuenta las técnicas implementadas actualmente en la región, las limitaciones del sector y realizar una investigación en torno a las técnicas empleadas a nivel mundial para lograr mayores índices de productividad. Estas necesidades se ven enmarcadas hacia la orientación de estudios de vigilancia tecnológica que se efectúan con el propósito de proponer la utilización de tecnologías y prácticas mejoradas, para producir altos rendimientos y desarrollo en el sector agrario.

Así, la vigilancia tecnológica del área estratégica de la yuca representa un factor clave para crear ventajas competitivas dentro del marco del sector agrícola en la región Santander - Magdalena Medio, pues permite la recopilación y tratamiento adecuado de la información,

detectando oportunidades y amenazas provenientes del entorno, tendencias actuales, tecnologías emergentes, entre otros factores que facilitan la generación de valor agregado a la cadena productiva.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General. Realizar un estudio de Vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la yuca en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR, que permita identificar tendencias de tecnologías y conocimiento que apoyen el cierre de brechas en el sector agropecuario de Santander - Magdalena Medio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una revisión de la literatura sobre el análisis cienciométrico - bibliométrico, que permita identificar y analizar los temas más relevantes asociados a la Vigilancia Tecnológica.²
- Realizar un análisis de la literatura científica, con el propósito de identificar el estado y las tendencias científicas en el sector estratégico de la yuca, en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR.

² El presente objetivo hace parte de un gran estado del arte que se está realizando junto con otros ocho proyectos complementarios que aportan al segundo objetivo del proyecto Agrópolis- Mactor de la convocatoria 745 de Colciencias, en dicho objetivo se expresa “Elaborar un estudio de vigilancia tecnológica con el propósito de identificar tendencias que favorezcan los retos del sector agropecuario de Santander Magdalena Medio asociada a las tecnologías eficientes y sostenibles priorizadas para la región.”.

- Realizar un análisis de patentes, con el propósito de identificar el estado y las tendencias tecnológicas en el sector estratégico de la yuca, en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR.
- Elaborar un artículo publicable con los resultados obtenidos al culminar la pasantía de investigación.

2. Marco referencial

En el presente capítulo se aborda el marco teórico y el marco de antecedentes, con el propósito de brindar los conceptos claves relacionados con la interpretación de las temáticas expuestas en el proyecto de vigilancia tecnológica, y mostrar la evolución de este campo en el sector estratégico de la yuca, así como el aporte generado para el desarrollo del estudio de vigilancia.

2.1 Marco Teórico

En esta sección se presentan los aspectos conceptuales claves para la comprensión y ejecución de la presente pasantía de investigación, que brindan un insumo para el análisis del estado del arte y el estado de la técnica, y que están asociadas al sector estratégico de la cadena productiva de la yuca, para la región de Santander-Magdalena Medio.

1. **La yuca.** La yuca, denominada científicamente “*Manihot esculenta* Crantz”, pertenece a la familia Euphorbiaceae. Esta familia está constituida por unas 7.200 especies que se caracterizan

por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa. La yuca recibe diferentes nombres comunes: yuca en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, mandioca en Argentina, Brasil y Paraguay, cassava en países anglo parlantes, guacamote en México, aipi y, Macacheira en Brasil y mhogo en Swahili en los países de África oriental. Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía (Aristizábal & Sánchez, 2007).

2. Vigilancia tecnológica. Debido a la globalización y la comunicación de la información como una estrategia competitiva para la toma de decisiones, surge la necesidad de establecer mecanismos de alerta que permitan a las organizaciones mantener un análisis constante del entorno cambiante; es allí donde surge el concepto de vigilancia tecnológica. Este concepto de vigilancia no puede ser confundido con espionaje, por tanto cabe aclarar que se concibe como un “proceso organizado, selectivo y sistemático, para observar, captar, seleccionar, analizar y difundir la información de la propia organización y del exterior como una herramienta de gestión para la toma de decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”(ICONTEC, 2008). Así, el estudio de vigilancia está asociado con los siguientes procesos:

Vigilancia Comercial. Es la mejor forma de reconocer a los competidores en el mercado global, permitiendo identificar innovaciones, evoluciones y novedades, con la finalidad de encontrar oportunidades y amenazas que afecten el futuro de una organización (Citado en Ortega & Delzo, 2016).

Vigilancia Competitiva. Es la actividad de controlar la competencia actual y potencial, así como los productos y servicios que desarrollan y comercializan (Ortega & Delzo, 2016).

Vigilancia del Entorno. Es el proceso que permite identificar los cambios en la legislación, normativa, política, economía, medio ambiente, etc, con el fin de adaptar estos cambios a las organizaciones y proyectos (Citado en Ortega & Delzo, 2016).

Prospectiva Tecnológica. Es el conjunto de análisis y estudios que han de ayudar a comprender cuales son las fuerzas que pueden modelar el futuro a largo plazo, mediante el empleo de determinados métodos y herramientas que permitan la consecución de unos ciertos objetivos industriales, comerciales o científicos (MARTIN PEREDA, 1995).

Inteligencia competitiva. Se encuentra definida como la actividad de obtención, análisis, interpretación y difusión de información de valor estratégico en la industria y los competidores, lo cual interviene en la toma de decisiones de los responsables (Gibbons y Prescott, 1996).

Metodologías de Vigilancia Tecnológica. Son un conjunto de métodos sistematizados, que buscan abordar el estudio de la vigilancia tecnológica mediante la planificación y estructuración de una serie de actividades para recolectar, analizar, y difundir información, como es el caso del ciclo de vigilancia del observatorio virtual de transferencia de tecnología (OVTT) (Proyectoip intelligence solutions, 2007).

Análisis de patentes. Se refiere a la evaluación de las patentes, ya sea por medio cuantitativo o cualitativo, tal y como lo describe Soonwoo Hong, Consejero de la División de Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (Hong, n.d.). En ese sentido, las patentes se consideran como elementos generadores de dinámicas de desarrollo tecnológico, por cuanto son una de las medidas principales de actividad tecnológica en diferentes sectores del mundo (Patel, 2000).

Métodos de Identificación de Tecnologías Emergentes. Son un conjunto de actividades que se realizan con el fin de ayudar en el cumplimiento de las metas u objetivos estratégicos de un

proyecto. Así, las tecnologías emergentes han sido definidas como aquellas que se encuentran en la fase inicial de su ciclo de vida y tienen una elevada potencialidad que puede originar procesos, productos o servicios que cambian las concepciones establecidas dentro del mercado y son capaces de modificar industrias ya constituidas y técnicas afianzadas (Bhattacharjee, 1998);

Técnicas Cienciométricas y Bibliométricas. Estas técnicas son el enfoque del primer objetivo de la presente investigación, y se abordan en profundidad en el numeral 3.2.1 Definición de bibliometría y cienciométrica, y 3.2.5 Indicadores y/o técnicas bibliométricas.

3. **Estado del arte.** El estado del arte es una investigación documental, cuya finalidad es dar cuenta de construcciones de sentido sobre bases de datos que apoyan un diagnóstico y un pronóstico en relación con el material documental sometido a análisis. Además, involucra una metodología en la cual se procede sucesivamente por fases bien diferenciadas para la consecución de unos objetivos propuestos, los cuales se relacionan con el resultado del proceso (Hoyos, 2000).

4. **Bibliometría.** El estudio de la bibliometría es una técnica que le proporciona a los investigadores una visión amplia del campo que se está estudiando y se puede definir como “la utilización de las matemáticas y métodos estadísticos para evaluar libros y otros medios de comunicación”, de esta manera un investigador puede establecer el impacto que posee un científico o una publicación en un determinado campo de investigación (Citado en Chen et al., 2014).

2.2 Marco de antecedentes

La construcción del marco de antecedentes, parte de la identificación de proyectos de grado asociados con la vigilancia tecnológica en el sector estratégico de la yuca. A continuación se presentan tres de ellos.

Proyecto 1: “Análisis de la Cadena Productiva y la implementación de Tecnología en el cultivo de la Yuca en Colombia”.

Autor(es): Estefanía Márquez, María Alejandra Olarte

Año: 2017

Objetivo del proyecto: “Evaluar a nivel panorámico los eslabones pertenecientes a la cadena productiva de la yuca en Colombia, incluyendo los elementos de apoyo como el recurso humano y el desarrollo tecnológico. Así mismo, presenta un contraste entre los aspectos tecnológicos empleados a nivel mundial y los utilizados en Colombia”. En esta investigación citan a los autores Fernández, Baptista & Hernández para caracterizar el estudio exploratorio que se realizó como parte de la estructura metodológica para desarrollar el diagnóstico de la cadena de valor de la yuca (SUÁREZ & OLARTE LASSO, 2017). Por lo tanto, dicho estudio se encuentra íntimamente relacionado con la investigación del presente documento, sirviendo como insumo para abordar el segundo objetivo relacionado con el estado del arte del sector estratégico de la yuca y el tercer objetivo respecto a la identificación de tecnologías emergentes.

Proyecto 2: “Análisis de inteligencia competitiva de la agroindustria en procesados de yuca y posicionamiento en mercados nacional e internacional”.

Autor(es): José Martínez García

Año: 2017

Objetivo del proyecto: El core del estudio se centró en un análisis de la competitividad e inteligencia competitiva asociada a la industria de procesados de yuca en el departamento de Sucre. Igualmente, se estudió la cadena de valor de la yuca y se empleó dentro de su metodología el ciclo de inteligencia competitiva (MARTÍNEZ GARCÍA, 2017). En consecuencia, este estudio se encuentra relacionado con la investigación actual, ya que emplea el ciclo de inteligencia

competitiva, el cual tiene la misma estructura del ciclo de vigilancia tecnológica, y al estar asociado al campo de la industria de la yuca, provee un panorama en materia de identificación de los puntos fuertes y débiles pertenecientes a esta cadena productiva.

Proyecto 3: “Estudio prospectivo estratégico del sector yuquero en el departamento del atlántico al horizonte del año 2020”.

Autor(es): Alberto Mario Pernet Benavides, Carlos Domingo Orozco Gallardo y Nolis Cecilia Negrete

Año: 2015

Objetivo del proyecto: La investigación tuvo como objetivo “realizar un análisis estructural prospectivo del sector yuquero en el departamento del atlántico” y se contextualiza la problemática de la cadena productiva de la yuca en esa región. Así mismo, Cita a Godet y Duperrin dentro de su metodología, para implementar el método estructural MICMAC y juego de actores MACTOR estableciendo el análisis prospectivo estratégico del sector de la yuca (Pernet Benavides, Orozco Gallardo, & Negrete, 2015). Por lo tanto, dicho estudio es relevante dentro del marco del proyecto, ya que se aplicó un análisis de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de la cadena productiva a nivel nacional y en el departamento del Atlántico, identificando las variables clave y de desarrollo futuro en el sector yuquero.

3. Desarrollo metodológico

La metodología desarrollada en el presente proyecto está enfocada hacia el logro de los objetivos, la cual está alineada a la realización del ciclo vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva expuesto por Degoul (Degoul P., 1992). En concordancia con este ciclo la OVTT (Observatorio Virtual de Transferencia tecnológica) adapta y describe los pasos a seguir para elaborar el proceso de vigilancia tecnológica (Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología, n.d.), tal y como se puede observar en la figura 1.

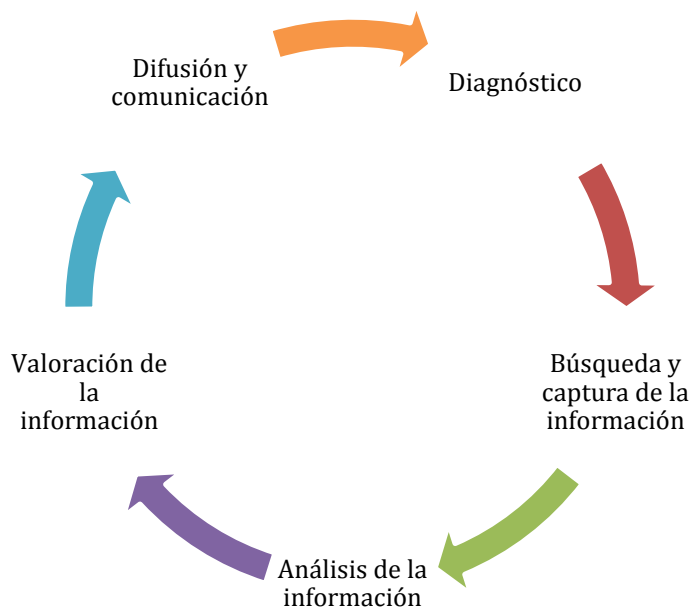


Figura 1. Metodología del proyecto Nota. Adaptado de Observatorio Virtual de Transferencia Tecnológica – OVTT, (2018). Título: Ciclo de vigilancia tecnológica. Recuperado de:

<https://goo.gl/vXMSHA>

Cada una de las fases expuestas en el ciclo de vigilancia presentado anteriormente, ejecuta cada uno de los objetivos planteados en el presente proyecto. De esta manera inicialmente se procedió con la fase de **diagnóstico**, para la cual se establecieron las necesidades de información mediante acercamientos en la literatura gris, y la identificación de los factores críticos, así como las tecnologías a vigilar. Posteriormente se realizó la **búsqueda y captura de la información**, con base en palabras claves identificadas y la definición de las bases de datos a utilizar, seguidamente se procedió con el **análisis de la información**, por lo cual se utilizaron software y metodologías de procesamiento de datos con el fin de filtrar la información relevante y generar panoramas de información, luego se realizó la **valoración de la información**, así mediante software y revisiones de literatura se generaron los informes correspondientes a las necesidades priorizadas. Como etapa final se realizó la **difusión y comunicación de la información**, mediante la elaboración de un artículo publicable (apéndice X), con la finalidad de diseminar los resultados del proceso de vigilancia. De esta manera y teniendo en cuenta el proceso de vigilancia, a continuación se expone de forma ordenada, de acuerdo con cada uno de los objetivos propuestos, los resultados obtenidos.

3.1 Estado y tendencias sobre el análisis cuantitativo-bibliométrico, asociado a la vigilancia tecnológica

A continuación se presenta el análisis bibliométrico, en el que se evidencia: los documentos por año, revistas, instituciones, países, autores y áreas, con el fin de obtener una perspectiva general de la literatura, y en la siguiente sección se presenta el análisis preliminar de la literatura la cual se titula “Panorama del conocimiento científico de cuantimetría y bibliometría”, en donde se establece la identificación de las técnicas más relevantes relacionadas con el análisis

cienciométrico y bibliométrico. Es importante aclarar que la información contenida en estas secciones se desarrolla en torno a la revisión de la literatura correspondiente al primer objetivo sobre la **cienciometría y bibliometría**. Cabe resaltar que este primer objetivo hace parte de un gran marco de revisiones relacionadas con el tema de vigilancia tecnológica en el proyecto Agrópolis MACTOR³, al cual se aporta mediante la revisión de la literatura asociada con los temas de cienciometría y bibliometría.

Así, la evaluación de dicha revisión (sobre cienciometría y bibliometría), se efectuó a partir de un análisis bibliométrico, con la finalidad de describir cuantitativamente la literatura científica y el rendimiento de la investigación de académicos y universidades, en un esfuerzo que abarca la cienciometría estructural, dinámica, evaluativa y predictiva. De tal manera, se utiliza esta herramienta para investigar el impacto del campo de investigación y el impacto de las diferentes publicaciones (Mao, Liu, Du, Zuo, & Wang, 2015).

En este sentido y en una primera instancia, se efectuó un análisis de la literatura gris, con el fin de recopilar las palabras claves (“Keywords”) asociadas a cienciometría y bibliometría, para su posterior estructuración y prototipado de una ecuación de búsqueda. Dichas palabras se encuentran relacionadas con el enfoque de investigación relativo al primer objetivo específico de este trabajo y se relacionan en la tabla 2.

³ El presente objetivo hace parte de un gran estado del arte que se está realizando junto con otros ocho proyectos complementarios que aportan al segundo objetivo del proyecto Agrópolis- Mactor de la convocatoria 745 de Colciencias, en dicho objetivo se expresa “Elaborar un estudio de vigilancia tecnológica con el propósito de identificar tendencias que favorezcan los retos del sector agropecuario de Santander Magdalena Medio asociada a las tecnologías eficientes y sostenibles priorizadas para la región.”.

Tabla 2.

Palabras claves de cienciometría y bibliometría.

Español	Inglés	Términos relacionados
Cienciometría	Scientometrics	Scientometric-based
Bibliometría	Bibliometrics	Bibliometric-based
Técnicas	Techniques	Bibliometric techniques Scientometric techniques
Procedimientos	Proceedings	Bibliometric procedures Bibliometric proceedings Scientometric procedures Scientometric proceedings
Definiciones	Definitions	Bibliometric definition Scientometric definition
Métodos	Methods	Bibliometric methods Scientometric methods Bibliometric methodology Scientometric methodology

En concordancia, con las palabras clave precedentes se formuló la siguiente ecuación de búsqueda: "scientomet* techni*" OR "bibliomet* techni*" OR "bibliomet* proce*" OR "scientomet* proce*" OR "scientometric?-base?" OR "bibliometric?-base?" OR "scientomet* defin*" OR "bibliomet* defin*" OR "bibliomet* method*" OR "scientomet* method*".

Ahora bien, con el fin de analizar las características y patrones inherentes a la investigación, se estableció una búsqueda en las bases de datos Web of Science (WOS) y Scopus, las cuales fueron seleccionadas partiendo del criterio de cobertura a nivel internacional e impacto de las citas. Además, mientras la base de datos Scopus engloba una colección multidisciplinar enfocada en estudios bibliométricos y evaluaciones de producción científica (ELSEVIER, 2018), WOS es una

base de datos líder en la citación con cobertura de más de 18.000 revistas de alto impacto en las diferentes ramas del saber (Clarivate, 2018). Por lo tanto, el acoplamiento de ambas bases de datos para el alcance del primer objetivo permite tener una visión de la literatura en el campo de estudio del presente proyecto.

Así, se estableció una ventana de tiempo, teniendo en cuenta que en WOS sólo hay registros a partir del 2001, por lo cual se tomó el periodo de tiempo comprendido entre 2001-2018 para ambas bases de datos, obteniéndose 737 documentos en WOS y 1134 documentos en Scopus. Consecutivamente, se aplicó un filtro por **reviews** y **artículos**, debido a que por una parte los **reviews**, presentan una recopilación de la literatura a través de un periodo establecido y sus métodos limitan el sesgo con la intención de mejorar la confiabilidad y la precisión de las conclusiones (Mulrow, 1994), mientras que los **artículos**, presentan información relevante y precisa acerca de un campo determinado. Además, se observó que estos dos tipos de documentos representaban el mayor porcentaje de los registros totales, resultantes de la búsqueda. De tal forma, se obtuvo un total de 691 documentos en WOS y 914 en Scopus.

La ecuación definitiva fue fijada el 31 de agosto de 2018. A continuación, se presentan los resultados registrados para cada base de datos a partir de los indicadores utilizados, junto con su correspondiente interpretación.

3.1.1 Publicaciones por año.

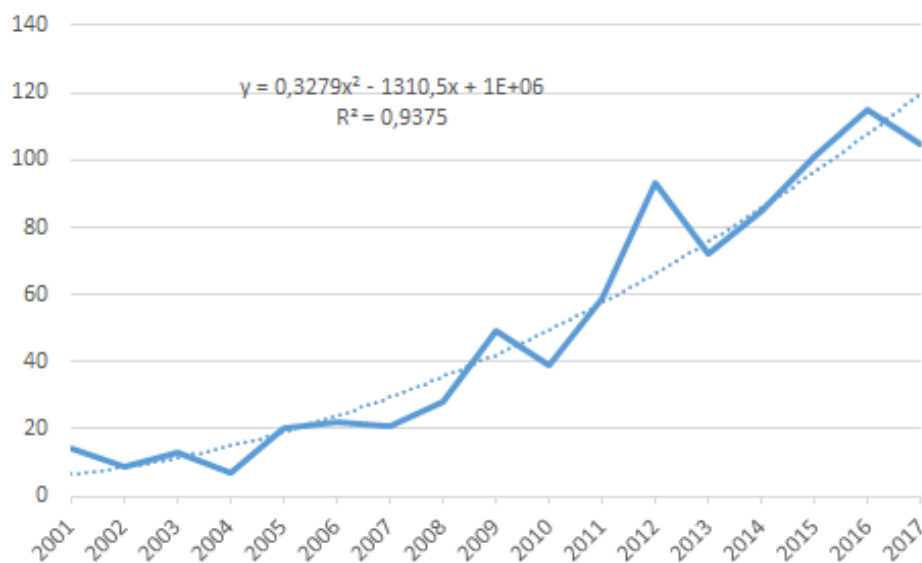


Figura 2. Regresión del número de publicaciones por año de Scopus. Nota. Tomado y adaptado de Base de datos Scopus, (2018).

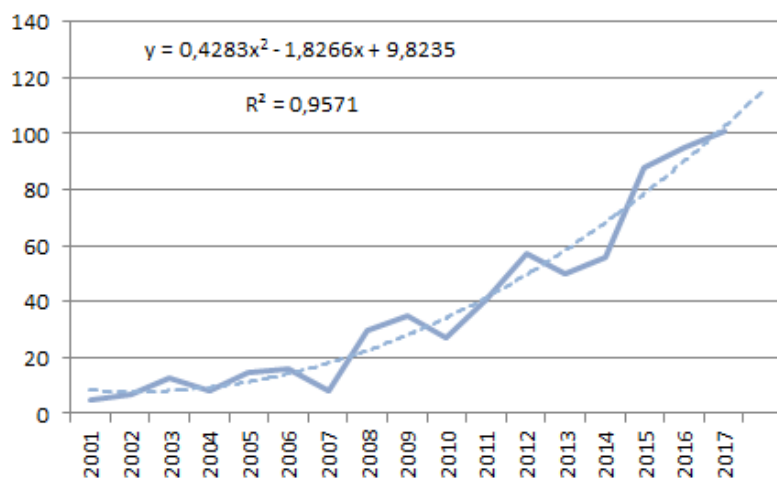


Figura 3. Regresión de número de publicaciones por año de WOS. Nota. Tomado y adaptado de Base de datos Web Of Science, (2018).

En la Figura 2 se evidencia un ajuste de los datos de documentos por año a una función exponencial, a través del método de regresión, para el cual la tasa de registros por año tiene una tendencia de 50 artículos anuales con una bondad de ajuste de $R^2 = 0,9375$. Así, se identifica un crecimiento paulatino de la producción científica a través de los años en el tema relacionado con técnicas de análisis bibliométrico y cienciométrico. Esta información se contrasta con el análisis de resultados de la base de datos de WOS, mostrada en la Figura 3 en donde se observa una tendencia creciente similar. Además, se observa que en la base de datos de Scopus se alcanzó la mayor cantidad de publicaciones en el 2016, mientras que en WOS se alcanzó su punto más alto en 2017. Este patrón de comportamiento puede estar indicando que, los estudios realizados en las diferentes áreas epistemológicas están empleando métricas relacionadas al tópico de investigación, con el fin de evaluar y analizar la literatura en su respectivo campo.

3.1.2 Publicaciones anuales con respecto a la fuente

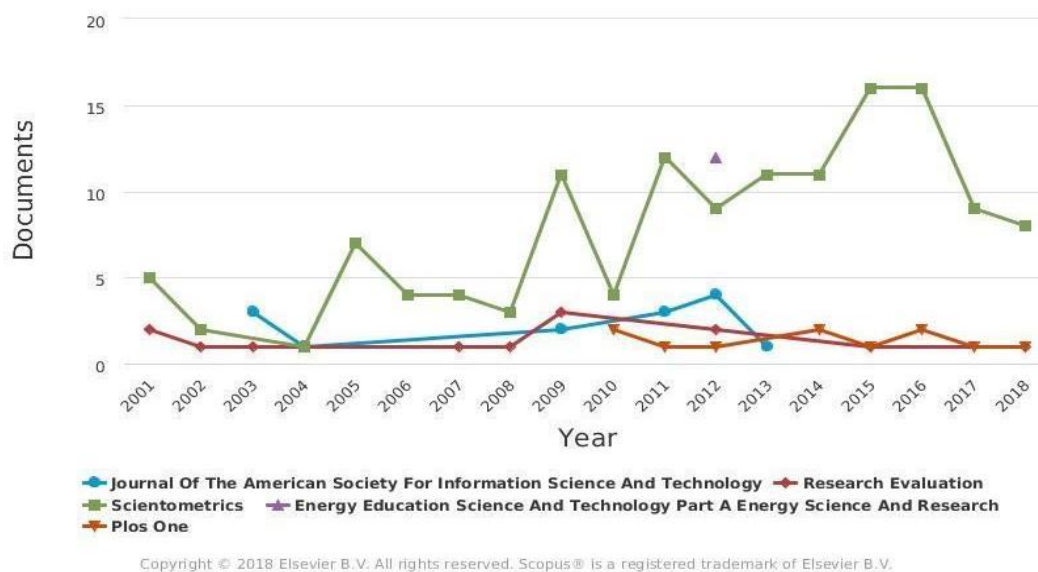


Figura 4. Número de documentos por año por fuente de Scopus. Nota. Tomado de Base de Datos de Scopus, (2018).



Figura 5. Número de documentos por año por fuente de WOS. Nota. Tomado de Base de Datos Web Of Science, (2018).

En las Figuras 4 y 5, se estimaron las 5 revistas más representativas que están vinculadas con el tópico de investigación (cienciometría y bibliometría). De tal forma, en las gráficas se presentan la cantidad de publicaciones por año para cada una de dichas revistas. Así, de acuerdo al Scimago Journal and Country Rank (SJR) se evaluaron las revistas de las gráficas, obteniendo que: En primer lugar se encuentra la revista “scientometrics” con el mayor número de publicaciones, la cual obtuvo un índice de 1,12 en el SJR para el año 2017 (ubicándola en el primer cuartil del área de aplicaciones a la ciencia de la computación) y un H-index de 90; luego, se encuentra la revista “Journal Of The American Society For Information Science and Technology”, la cual no se encuentra catalogada dentro del ranking SJR, sin embargo tiene un aporte significativo de acuerdo a la cantidad de documentos publicados; seguidamente, se ubica la revista “Research Evaluation”, la cual obtuvo un índice de 1,27 en el SJR para el año 2017 (ubicándola en el primer cuartil del área de ciencias sociales) y un H-index de 36; después se encuentra la revista “Energy Education Science and Technology Part A Energy Science and Research”, que evidencia un índice de 0,103

en el SJR para el año 2012 (ubicándola en el cuartil 2 del área de energía de ese año) y un H-index de 40; posteriormente, ocupando el quinto lugar está la revista “Plos one”, con un índice de 1,16 en el SJR para el año 2017 (ubicándola en el primer cuartil del área de ciencias agrícolas y biológicas) y un H-index de 241; finalmente, con el mismo número de publicaciones se encuentra la “Revista Española de Documentación Científica”, que alcanzó un índice de 0,44 en el SJR para el año 2017 (ubicándola en el cuartil 2 del área de biblioteca y ciencias de la información) y un H-index de 14 (Scimago Lab, 2018). Por lo tanto, de acuerdo a la cantidad de documentos encontrados y a los índices SJR y H-index, es posible inferir que estas son las revistas más prolíficas en el área abordada.

3.1.3 Publicaciones por instituciones y países.

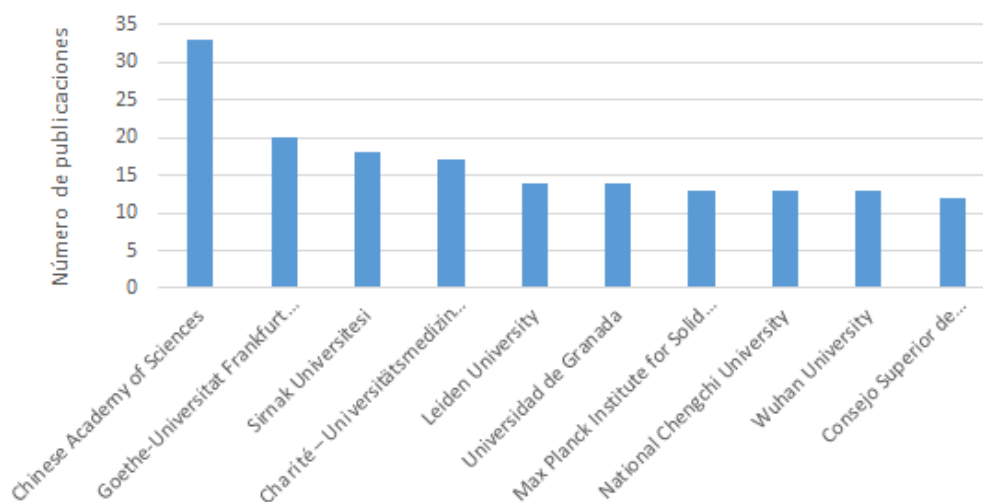


Figura 6. Publicaciones por institución Scopus. Nota. Tomado y adaptado de Base de datos Scopus, (2018).

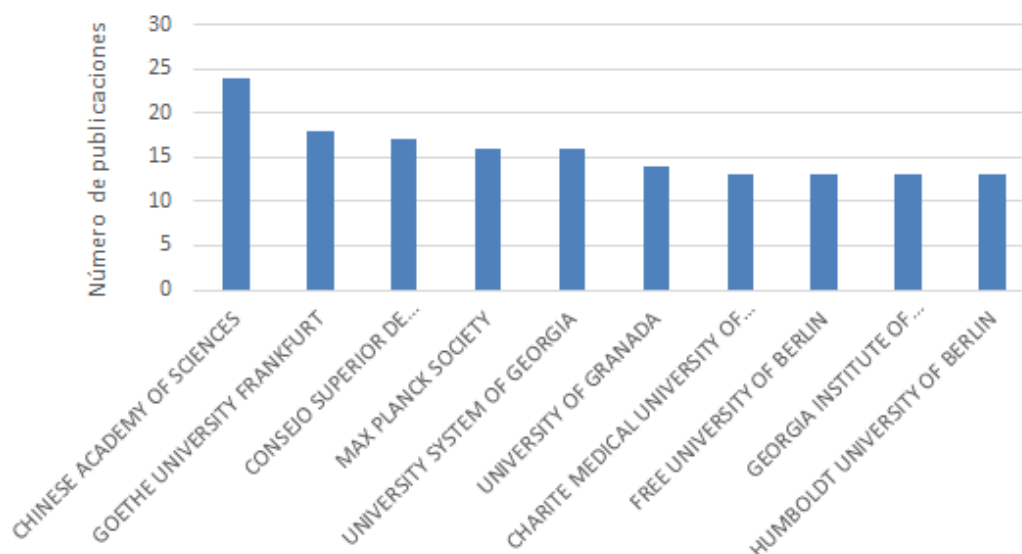


Figura 7. Publicaciones por institución WOS. Nota. Tomado y adaptado de Base de datos Web Of Science, (2018).

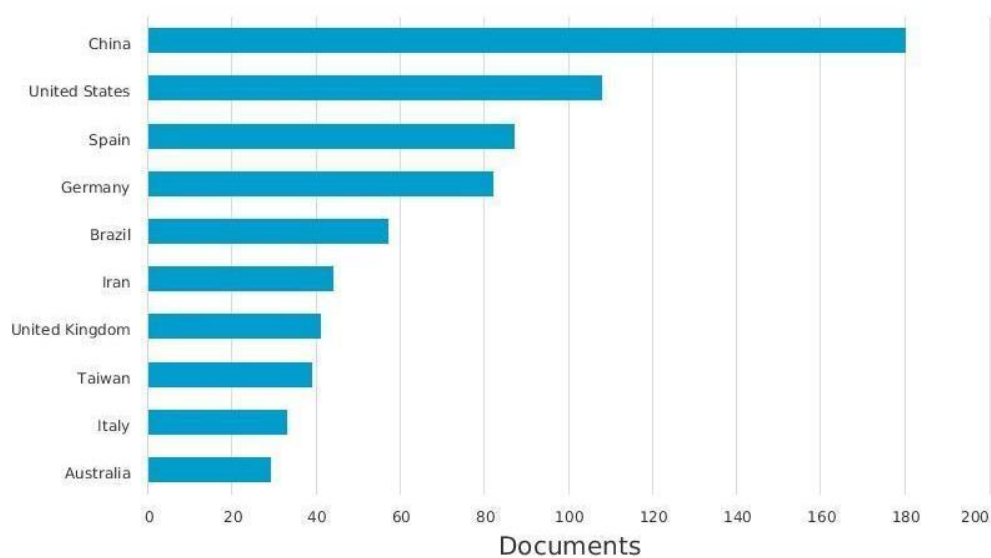
Posteriormente, se indagó acerca de las instituciones que realizaban los mayores aportes por documentos publicados, en este análisis se generó un ranking de las diez instituciones que tenían una mayor actividad académica en ambas bases de datos como se muestra en las figuras 6 y 7. Así, se encontró que existía una concordancia entre las instituciones resultantes en Scopus y WOS, destacándose en primer lugar la “Chinese Academy of Sciences” de China, seguida de la “Goethe-Universitat Frankfurt am Main” de Alemania.

Tabla 3.

Distribución de instituciones por países.

País	Número de instituciones
Alemania	5
China	2

País	Número de instituciones
España	2
EEUU	2
Holanda	1
Taiwán	1
Turquía	1



Copyright © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 8. Países con mayor número de investigaciones Scopus. Nota. Tomado de Base de Datos Scopus, 2018.

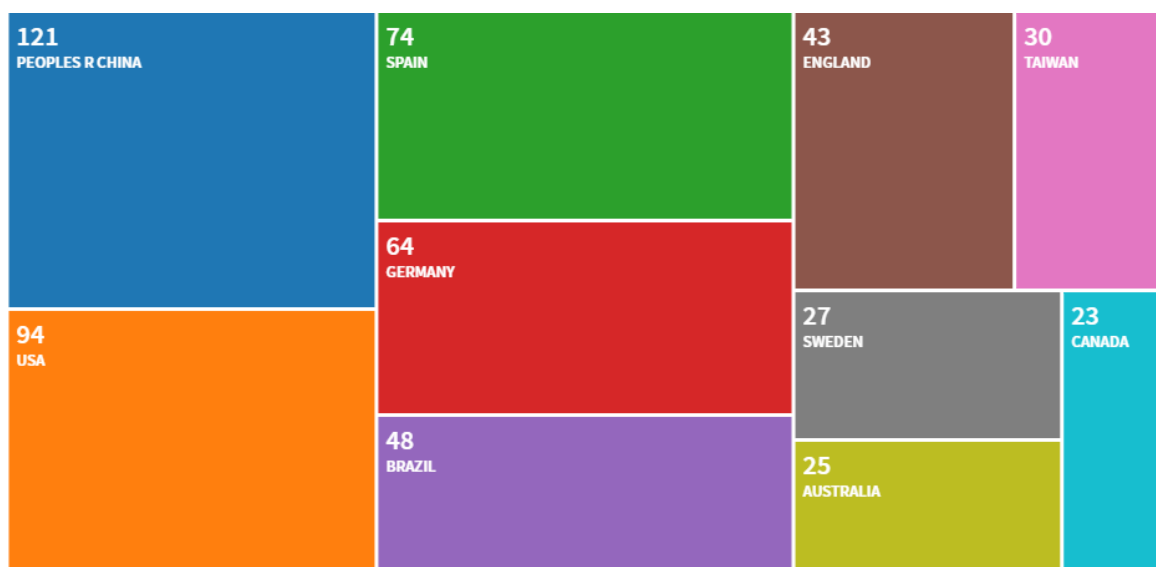


Figura 9. Países con mayor número de investigaciones WOS. Nota. Tomado de Base de Datos Web of Science, 2018.

Estas diez instituciones para ambas bases de datos están distribuidas geográficamente como se muestra en la Tabla 3. Adicional a esta información, se encuentra una coherencia entre las instituciones que más publicaciones realizan, con los países que tienen la mayor producción académica asociada con la investigación. Por lo tanto, de acuerdo con las figuras 8 y 9, se halló una relación en los cinco primeros países de ambas bases de datos. De esta forma se encuentra que China es el país que encabeza la lista, lo cual era de esperarse pues posee la institución que registra la mayor cantidad de publicaciones; Estados Unidos se encuentra en segunda posición, donde cabe resaltar que este país es uno de los grandes productores de artículos multidisciplinarios de investigación; el tercer país que aparece en el ranking es España, y con una estrecha diferencia le siguen Alemania y Brasil. En las posiciones restantes el orden de naciones cambia, pero en esencia existe una relación con la mención de dichos países, donde se destacan Reino Unido, Taiwán y Australia.

3.1.4 Autores con mayor número de publicaciones.

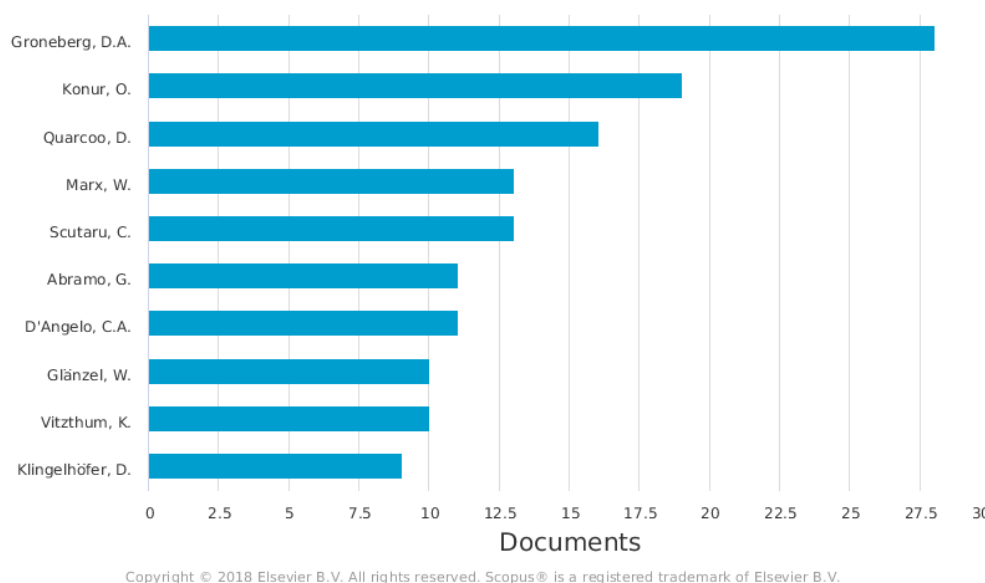


Figura 10. Autores con mayor número de publicaciones en Scopus. Nota. Tomado de Base de Datos de Scopus, 2018.

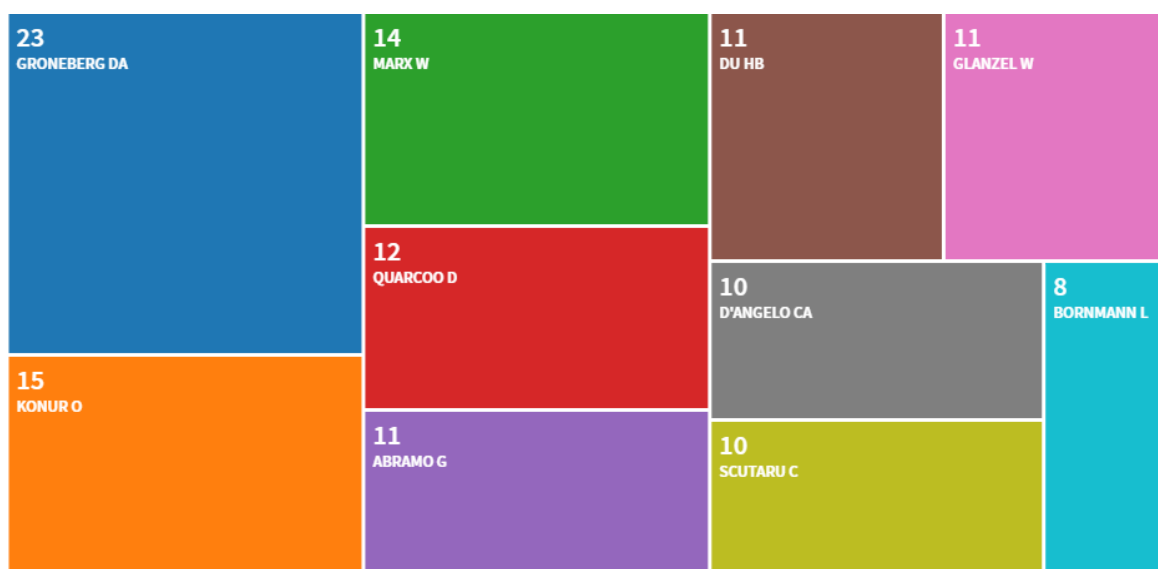


Figura 11. Autores con mayor número de publicaciones en WOS. Nota. Tomado de Base de Datos de Web Of Science, 2018.

En las Figuras 10 y 11 se destacan los autores más prolíficos en el tema de investigación, en concordancia con la cantidad de documentos encontrados. Así, se evidencian similitudes en ambas bases de datos, encontrándose que los 5 autores que reflejan un mayor nivel de producción científica relacionada con el análisis cienciométrico y bibliométrico son: Groneberg Da, Konur O, Marx W, Quarcoo D y Scutaru C.

3.1.5 Áreas de investigación.

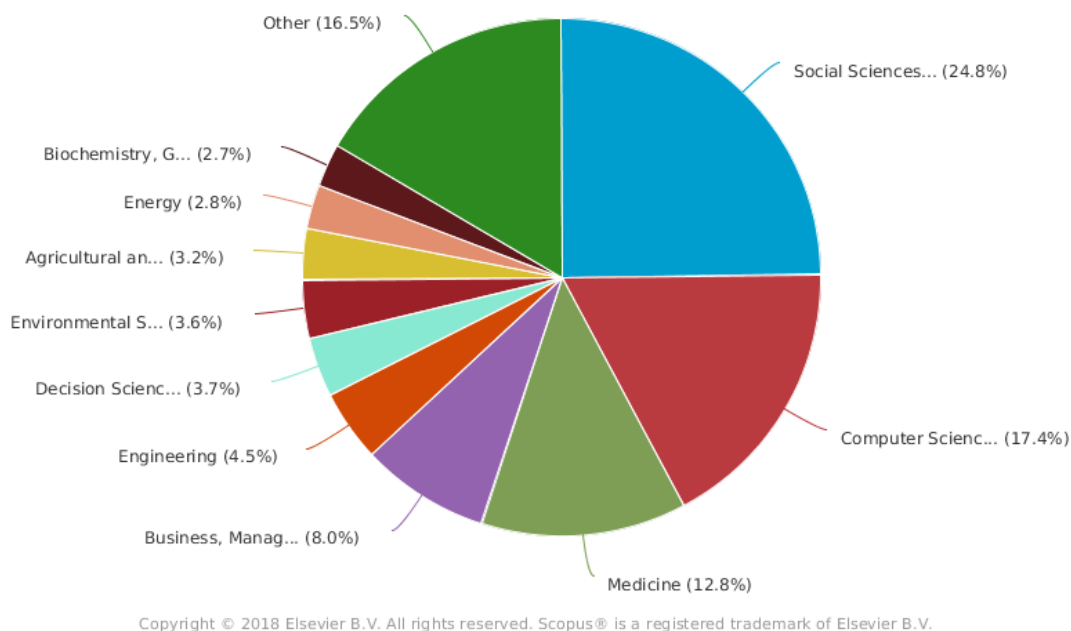


Figura 12. Documentos por área en Scopus. Nota: Tomado de Base de Datos Scopus, 2018.

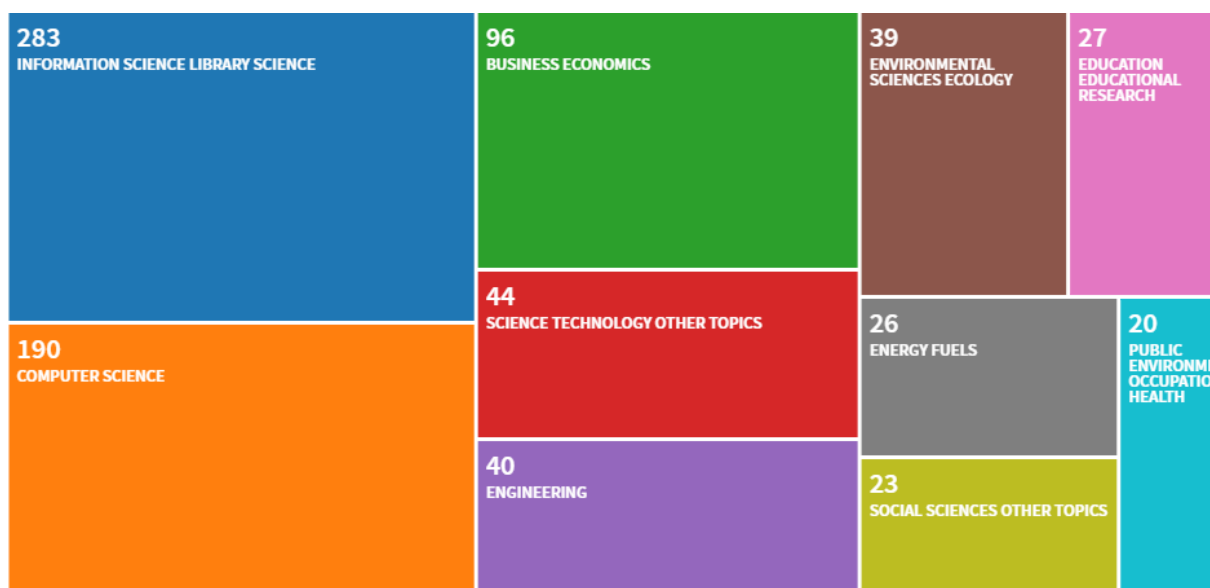


Figura 13. Documentos por área en WOS. Nota. Tomado de Base de Datos de Web of Science, 2018.

En las figuras 12 y 13 se representan las áreas de investigación que tienen una mayor actividad de publicaciones a lo largo del periodo de tiempo evaluado. Este es un aspecto importante, ya que se pueden identificar cuáles son las áreas con la mayor participación investigativa, y encontrar sobre qué temas se están centrando la mayoría de las investigaciones, y en qué tópico se encuentra la mayor cantidad de información disponible. Así mismo, se puede evaluar hacia que unidad investigativa se está orientando la comunidad científica hoy en día y en un futuro. Adicionalmente, en estas representaciones se puede analizar que entre las dos bases de datos existe una gran diferencia en cuanto a las clasificaciones de los documentos por área, sin embargo hubo una relación en las dos áreas que registraron la mayor cantidad de publicaciones, las cuales fueron en primera medida el campo de las ciencias sociales y posteriormente las ciencias de la computación.

3.2 Panorama del conocimiento científico de Cienciometría y Bibliometría

Teniendo en cuenta que el presente proyecto contempla un análisis global de la literatura en el campo de estudio de la vigilancia tecnológica (específicamente en bibliometría y cienciometría), se dio inicio con una búsqueda preliminar de las palabras claves asociadas al primer objetivo, estas se organizaron en seis grupos: bibliometría, cienciometría, técnicas, procedimientos, definiciones y métodos.

De la búsqueda inicial se identificaron catorce palabras, las cuales se relacionaron en la tabla 2. Estas palabras claves fueron estructuradas y prototipadas, obteniendo la ecuación de búsqueda presentada anteriormente en la sección 3.1 (Estado y tendencias sobre el análisis cienciométrico-bibliométrico, asociado a la vigilancia tecnológica).

Así, la ecuación fue ejecutada el día 31 de agosto de 2018, en las bases de datos de Scopus y Web of Science, y se estableció una ventana de tiempo de 2001 a 2018. Los resultados de esta búsqueda mostraban 737 documentos para Web of Science y 1134 para Scopus, resultados entre artículos, revisiones, documentos de sesión, artículos en prensa, encuestas, entre otros. Seguidamente se requería precisar la información relevante para el análisis, es por ello que solo se tomaron en cuenta los artículos y revisiones.

El procedimiento que se llevó a cabo para delimitar la búsqueda de la literatura científica, comenzó con la división de los documentos entre artículos y revisiones para aplicar el posterior análisis a cada uno.

Por una parte, se efectuó un contraste de las revisiones entre las dos bases de datos, con el propósito de eliminar el factor de duplicidad y así consolidar una sola base de resultados. De esta manera, se obtuvo un total de 149 registros, los cuales fueron analizados mediante una revisión de

literatura y fueron catalogados de acuerdo a su relevancia a la investigación. De esta forma, se estableció la clasificación de los documentos así (proponiendo el nombre de semáforo a este método): en verde los que eran muy importantes, en amarillo los que debían ser considerados por generar algún tipo de aporte para la pesquisa, y en rojo los que definitivamente debían descartarse (ver Apéndice A). Del resultado de la revisión de los contenidos se seleccionaron 18 reviews, los cuales poseían un contenido valioso para la investigación.

Por otra parte, los artículos fueron evaluados y delimitados en concordancia con una serie de filtros para hallar los más representativos y que pudieran otorgar un mayor aporte. Así, se realizó un análisis de Pareto para cada base de datos, con el propósito de observar la cantidad de publicación científica del 2001-2018 y de esta forma seleccionar los años en los que se desarrolló la mayor producción científica. En consecuencia, se encontró que en el periodo de tiempo comprendido entre 2009-2018, se observó una tendencia de incremento de producción literaria y se obtuvo más del 80% de la mayor cantidad de artículos publicados. Como resultado, se extrajeron 528 registros en WOS y 684 en Scopus (los cuales pueden ser consultados en los Apéndices B y C).

Posteriormente, se aplicó una depuración por revistas, donde se escogió la revista SCIENTOMETRICS, que se encuentra especializada en el tema de análisis cuantitativo y bibliométrico, y en la cual se publican investigaciones donde el desarrollo y mecanismo de ciencia son estudiados por métodos matemáticos estadísticos (Scimago Lab, 2018). Así mismo, tiene un puntaje de 1.125 de acuerdo al Scimago Journal & Country Rank (SJR); y se encuentra en el mejor cuartil (Q1) de las siguientes categorías: computer science applications, library and information sciences y social sciences; y tiene un H-INDEX de 90. De igual forma, se escogió dicha revista

debido a que posee la mayor cantidad de publicaciones. Así, se obtuvieron 101 documentos en WOS y 103 en Scopus.

Seguidamente, se quiso identificar la calidad de los resultados, para lo cual se evaluaron los artículos del 2009-2015 por número de citaciones, mientras que para los documentos de 2016-2018 se les aplicó una revisión de literatura, teniendo en cuenta que no se podía establecer un análisis de citaciones a causa de ser los más recientes. A continuación, se explica detalladamente los resultados de este proceso de depuración.

En concordancia con lo anterior, se tomaron los artículos del 2009-2015 (73 en WOS y 72 en Scopus) y se priorizó a través de Pareto para escoger aquellos documentos que tenían el mayor número de citaciones, encontrando 31 registros en WOS y 33 en Scopus (ver Apéndices D y E). Consecutivamente, se contrastaron los artículos en las dos bases de datos, se observó que 26 de ellos se encontraban en ambas y se consolidó una base para analizar los 38 documentos resultantes que se encontraron. De dicha base, se aplicó nuevamente el método del semáforo de colores y se seleccionaron 2 artículos (ver Apéndice F).

Finalmente, para los artículos correspondientes al periodo del 2016- 2018, se efectuó un contraste de las dos bases de datos, eliminando los documentos duplicados y se procedió a la revisión de literatura bajo el método del semáforo de colores, de la cual se extrajeron 4 documentos (ver Apéndice G).

Una vez efectuados los filtros correspondientes de artículos y reviews, se procedió a hacer una consolidación de todos los documentos seleccionados obteniéndose un total de 24 publicaciones. De esta forma, se desarrolló una matriz de criterios, con la cual se pretendió extraer los datos relevantes de cada publicación para la investigación. Por consiguiente, se fijaron 7 nodos, facilitando así la extracción de la información (ver Apéndice H).

En esta medida, y como resultado del estudio de la información contenida en la matriz, de criterios se encuentra que la producción científica debe ser evaluada y medida con el propósito de identificar los mejores aportes en los diferentes campos de investigación. Sin embargo, surge la pregunta ¿Cuál es el mejor esquema de evaluación de la literatura científica? Para dar respuesta a este interrogante se han desarrollado a lo largo del último siglo dos ramas fundamentales que están encaminadas a evaluar las publicaciones científicas: La bibliometría y la cienciometría, las cuales encabezan el objeto de estudio de este análisis de literatura. Siendo así, a continuación se presentan los resultados del proceso anteriormente descrito, es decir, la organización de la información trabajada se expondrá a manera de resultados, tomando como base los nodos trabajados, que son: Definición de cienciometría y bibliometría, metodología, fuente de datos, método de análisis, indicadores y/o técnicas bibliométricas, herramientas computacionales utilizadas y conclusiones.

3.2.1 Definición de bibliometria y cienciometria. Para las definiciones de bibliometría y cienciometría, se define el concepto de cienciometría como "los métodos cuantitativos de investigación sobre el desarrollo de la ciencia como un proceso informativo" (Nalimov & Muljenko, 1971). Así mismo, se evidencia que este campo se refiere al estudio y parametrización de la ciencia, y se conceptualizó en un primer momento como “ciencia de la ciencia”, definición que continuó utilizándose por numerosos autores como Eugene Garfield, Derek J De Solla Price (catalogado como el padre de la cienciometría), entre otros (De Solla Price, 1986). Así mismo se logra identificar que del análisis de la cienciometría se despliega el campo de la bibliometría, la cual abarca el estudio de la literatura científica. De esta manera, se encontró una relación en la mayoría de los documentos al citar la definición de bibliometría efectuada por Alan Pritchard en 1969, quien acuñó el término bibliometría como “la aplicación de los métodos matemáticos y

estadísticos a los libros y otros medios de comunicación”(Pritchard, 1969). En igual medida, se destaca la bibliometría como una herramienta clave para investigar el impacto de los autores, publicaciones, instituciones o revistas en particular.

3.2.2 Metodología. Respecto a la metodología, se pudo analizar que comúnmente los análisis bibliométricos y cienciométricos inician con la *identificación de las fuentes de datos*. Consecutivamente, se realiza la *construcción de las ecuaciones de búsqueda*, seguidas de la *identificación de la información a evaluar* (publicaciones, revistas, autores, keywords, instituciones, etc). Posteriormente, se ejecuta el *pre procesamiento de los datos*, con el fin de retirar los documentos duplicados y excluir las publicaciones que no se consideren relevantes. Luego, se procede a *escoger los métodos de evaluación de la información*, tales como mapeo de keywords, uso de indicadores, revisiones de contenido, mapeo de redes, entre otros. Enlazado a esto, se define la forma de *visualización de los resultados* del método aplicado (Diagramas de redes, diagramas de barras, mapas bibliométricos etc.), y finalmente se efectúa el *análisis de los datos* resultantes, junto con las *conclusiones* del documento final (Cobo, Lopez-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2011).

Sin embargo, cabe destacar que esta metodología depende en gran medida del tipo de estudio a efectuarse, pues si bien funciona para la mayoría de las investigaciones evaluadas, algunos pasos pueden variar o incluirse otros, tal es el caso del mapeo bibliométrico donde se efectúa una normalización de los datos, o el caso de la identificación de temas emergentes donde se desarrolla una metodología completamente diferente (Glanzel, 2012).

3.2.3 Fuentes de datos. El tercer nodo analizado correspondió a las fuentes de datos. En esta evaluación se buscaba establecer la base de datos sobre la cual se han realizado más estudios de tipo bibliométrico y cienciométrico. De tal forma, el análisis arrojó que las bases de datos más empleadas son *Wos* y *Scopus*, y para campos relacionados con la medicina la base de datos *Medline*. Estas bibliotecas virtuales son muy utilizadas, ya que permiten analizar los resultados.

3.2.4 Métodos de análisis Los métodos de análisis representan el cuarto nodo de esta matriz, aquí se exponen los métodos más representativos encontrados que se emplean para evaluar un conjunto de datos. A continuación se evidencian los métodos encontrados:

3.2.4.1 Mapeo bibliométrico Esta técnica es muy utilizada cuando se pretende representar las conexiones intelectuales con un sistema de cambio dinámico del conocimiento científico, es decir, permite conformar la estructura y los aspectos dinámicos de la investigación científica (Cobo, Lopez-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2011), así se obtiene una recopilación de los puntos claves de conocimiento desde una perspectiva intelectual, social y conceptual. Dicho mapeo bibliométrico parte de técnicas de análisis, para conformar clústeres de conocimiento y con ellos establece las correspondientes redes de conexión, de acuerdo al nivel de afinidad entre los diferentes clústeres obtenidos (Mirkouei, Haapala, Sessions, & S.Murthy, 2017). De este método se pueden desplegar varios tipos de mapas, tales como:

- *Co-words Mapping*

Relacionados con el estudio de la estructura conceptual de un campo de investigación, donde se conforman los clústeres (agrupaciones) a partir de las palabras claves más importantes en los

documentos de investigación, y se construyen enlaces entre dichas agrupaciones (Yataganbaba, Ozkahraman, & Kurtbas, 2017).

- *Análisis de redes.*

Explora la relación entre actores sociales, en donde los múltiples puntos corresponden a los actores y las conexiones entre ellos, y a la relación entre cada actor social. Así por ejemplo, es posible realizar un análisis de redes por países o instituciones, con el fin de evaluar sus vínculos de colaboración (Mao, Hongyang, Guanyi, Huibin, & Jian, 2015).

- *Co-citations Mapping.*

En concordancia con Leydesdorff y Vaughan (2006), los datos de co-citación pueden ser considerados como datos de vinculación entre los textos. Por lo tanto, el *co-citation analysis* (análisis de co-citación) puede mostrar la estructura de la red y las variaciones de las publicaciones a través del tiempo, los principales factores en el grupo y en el campo de estudio. De igual forma, puede ilustrar las citas más influyentes relacionándolas con los factores. Así mismo, dicho análisis puede mostrar los temas, autores, revistas y métodos de investigación que fueron centrales y periféricos para el campo, y cómo pudieron haber cambiado con el tiempo (Pilkington & Meredith, 2009).

- *Co-authors Mapping.*

Estudia la estructura social entre las redes de colaboración de los autores y las instituciones (Cobo et al., 2011).

3.2.4.2 Análisis de contenido Se analiza el contenido central de la literatura con el objeto de investigación. Así, las tendencias y cambios de dirección de una disciplina pueden ser estudiados y analizados cuantitativamente (Mao, Hongyang, et al., 2015).

3.2.4.3 Keywords Analysis Identifica y evalúa las palabras clave más importantes de los documentos, para estudiar la estructura conceptual de un campo de investigación (Cobo et al., 2011).

3.2.4.4 Análisis de citaciones. Estudia el patrón de crecimiento de las citaciones a lo largo de un periodo de tiempo establecido, para identificar las publicaciones principales en un campo de estudio, su popularidad a través del tiempo y el grado de relevancia actualmente. Así mismo, es posible conocer si una publicación posee un valor histórico y así poder establecer la conexión con las investigaciones preliminares. De igual forma, la tasa de citaciones revela cuando el campo de estudio tuvo cambios de dirección (Pilkington & Meredith, 2009).

3.2.4.5 Acoplamiento bibliográfico. Está técnica determina y mide los documentos que convergen en las mismas referencias, lo cual supone que dichas publicaciones se encuentran relacionadas y por tanto, cuanto mayor es el número de referencias compartidas, mayor es la proximidad temática entre ellas. Así, este método hace posible examinar las tendencias actuales y emergentes, colocando como enfoque lo que está sucediendo en la actualidad referente al campo de estudio (Hervas Oliver, Gonzalez, Caja, & Ripol, 2015).

3.2.4.6 Ley de Bradford. También llamada ley de la dispersión, si las revistas científicas se ordenan en secuencia decreciente de productividad de artículos sobre un tema dado, éstas pueden dividirse en un núcleo de revistas dedicadas más en particular al tema y varias zonas conteniendo el mismo número de artículos que el núcleo. Así, esta ley subraya que sólo unas pocas revistas en un campo contienen la mayoría de las publicaciones, siendo estas revistas las que conforman la

zona del núcleo de la literatura, mientras que en otra zona, en una amplia gama de revistas se dispersa una pequeña cantidad de artículos. Esto se calcula para verificar las revistas más productivas en cualquier disciplina (Tsay & Yang, 2005).

3.2.4.7 Ley de Price. Evalúa las publicaciones a través del tiempo y las asemeja a una función exponencial. Así, señala que el crecimiento de un dominio científico pasa por cuatro fases: precursores, crecimiento exponencial, crecimiento lineal y colapso del campo científico. Por lo tanto, describe el comportamiento que sigue la producción científica en una disciplina (Cristino, Faria Neto, & Branco Costa, 2017).

3.2.4.8 Ley de Lotka. Estudia el modelo de productividad de los autores, siendo imprescindible hallar la distribución de frecuencia de los documentos publicados, lo cual indica que una mínima cantidad de investigadores es responsable de la mayoría de producción científica (Cristino et al., 2017). Así, la ley establece que “el número (de los autores) haciendo n contribuciones es de aproximadamente $1 / n^2$ de los que hacen uno; y la proporción de todos los contribuyentes, que hacen una contribución única, es de alrededor del 60 por ciento”, según Lotka, citado por (Cristino et al., 2017).

Ahora bien, cabe destacar que existe una infinidad de métodos de análisis cuantitativo y bibliométrico que parten de diversas técnicas desarrolladas en numerosas áreas epistemológicas. Así, algunas de las más empleadas se derivan de análisis de regresión, estadística descriptiva, análisis multivariable, inteligencia computacional, procesos estocásticos, estadística inferencial y diseño de experimentos (Cristino et al., 2017).

3.2.5 Indicadores y técnicas bibliométricas. Seguidamente, se evaluó el quinto nodo que corresponde a indicadores y técnicas bibliométricas. En este punto se analizaron cuáles fueron los tipos de indicadores más utilizados dentro de las metodologías descritas anteriormente. De este análisis se destacan los siguientes indicadores:

3.2.5.1 Bibliographing. El conteo bibliográfico representa el número de documentos que se indexaron y pasaron por un proceso de abstracción en las bases de datos (Wallin, 2005).

3.2.5.2 Factor de impacto. Frecuentemente es utilizado para juzgar la calidad científica de los artículos de investigación y las revistas. Es una medida cuantitativa basada en el ratio entre las citaciones anuales de una revista determinada y el total de citaciones de la revista en los dos años anteriores. También, es utilizado para medir la importancia relativa de investigadores individuales, programas de investigación, e incluso de instituciones de investigación (Tam Ha, Tan, & Soo, 2006).

3.2.5.3 Eigenfactor. Es un indicador el cual califica a las revistas por su actividad científica, representa el tiempo que los científicos gastan en el desarrollo de sus investigaciones (Bickers & Modlin, 2012).

3.2.5.4 Número de publicaciones por autor. Refleja el recuento del número de publicaciones de un autor, este no distingue entre publicaciones de artículos y otros tipos de documentos (Konur, 2012).

3.2.5.5 Número de documentos por país. Con este indicador se evalúa el nivel de producción científica de una determinada región (Konur, 2012).

3.2.5.6 Número de documentos por instituto. Cuenta el número de publicaciones que realizan las instituciones. De esta manera, se puede saber cuáles son las afiliaciones que más investigan sobre un determinado tema y a qué región pertenecen (Konur, 2012).

3.2.5.7 Número de documentos por año. El número de publicaciones por año hace un recuento de la cantidad de publicaciones que se realizaron en una línea de tiempo predeterminada (Konur, 2012).

3.2.5.8 Número de publicaciones por revista. El indicador refleja cuales son las revistas que tienen la mayor producción científica en un tema determinado, con el fin de elaborar escalafones de revistas. Este indicador usualmente se combina con el SJR (Scimago Journal and Country Rank), para evaluar el impacto que tiene una revista (Konur, 2012).

3.2.5.9 Número de citas por publicación. Es el recuento de citas que posee una determinada publicación, y a pesar de que sugiere el alto impacto que ha obtenido un documento, presenta un sesgo para las publicaciones recientes (Mirkouei, Haapala, Sessions, & S.Murthy, 2017).

3.2.5.10 Citas promedio por año. Este indicador permite identificar cuáles fueron las publicaciones, autores y revistas más citadas en un año (Bickers & Modlin, 2012).

3.2.5.11 P-index. Este indicador se utiliza para evaluar la calidad de la información y proporciona un equilibrio justo entre la cantidad (según lo determinado por la cantidad de citas C) y la calidad (según lo determinado por la relación C / P), donde P es el número total de publicaciones (Asghar, Cang, & Yu, 2017).

3.2.5.112 h-index. El indicador fue propuesto por Hirsch, para medir la productividad y el impacto que generaban los trabajos publicados por científicos y académicos. Dicho indicador, también sirve para medir la productividad y el impacto de un grupo académico, tales como universidades, países, e incluso revistas académicas (Mao, Hongyang, et al., 2015).

3.2.5.13 Índice Copérnico. Este indicador suele ser utilizado por revistas enfocadas hacia la medicina y es un sistema de clasificación creado por los miembros de la comunidad médica de la Región Europea Central. Evalúa la calidad de la revista utilizando 5 grupos de estándares: Calidad científica, calidad editorial, calidad técnica, disponibilidad internacional y estabilidad del mercado de frecuencias. El puntaje general es la medida de calidad, y refleja la calidad de una revista frente a otra del mismo campo científico (Tam Ha et al., 2006).

3.2.6 Herramientas informáticas. El sexto nodo está enfocado en la evaluación de las herramientas informáticas seleccionadas por los autores de los documentos, para poder realizar las visualizaciones y así generar los análisis correspondientes, permitió identificar cuáles han sido los software que resultan ser los más utilizados por los científicos en sus investigaciones, ya sea porque reflejan de forma ordenada la información y se facilita el proceso de análisis, o porque permiten simplificar las depuraciones y normalizaciones de la información. En consecuencia, para efectuar

este análisis se tomaron los documentos que conformaron la matriz de criterios y se evaluó la concordancia con el documento “Science Mapping Software Tools: Review, Analysis, and Cooperative Study Among Tools”, el cual presenta una evaluación a los diferentes software más utilizados por los productores científicos para el mapeo de la ciencia (Cobo et al., 2011). De este proceso, se pudo concluir que si bien los estudios de los gráficos generados por las bases de datos son herramientas que le ayudan al investigador a efectuar sus correspondientes análisis, estos son incipientes frente al uso de software que permite a los investigadores generar una mejor discriminación de la información para encontrar aspectos relevantes ocultos. Así mismo, se observó que ninguno de los software permite evaluar el panorama completo en cuanto a la medición bibliométrica y cienciométrica, por lo cual es indispensable utilizar varias de estas herramientas software, con el fin de complementar el estudio de la producción científica. A continuación se describen cuáles son las herramientas con mayor frecuencia de utilización:

3.2.6.1 Bibexcel. Es una herramienta bibliométrica de libre acceso utilizada para el manejo de datos bibliométricos y construcción de mapas, los cuales pueden ser leídos por un software como por ejemplo Excel. Así mismo, puede analizar datos de fuentes como WOS, SCOPUS y formato Procite (Cobo et al., 2011).

3.2.6.2 CiteSpace II. Herramienta de libre acceso utilizada para analizar, detectar y visualizar patrones y tendencias en la literatura científica, su objetivo principal es facilitar el análisis de tendencias emergentes en un área del conocimiento. Puede leer diferentes formatos de fuentes como WOS, PubMed, ADS, entre otros. Puede construir diferentes clases de redes bibliométricas (Cobo et al., 2011).

3.2.6.3 CoPalRed. Es un software comercial desarrollado para realizar *co-word analysis* (análisis de co-palabras) utilizando *keywords* (palabras clave) de documentos científicos. Es descrito como un sistema de conocimiento, ya que recopila la información de bases de datos y la transforma en redes de conocimiento identificando así cuales son los clústeres de mayor conexión. Lee archivos en formato CVS (valores separados por comas) (Cobo et al., 2011).

3.2.6.4 IN-SPIRE. Es un software comercial para el análisis de documentos visuales, el cual permite descubrir las relaciones, tendencias y temas escondidos dentro de los datos para obtener un nuevo conocimiento y visión del tema. Emplea metáfora de paisaje para ayudar al usuario a entender la relación entre los conjuntos de documentos. Puede leer documentos de formatos HTML, XML, Excel, y CVS. Sin embargo, no extrae redes bibliométricas de los campos seleccionados, sino que utiliza su propio motor de texto para calcular la similitud entre los documentos (Cobo et al., 2011).

3.2.6.5 Leydesdorff's Software. Es un software de libre acceso, que contiene un conjunto de programas que permiten realizar un mapeo de la ciencia con diferentes funciones de análisis. Permite el desarrollo de varios análisis bibliométricos y sus resultados pueden ser visualizados empleando software externo como Pajek, UCINET, Network Workbench Tool ó Sci Tool. Se puede observar la visualización de redes de colaboración utilizando Google Maps. Emplea como archivos de entrada las bases de datos de WOS, Scopus, Google Scholar y Google (Cobo et al., 2011).

3.2.6.6 Network Workbench Tool. Herramienta de libre acceso para el análisis general, modelamiento y visualización de datos, provee un algoritmo específico para construir y analizar redes y mapas bibliométricos. Puede leer diferentes formatos como WOS, Scopus, Bibtex, EndNote y CVS (Cobo et al., 2011).

3.2.6.7 Sci2 Tool. Software de libre acceso que incluye un set de herramientas diseñado para realizar un estudio de la ciencia, compatible con el análisis temporal, geoespacial, tópico y de red, así como la visualización de bases de datos a nivel individual, local y global. Puede leer formatos de WOS, Scopus, Bibtex, EndNote y CVS (Cobo et al., 2011).

3.2.6.8 VantagePoint. Es un software comercial especializado en minería de texto, para descubrir conocimiento y buscar resultados de patentes, bases de datos y textos estructurados. Permite al usuario descubrir patrones y relaciones de grandes volúmenes de texto. Además permite realizar análisis de mapeo de la ciencia. Puede importar archivos de formato Excel, Access y XML. Consta de una interfaz gráfica que tiene 3 partes: espacio de trabajo, vista del título y ventana detallada (Cobo et al., 2011).

3.2.6.9 VOSViewer. Herramienta de libre acceso diseñada para construir y visualizar mapas bibliométricos. Sin embargo, no permite extraer y construir cualquier clase de matriz de co-ocurrencia de datos bibliométricos, por lo cual para esto se emplea la técnica VOS mapping utilizada por el software, que construye un mapa bidimensional, donde los elementos son localizados de tal forma que la distancia entre cualquier par de artículos refleja su similitud con gran precisión (Cobo et al., 2011).

3.2.6.10 Histcite. Software utilizado para el análisis de citas, el cual usa los recuentos de citas para sus cálculos bibliométricos, y se puede utilizar para apoyar a los buscadores a identificar los trabajos más relevantes sobre un tema, además permite rastrear el desarrollo a lo largo de los años que hayan tenido estos. (Garfield, 2004).

3.2.6.11 Pajek. Es un programa para Windows, empleado para el análisis y visualización de grandes redes de datos que tienen unos diez o cientos de miles de vértices. El diseño de Pajek se basa en el desarrollo de estructura de datos gráficos, librerías de algoritmos, colección de programas de visualización, análisis de redes, y un lenguaje demarcado en la descripción de gráficos basado en SGML NetML (Glanzel, 2012).

3.2.6.12 MiniTab. Es un software estadístico el cual es utilizado con el propósito de tomar grandes muestras de información, para efectuar algún tratamiento encaminado en este caso a la evaluación cuantitativa y/o bibliométrica de un conjunto de datos, tal y como se presentó en el documento “Energy efficiency in buildings: analysis of scientific literature and identification of data analysis techniques from a bibliometric study” de los autores Cristino, Fania Nieto y Costa, donde se diseñó una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para ajustarla a la distribución estimada en la ley de Lotka (Cristino et al., 2017).

3.2.7 Análisis de conclusiones. El último nodo corresponde a la recopilación de las conclusiones de cada uno de los documentos. A partir del análisis de resultados, se observó que la cuantitativa y bibliométrica están enfocadas en el estudio cuantitativo de los aspectos del proceso de ciencia, es decir, abordan diversos pilares de la ciencia como la evaluación de autores,

publicaciones, patentes, instituciones, revistas, entre otros. Así mismo, estas técnicas, metodologías e indicadores muestran una perspectiva general de la investigación científica, permiten establecer patrones y modelos de comportamiento e interconectar clústeres de conocimiento. Igualmente, cabe destacar que cada uno de los métodos e indicadores presentados contiene ventajas y desventajas, tal y como se describió en la matriz de criterios, por lo cual no existe un método idóneo para efectuar el análisis, sino por el contrario es indispensable evaluar la ciencia a través de múltiples perspectivas para lograr obtener un panorama más preciso del objeto de investigación.

3.3 Identificación de la Demanda de la I+D (necesidades) en el sector estratégico de la yuca

En esta sección, se identificaron las necesidades de investigación y desarrollo en el sector estratégico de la yuca.

De esta forma, era necesario conocer las condiciones de cultivo para establecer las demandas del sector. Siendo así, se encontró que la yuca es considerado como uno de los alimentos primordiales para la seguridad alimentaria y energética en la dieta de millones de personas en el mundo (FAO, 2008). Este producto es cultivado en los trópicos y es muy resistente ante plagas y epidemias. Las condiciones necesarias para que este tipo de cultivo genere altos rendimientos son climas cálidos con temperaturas entre 20 y 30 °C, con una óptima de 24°C, y con precipitaciones anuales entre 600 y 3.000 mm, con una óptima de 1.500 mm (Aristizábal & Sánchez, 2007). En consecuencia, la yuca cultivada en climas tropicales-húmedos alcanza altos rendimientos de producción. Así mismo, la yuca precisa de unas condiciones óptimas de luminosidad de la cual dependerá su productividad, siendo particularmente alta al exponerse a fotoperiodos entre 10 a 12

horas. “La ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía” (Aristizábal & Sánchez, 2007). Para propiciar un buen desarrollo de las raíces tuberosas se requiere de suelos sueltos, profundos, bien drenados y con un PH ligeramente ácido, entre 6 y 7, evitando suelos con exceso de agua o desérticos (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 2016).

En la región del Santander-Magdalena Medio se presentan dos ecosistemas principalmente. Por un lado se encuentra el bosque seco tropical, en la franja norte, en ambos lados del río Magdalena con temperatura promedio de 24 °C. Por otra parte, se localiza el bosque húmedo tropical, que abarca aproximadamente el 80% de la región, con una temperatura media anual de 27.8 °C (Picón Paez & Ardila Garcia, 2013). Sin embargo, los suelos de esta región son frágiles, de topografía quebrada e inestables, lo cual dificulta la producción agrícola (Gobernación de Santander, 2016).

Por lo tanto, al contrastar las condiciones de desarrollo del cultivo de la yuca con el clima y la topografía que ofrece la región del Santander - Magdalena Medio se observa que el tubérculo puede germinar bajo estas condiciones. No obstante, se hace indispensable la adecuación de los suelos para producir altos rendimientos.

Además de precisar de condiciones climáticas adecuadas, el cultivo de la yuca también requiere de prácticas, métodos y tecnologías que hagan factible la óptima evolución de los diferentes eslabones de su cadena de valor. De tal forma, se estableció la Matriz de Análisis de la Cadena de Valor (ver Apéndice I), con el propósito de identificar los eslabones críticos que deberían ser abordados en el estudio de vigilancia tecnológica. Así mismo, esta matriz se construyó teniendo en cuenta las reuniones con expertos investigadores (ver Apéndices J, K y L).

Conforme a lo anteriormente descrito, se establecieron 3 factores críticos que determinan la rentabilidad del tubérculo en la región de Santander-Magdalena Medio. En primer lugar se encuentra la **selección de la semilla**, la cual es un elemento primordial que define la madurez, el grosor del tallo, el número de nudos, el tamaño del cangre o estaca⁴, la variedad, y, los daños mecánicos que presente a causa de su manipulación y su sanidad, es decir libre de patógenos (Aristizábal & Sánchez, 2007).

De acuerdo con el presidente de la Sociedad de Agricultores de Santander Hernán Hernández⁵ y los investigadores Julián Bran Calle⁶ y Rommel León⁷ de la institución Agrosavia, en la región se siguen empleando las mismas prácticas de obtención de semillas al cortar las estacas de otras plantaciones. No obstante, estas semillas no son certificadas ni cuentan con rendimientos garantizados y son susceptibles a transferencia de enfermedades entre cultivos, lo cual las hace vulnerables ante cambios climáticos, plagas o enfermedades (DANE, 2016). A causa de la necesidad de obtener semillas de calidad, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ha trabajado desde hace varios años en investigaciones para aumentar el rendimiento de la cassava (yuca) a través de la mejora genética continua, buscando así una mejor agronomía y control en el manejo de plagas y enfermedades. Este Centro Internacional conserva in vitro la colección de germoplasma⁸ de yuca más importante del mundo y fundamenta el mejoramiento de este tubérculo en herramientas de biotecnología para acelerar su desarrollo y solventar problemáticas cruciales (CIAT, 2016).

⁴ Estaca: Rama o palo verde sin raíces que se planta para que se haga árbol (Real Academia Española, 2001).

⁵ Teleconferencia 19 de Octubre de 2018

⁶ Teleconferencia 19 de Octubre de 2018

⁷ Teleconferencia 31 de Octubre de 2018

⁸ “Los bancos de germoplasma son lugares en donde las plantas (en forma de semillas o plántulas en tubos de ensayo) son catalogadas, conservadas para el largo plazo y puestas a disposición para distribución. Los bancos de germoplasma no son simplemente repositorios de la biodiversidad; ellos ayudan a los investigadores en la selección de materiales apropiados para el mejoramiento genético y la investigación. Además, proporcionan directamente semillas o material de siembra para los agricultores” (CIAT, 2016).

Por otra parte, el segundo factor hace referencia a la **preparación del suelo y la fertilización**. Se presenta como factor de interés debido a que una preparación apropiada del suelo garantiza una cama propicia para la semilla y, en consecuencia, altos niveles de brotación y producción, y un plan de fertilización adecuado permite aumentar la calidad del cultivo (Aristizábal & Sánchez, 2007). Así, los expertos coinciden en que no se realizan procesos de evaluación de nutrientes del suelo, estudios de pre-factibilidad y tampoco se implementan herramientas mecanizadas para el arado del terreno, lo cual se traduce en el incremento de los costos de producción. De igual forma, la fertilización varía según el tipo de suelo y los nutrientes que contenga, por lo cual se encuentra estrechamente relacionado con el estudio de suelos, ya que a partir de este es factible dimensionar qué clase de fertilizante es más conveniente (dado el suelo y el cultivo) (Aristizábal & Sánchez, 2007). Por lo tanto, como resultado de la carencia de análisis de suelos en la región, no es posible llevar a cabo una preparación del terreno y una fertilización adecuada, lo cual disminuye la calidad y el rendimiento de la plantación.

Finalmente, el tercer factor crítico está vinculado a las **tecnologías de siembra y cosecha**, dado que en Santander-Magdalena Medio se emplean métodos manuales para ejecutar estos procesos, sin contar con el apoyo de sistemas mecanizados. Según los investigadores entrevistados, estos métodos de siembra y cosecha utilizados en la región, no sólo incrementan el tiempo de sembrado y cosechado, también acarrear mayores costos de producción derivados del aumento de la mano de obra. Así, el uso de tecnologías en la labranza de la cassava permite que la semilla acceda a suelos más sueltos y profundos donde la raíz se puede desarrollar de una mejor forma. Igualmente, la aplicación de tecnologías de recolección no sólo facilita la extracción de la planta, también minimiza los desperdicios (Aristizábal & Sánchez, 2007).

En conclusión, se hace imprescindible abordar el estudio de los factores críticos de la cadena de valor de la yuca partiendo de la selección de la semilla, seguido de la preparación y fertilización del suelo y, finalizando con las tecnologías de siembra y cosecha, debido a que son elementos primordiales que permitirán incrementar la productividad en la región de Santander- Magdalena Medio. Así mismo, cabe destacar que de acuerdo a los hallazgos encontrados, estos factores son el primer paso para potencializar el cultivo e incrementar la rentabilidad. Sin embargo, es indispensable que en posteriores investigaciones se profundice en las técnicas de transformación del tubérculo, dado que se evidenció que en Colombia aproximadamente el quince por ciento de la yuca es utilizada en la industria (MinAgricultura, 2014). Este porcentaje se deriva de cantidades de producción insuficientes a nivel nacional que permitan abastecer las industrias, lo cual no hace posible que se masifique la fabricación de productos originados a partir de la yuca como los biocombustibles, la harina de yuca, el engomado de telas, satinado y revestimiento de papeles, entre otros (Aguilera, 2012). Por lo tanto, se observa que Colombia carece de industrias fuertes dedicadas a la explotación de este tubérculo. Con base en lo expuesto se encuentra que, al superar la barrera de la producción de cassava, se deberá indagar en la transformación de la misma.

3.4 Estado y tendencias científicas del sector estratégico de la yuca

Con base en los factores críticos identificados anteriormente en la cadena productiva de la yuca, se procedió a estructurar y prototipar las ecuaciones de búsqueda para el estado y tendencias científicas. En consecuencia, se realizaron 3 ecuaciones de búsqueda, de este modo se procedió en primera instancia con la búsqueda de las palabras claves asociadas a cada uno de los temas en la literatura gris, las cuales se presentan en la tabla 4, seguidamente se procedió a elegir la base de

datos donde se estructuraron las ecuaciones de búsqueda, para lo cual se eligió la base de datos Scopus ya que es la mayor base de citas y resúmenes de literatura revisada por pares (Elsevier, 2019).

Tabla 4.

Palabras claves de las tendencias científicas de la yuca - Con base en los factores críticos identificados para la vigilancia tecnológica.

Español	Inglés	Términos Relacionados
Yuca	Cassava	Manihot esculenta
		Manihot esculenta crantz
		Cassava
		Mandioca
		Yucca
Semilla	Seed	Stem
		Stalk
		Bud
		Gen
		Germplasm
		Pollination
		Nucleotide
		Plant breeding
		Breeding
Preparación del suelo	Soil preparation	Ground preparation
		Field preparation
		Land preparation
		Plow
Fertilización	Fertilization	Fertilizer
		Compost
		Plow

Español	Inglés	Términos Relacionados
		Soil nutrients Weed control Irrigation
Tecnologías de siembra	Planting Technologies	Manihot esculenta production Mandioca production Cassava planter Manihot esculenta planter Sowing Sowing machine Planting techniques
Tecnologías de cosecha	Harvest Technologies	Manihot esculenta harvester Cassava harvester Manihot esculenta production Cassava production

De acuerdo a las palabras claves identificadas anteriormente se generaron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

- Para el factor crítico de **Semilla**: TITLE (("manihot esculenta" OR "yuca" OR "mandioca" OR "cassava") AND ("gen*" OR "seed" OR "bud" OR "stem") AND NOT ("residu*" OR "from cassava" OR "from manihot esculenta")) .
- Para el factor crítico de **Preparación del suelo y fertilización**: TITLE ("manihot esculenta" OR "cassava" OR "mandioca" OR "yuca") AND TITLE-ABS (("soil preparation" OR "ground preparation" OR "field preparation" OR "land preparation" OR "fertiliz*" OR "compost" OR "plow" OR "soil nutrients" OR "weed control" OR "tillage" OR "irrigat*" OR "stalk breaking") AND NOT ("fuel*" OR "ethanol*" OR "biofuel*" OR "disease*" OR "*virus*" OR "waste*" OR "residue*" OR "dreg*"))).

- Para el factor crítico de **Tecnologías de siembra y cosecha**: TITLE-ABS (("manihot esculenta harvest*" OR "mandioca harvest*" OR "cassava harvest*" OR "yuca harvest*" OR "cassava planter") OR (("manihot esculenta production" OR "cassava production" OR "yuca production" OR "mandioca production") AND ("tech*")) AND NOT ("residu*" OR "disease" OR "waste" OR "gen*" OR "fuel*" OR "pest*" OR "processing")).

Posteriormente se aplicó un filtro de exclusión por años para las 3 ecuaciones, tomando así los documentos entre el año 2000 y 2018, lo cual generó los siguientes resultados: la ecuación enfocada en la semilla y el material de siembra obtuvo 598 resultados, la ecuación de preparación del suelo y fertilización obtuvo 238 documentos y la ecuación de tecnologías de siembra y cosecha generó un total de 47 documentos. Los resultados de estas ecuaciones posteriormente fueron estudiados y analizados en profundidad en el software Vantage Point y sus resultados se presentan en los siguientes numerales.

3.4.1 Dinámica global de publicaciones científicas A continuación, en la figura 14 se muestra la dinámica global de publicaciones enfocada en los 3 factores críticos identificados para la vigilancia tecnológica. Así, se destaca que el estado de la ciencia asociado a los mismos, entre los años 2000 y 2006 estuvo ciertamente dominado por aquellas publicaciones relacionadas con la selección de material de siembra y la preparación del suelo y fertilización, y es a partir del año 2007 en adelante hasta el año 2018 donde se registra un aumento sostenido y relevante en el número de publicaciones realizadas, que se debe principalmente al incremento de publicaciones vinculadas con la selección de la semilla, seguido por la preparación del suelo y fertilización, en tanto que el eje temático de las tecnologías de siembra y cosecha durante todos los años registró

una baja cantidad de publicaciones, identificándose así su punto máximo en el año 2014 con 8 publicaciones, por su parte se destacan los múltiples estudios focalizados en el tema de selección de semilla de yuca, que en el año 2007 alcanzó a registrar el doble de producción científica frente al año anterior y, en el año 2017 logró su mayor número de publicaciones con un total de 67 artículos.

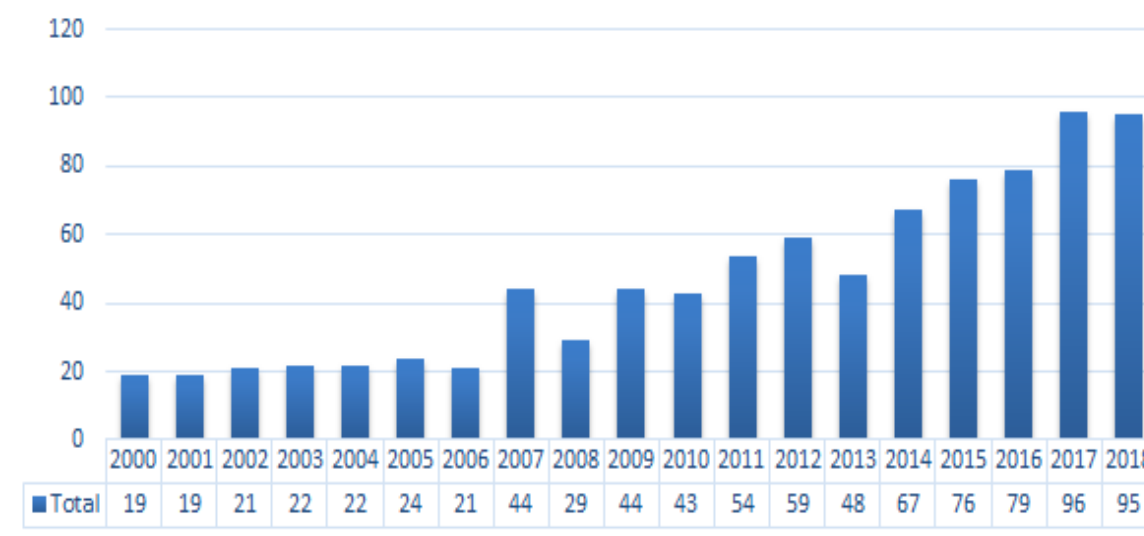


Figura 14. Dinámica global de publicaciones científicas. Nota. Tomado y adaptado de Base de datos Scopus, 2018.

3.4.2 Actores sobresalientes En esta sección se aborda el análisis de los actores destacados (países, instituciones y autores) para cada una de las búsquedas de los 3 eslabones (factores críticos de vigilancia tecnológica) que han sido priorizados en este trabajo.

3.4.2.1 Países líderes en investigación básica Los países más sobresalientes en cuanto a producción científica relacionada con los 3 ejes temáticos priorizados en el presente proyecto se relacionan en la figura 15, donde se clasifican los países por colores de acuerdo al área de estudio

Para el área de selección de semilla se encuentra que el país líder en investigación es Estados Unidos con un total de 113 publicaciones, seguido de Nigeria, Brasil, Colombia y China con 104, 98, 89 y 83 publicaciones respectivamente, en el área de preparación del suelo y fertilización los países líderes en publicaciones son Brasil con 51 publicaciones seguido de Nigeria con 46, Tailandia con 33, e India con 20 publicaciones, finalmente para el área temática de las tecnologías de siembra y cosecha los países líderes son China, Nigeria y Tailandia con 12, 9 y 8 publicaciones cada uno.

De acuerdo a cada uno de los ejes temáticos evaluados se concluye que a nivel global los países más destacados en las 3 áreas de investigación mencionadas anteriormente son Nigeria, Colombia, Brasil, China y Tailandia enfocados principalmente en investigaciones relacionadas hacia la selección de semilla y el fitomejoramiento genético, lo cual guarda relación con los índices de producción de yuca a nivel mundial, ya que Nigeria es el principal productor de yuca junto con China (CIAT, 2016a).

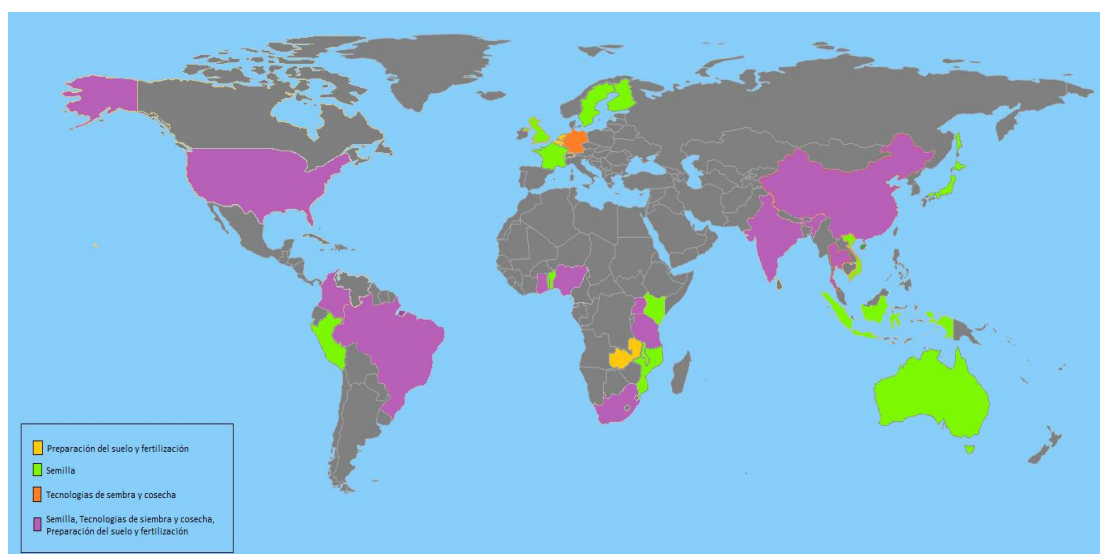


Figura 15. Distribución de publicaciones científicas por país. Nota. Tomado y adaptado de base de datos Scopus, 2018. Elaborado en Vantage Point.

3.4.2.2 Investigadores líderes (autores) Para los autores más destacados dentro de las 3 áreas priorizadas en la investigación se realizó una discriminación de acuerdo a los temas en los que se especializan cada uno de ellos, de acuerdo con esto se realizaron diferentes clústeres de correlación, con el fin de encontrar las diferentes redes colaborativas entre autores. A continuación se describen cada una de las redes encontradas de acuerdo a sus temas centrales.

- Factor crítico 1 - **Semilla:**

En la figura 16 se puede observar el clúster de correlación entre autores focalizados en el tema de investigación de selección de semilla y fitomejoramiento, las líneas representan la relación entre los autores y las invenciones, y los puntos amarillos representan el número de invenciones, así, los autores más prolíficos son Dixon A.G.O, Wang W, Feregene M y Peng M, focalizándose principalmente en temas como el mejoramiento genético hacia la resistencia de enfermedades y el estrés abiótico. Se observa que la producción científica de Dixon suele ser en colaboraciones con otros autores, y las producciones siempre suelen ser en parejas o grupos de investigadores, mientras que Feregene tiene una amplia área de producciones tanto individuales como grupales, de igual manera se analiza que existe una fuerte relación de colaboración entre los diferentes autores hacia el buen desarrollo del eje temático.

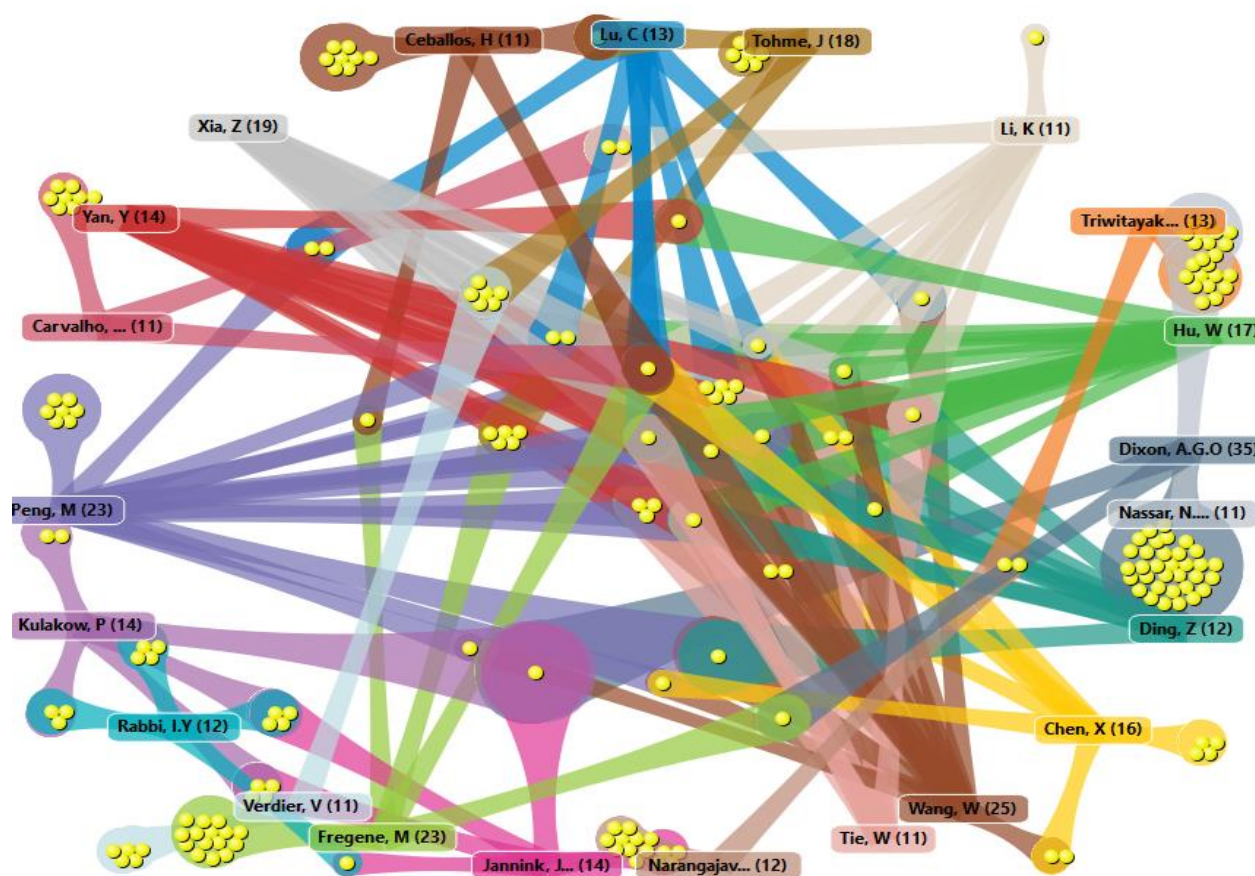


Figura 16. Red de coautores del factor crítico de semilla para el estado de la ciencia. Nota. Tomado y adaptado de base de datos Scopus, 2018. Elaborado en Vantage Point.

- Factor crítico 2 - **Preparación del suelo y fertilización:**

Para la preparación del suelo y la fertilización se observa en la figura 17 que los autores más prolíficos son Byju G con 9 publicaciones, Giller K con 6 publicaciones, Ferreira E, Hauser S y Sedyama T con 5 publicaciones cada uno, adicionalmente se observan 3 redes importantes de colaboración donde se vinculan estos principales autores. La primera red vincula a 10 autores y posee 22 publicaciones las cuales se enfocan en el aumento de los contenidos de almidón de los cultivos de yuca, la segunda red posee 5 autores y 11 publicaciones, priorizando temas como la preparación del suelo, su contenido de nutrientes y el control de las malezas, y la tercera red tiene

6 autores y 10 publicaciones, y se enfoca principalmente en el contenido de nutrientes del suelo y su utilización con el nitrógeno de manera eficiente para aumentar el rendimiento de las raíces.

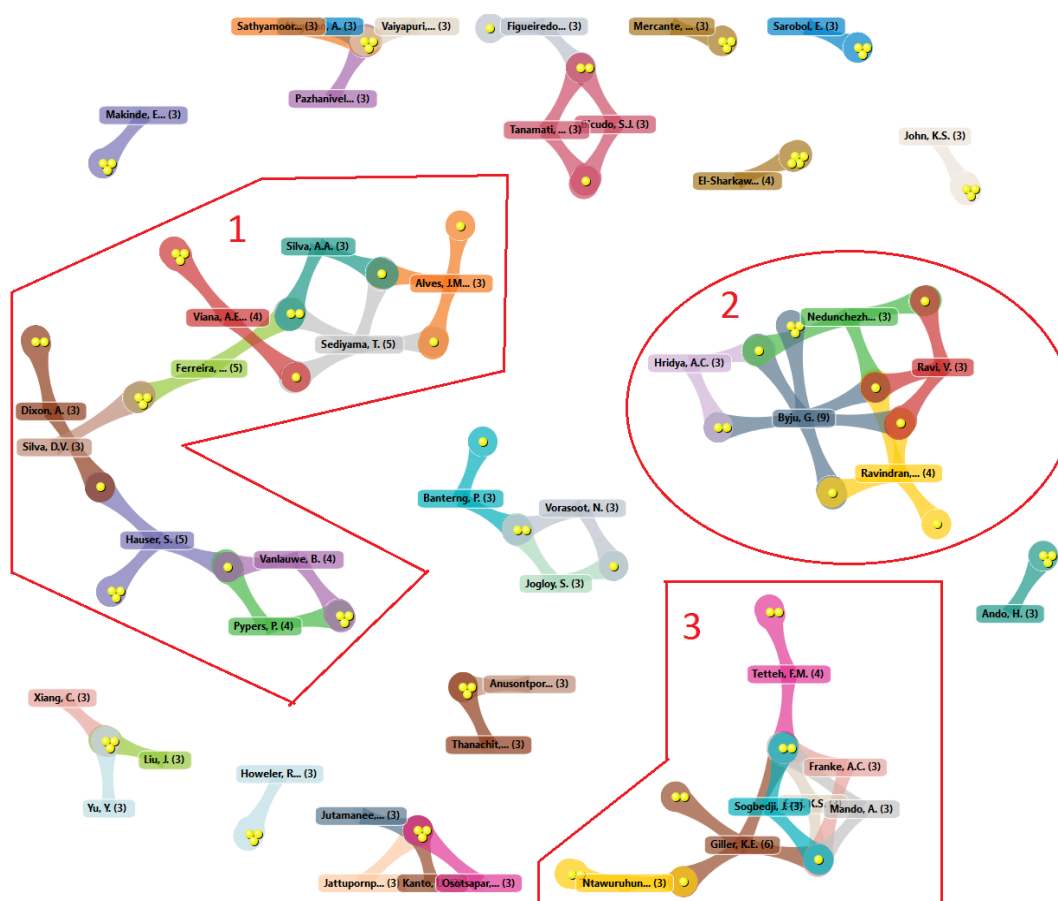


Figura 17. Red de coautores del factor crítico de preparación de suelo y fertilización para el estado de la ciencia Nota. Tomado y adaptado de base de datos Scopus, 2018. Elaborado en Vantage Point.

- **Factor crítico 3 - Tecnologías de siembra y cosecha:**

Los inventores más sobresalientes relacionados con las tecnologías de siembra y cosecha se encuentran en menor medida que en los otros dos ejes temáticos (haciendo uso de la ecuación estructurada), sin embargo los mayores productores de publicaciones resultantes de la búsqueda

son: Yang J, Liao Y, Liu S y Sun Y. De igual manera se puede observar en la figura 18 que se destacan dos clústeres principales en la relación de escritores, el primer clúster cuenta con 3 autores y 2 publicaciones donde el eje temático son las tecnologías de irrigación, y el segundo clúster lo componen 10 autores y 11 publicaciones, donde su principal eje temático son las máquinas y herramientas excavadoras y arrancadoras, y también se encuentra la simulación numérica de extracción de tubérculos para evaluar la eficiencia de las máquinas cosechadoras, y por último las propiedades mecánicas de la yuca.

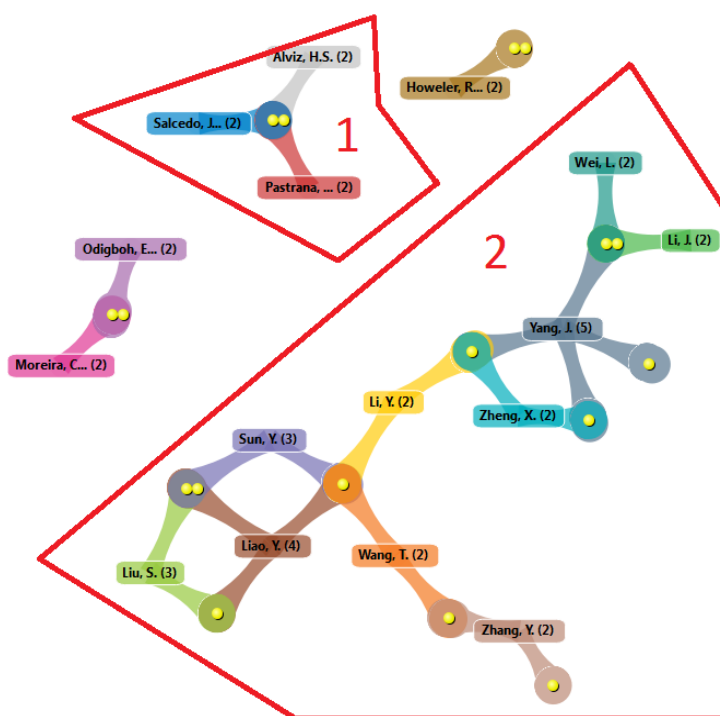


Figura 18. Red de coautores del factor crítico de tecnologías de siembra y cosecha para el estado de la ciencia. Nota. Tomado y adaptado de base de datos Scopus, 2018. Elaborado en Vantage Point.

3.4.2.3 Instituciones líderes (Entidades) Para llevar a cabo el análisis en cuanto a las instituciones líderes en publicaciones, se realizó un diagrama de la producción científica de cada una de las instituciones a lo largo de los años (ver apéndice M), para así estudiar su comportamiento y aporte a la ciencia en los temas de selección de semilla, preparación del suelo, y tecnologías de siembra y cosecha. Posteriormente se compararon estos gráficos entre sí, para establecer el comportamiento y verificar las relaciones de publicaciones entre un tema y otro, y sus producciones científicas en cada uno de los diferentes años. Este diagrama se presenta en la figura 19, la cual se describe a continuación.

- Factor crítico 1 - **Semilla:**

En cuanto a las instituciones más destacadas en el tema de la selección de semilla o material de siembra se destaca en primer lugar con 78 publicaciones el Instituto Internacional de Agricultura Tropical, el cual ha tenido un factor constante de publicaciones a lo largo de los años seleccionados en el presente estudio, seguidamente se ubica el Centro Internacional de Agricultura Tropical con 63 publicaciones, el cual enfoca sus estudios en temas de modificaciones genéticas relacionadas con las semillas de yuca a fin de aumentar sus rendimientos y la resistencia en condiciones de estrés abiótico, en tercer lugar se posiciona el Instituto de Biociencia y Biotecnología Tropical, el cual a pesar de realizar publicaciones desde hace un corto periodo de tiempo, se ha convertido en una institución referente en el campo de estudio de la selección de semillas y el fitomejoramiento con 58 publicaciones producidas a partir del año 2010, le siguen en cuarta, quinta y sexta posición el Instituto de Biociencia Molecular, el Centro de Ciencias Vegetales de Donald Danforth y el Departamento de Agronomía de la Universidad de Ibadan, con 22, 21 y 20 publicaciones respectivamente.

- **Factor crítico 2 - Preparación del suelo y fertilización:**

Para la preparación del suelo y fertilización, se observa que las principales instituciones líderes realizaron la mayoría de sus publicaciones durante los últimos 10 años, siendo así el Departamento de Ciencias del Suelo de la facultad de agricultura de Kamphaeng ocupa la primera posición con 18 publicaciones, y le sigue a su vez el Instituto de Investigación de Cultivos de Tubérculos Centrales de Sreekariyam con 16 publicaciones (teniendo un flujo de producción literaria decreciente entre los años 2017 y 2018), en tercer y cuarto lugar con una producción científica discontinua se encuentran el Instituto de Investigación de Cultivos - CSIR, y el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Federal de Vicosa con 10 publicaciones cada uno.

- **Factor crítico 3 - Tecnologías de siembra y cosecha:**

En cuanto a las tecnologías de siembra y cosecha se destacaron 2 instituciones, la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Guangxi con 6 publicaciones, y la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Hainan con 5 publicaciones, así mismo cabe destacar que también se encuentra el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con 2 publicaciones cada uno.

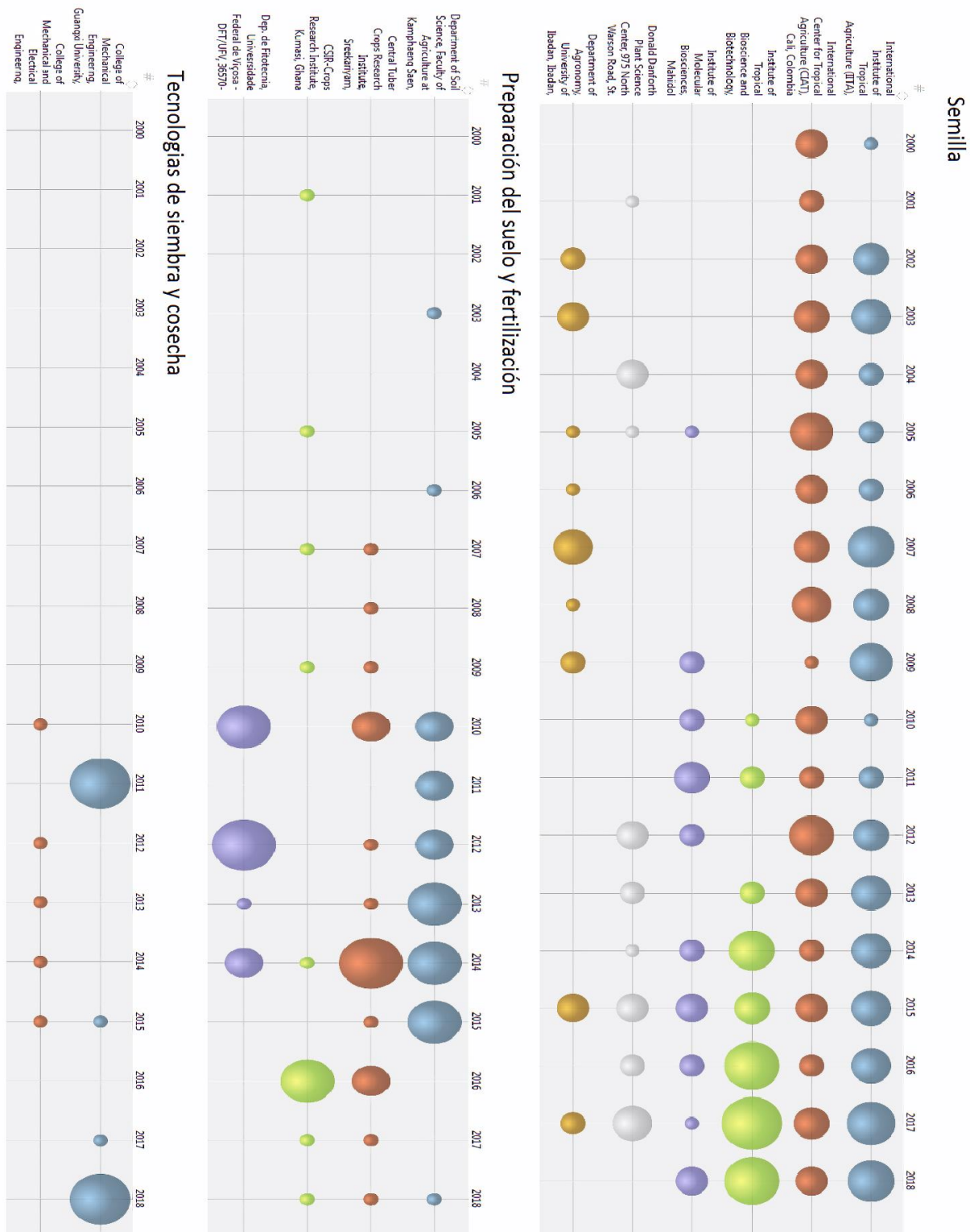


Figura 19. Diagrama de burbujas de instituciones para el estado de la ciencia. Nota. Tomado y adaptado de base de datos Scopus, 2018. Elaborado en Vantage Point.

3.4.3 Panorama del conocimiento científico del sector estratégico de la yuca (temas más recurrentes) A continuación, se muestra el panorama de conocimiento científico en el que se abordan las temáticas más relevantes en los estudios encontrados en Scopus, y abren paso a la construcción del estado de la ciencia para los factores críticos objeto de estudio en el presente documento. De igual forma, se describen algunos proyectos y estudios provenientes de otras fuentes de información, relacionados con otros trabajos de investigación que soportan y profundizan los hallazgos encontrados en la base de datos.

Factor crítico 1 - Semilla:

En la matriz de keywords del factor crítico de semilla para el estado de la ciencia (ver apéndice N) se evidencia la relación de palabras clave más utilizadas por los diferentes autores, lo cual expone las temáticas sobresalientes que son abordadas en las investigaciones de semilla. Siendo así, se observa la aplicación de estudios en 5 áreas principales. Primeramente, se encuentra la rama de genética, la cual comprende transformación, diversidad y mejoramiento del material de siembra a través de su modificación genómica, con el propósito de obtener distintas características fenotípicas (Ou et al., 2018). En segunda instancia, se destaca el campo de enfermedades, el cual incluye la investigación de virus patógenos y plagas (tales como la enfermedad del mosaico, geminivirus, mosca blanca, mancha marrón, entre otros) enfocados en la búsqueda de mecanismos para inducir la resistencia a dichas afecciones. En tercer lugar, está el área del almidón de yuca, la cual se relaciona con el valor nutricional y la calidad del cultivo, dirigida a incrementar el contenido de nutrientes y variar el contenido de polisacáridos como la amilosa y amilopectina para su uso en la alimentación e industria. Seguidamente, sobresale el tema de rendimiento, que se encuentra encaminado a aumentar la productividad de los cultivos, mediante la aplicación de métodos, prácticas y material de siembra eficiente. Por último, se distingue el campo del estrés

abiótico, orientado a superar las limitaciones ambientales como el estrés a la sequía, las variaciones de temperatura, las condiciones del suelo, la humedad, entre otros.

Complementando lo anterior, se destacan algunos proyectos publicados en el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), los cuales se están llevando a cabo actualmente. Tal es el caso del proyecto “Identificación y desarrollo de genotipos de almidón céreo de yuca”, cuyo objetivo es desarrollar e identificar genotipos de yuca con raíces que producen almidón libre de amilosa y se adaptan a las condiciones ambientales de la costa norte de Colombia (CIAT, 2013).

Así mismo, se destaca el desarrollo de una aplicación móvil que utiliza inteligencia artificial para diagnosticar enfermedades de cultivos de yuca, empleando imágenes capturadas en un teléfono inteligente, con el fin de brindar apoyo a los agricultores en la identificación y manejo de enfermedades, reduciendo el porcentaje de pérdidas (CGIAR, 2017).

Por otra parte, sobresale la implementación de una caja de 14 herramientas para comprender y mejorar los sistemas de semillas de raíces, tubérculos y bananos. Esta caja, se está validando a través de 14 proyectos en Asia, África y América del Sur y, permite a los investigadores relacionarse con los sistemas de semillas de cultivos, venciendo las barreras socio-económicas y de mercado. Igualmente, hace factible la identificación de las partes interesadas, funciones y cuellos de botella en los sistemas de semillas propagadas por parte de los diseñadores de nuevos proyectos de material de siembra (CGIAR, 2017).

Ahora bien, un estudio publicado en 2017 por el el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) mostró un caso de éxito en Nigeria en la adopción de variedades de semilla de yuca mejorada. Dicho estudio se desarrolló a través de la toma de “huellas dactilares de ADN”⁹ de las hojas de yuca. Así, las variedades mejoradas se asocian con una ganancia de productividad del

⁹ Las huellas dactilares de ADN, también llamadas huellas genéticas, son un método de aislamiento e identificación de elementos variables dentro de la secuencia de pares de bases de ADN (Alemañ, 2015).

82% en los campos de los agricultores, por lo que la adopción ha llevado a una reducción de la pobreza significativamente (CGIAR, 2017).

- **Factor crítico 2 - Preparación del suelo y fertilización:**

Para abordar el análisis de la dinámica de publicaciones científicas de la preparación del suelo y fertilización, se presenta la matriz de keywords del factor crítico de preparación del suelo y fertilización para el estado de la ciencia (ver apéndice O), donde se exponen las diferentes temáticas de enfoque, y se evidencian 6 ejes conceptuales principales.

En primer lugar, se encuentra el tema de rendimiento, el cual depende en gran medida del sustrato nutricional del suelo y los fertilizantes que sean empleados, ya que confiere al cultivo los nutrientes necesarios para elevar su productividad. En segunda instancia, se destaca el campo de los fertilizantes, en el cual se ejecutan estudios encaminados a la preparación de fertilizantes y su utilización dependiendo del tipo de suelo y material de siembra, así como sus efectos en el crecimiento y evolución en la plantación de cassava. En tercer lugar, predomina el área de irrigación, donde se abordan investigaciones para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de yuca y se establecen herramientas, dispositivos y sistemas de riego. Consecutivamente, está el campo de intercultivo, donde se expone el manejo de suelos y fertilizantes, así como los beneficios de las plantaciones intercaladas (tales como yuca-leguminosas, yuca-maní, yuca-maíz, entre otros) en el incremento de la productividad, la reducción de plagas y enfermedades, y el aporte de nutrientes al terreno. Luego, se halla la temática de labranza, en la cual se detallan prácticas, métodos y sistemas de preparación del suelo y se describen sus efectos en los rendimientos de mandioca. Por último, se destaca el análisis preliminar de suelos, el cual es imprescindible para seleccionar el fertilizante y la semilla adecuada. Además, permite hacer una predicción de los rendimientos, control de malezas y evaluar su viabilidad económica.

- Factor crítico 3 - **Tecnologías de siembra y cosecha:**

En la matriz de keywords del factor crítico de tecnologías de siembra y cosecha para el estado de la ciencia (ver apéndice P), se visualizan las palabras claves, las cuales muestran un panorama de las tendencias científicas que se están abordando en el área de tecnologías de siembra y cosecha. En consecuencia, se observan 2 ejes temáticos principales. En primera instancia, se encuentran las cosechadoras, las cuales incluyen diseños estructurales de optimización, mecanismos de excavación-tracción, herramientas biónicas y dispositivos de levantamiento, con el propósito de incrementar la eficiencia en el proceso de cosecha, disminuir los tiempos y minimizar la mano de obra, lo cual se traduce en reducción de costos de operación. En segundo lugar, se destacan los sistemas de innovación agrícola, donde se incluye la influencia de la adopción de tecnologías en el rendimiento del cultivo y el desarrollo de sistemas de producción sostenibles.

En concordancia con las investigaciones de los 3 factores críticos (semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha) de la cadena de valor de la yuca, mencionados anteriormente, cabe destacar los proyectos de desarrollo de software vinculados con herramientas de apoyo a las decisiones agronómicas. Tal es el caso de la Iniciativa de Agronomía para la Yuca en África (ACAI), un proyecto administrado por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en asociación con diversas entidades para apoyar a los productores de yuca y agentes de extensión en Nigeria y Tanzania en la toma de decisiones agronómicas de acuerdo a las condiciones locales. Siendo así, el agricultor ingresa los datos para el cultivo de la cassava como el área de campo, variedad de yuca, fecha de siembra, costos de fertilizantes y mano de obra, precio de cosecha esperado y fecha de cosecha. De esta forma, los software de apoyo generan recomendaciones para: la densidad de siembra de yuca y labranza, los cultivos intercalados de yuca con maíz o camote, las intervenciones agronómicas para aumentar el

contenido de almidón de las raíces de yuca, la siembra y cosecha programadas para el suministro a la industria de procesamiento, las mejores mezclas de fertilizantes NPK (nitrógeno-fósforo-potasio), y la aplicación de fertilizantes dependiendo del sitio específico (CGIAR, 2017). Por otro lado se encuentra el proyecto de mejora del modelo de yuca (CMIT), el cual busca potenciar el modelo de simulación de yuca existente dentro del Sistema de Apoyo a la Decisión para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT), quienes para ejecutar las simulaciones correspondientes, han realizado actividades de campo en Vietnam y en Colombia, y se lanzaron dos versiones de dicha herramienta en 2017: la primera dirigida a incluir los componentes de estrés hídrico y la segunda los componentes de estrés nutricional (Ramirez, 2016).

3.5 Estado y tendencias tecnológicas del sector estratégico de la yuca

Ahora bien, en esta sección se presentará información relacionada con el estudio del estado y las tendencias tecnológicas del sector estratégico de la yuca. Así, a partir de los eslabones priorizados (factores críticos de vigilancia tecnológica: semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha) se procedió a establecer el estado de la técnica, para lo cual se realizó la estructuración y el prototipado de 3 ecuaciones de búsqueda que suministraron el material de patentes más significativo para el estudio de vigilancia tecnológica, con base en las palabras claves identificadas en el estado de la ciencia previo, junto a palabras claves encontradas en la literatura gris enfocadas en la técnica, se identificaron las palabras claves que contribuirían en las 3 áreas de investigación, en la tabla 5 se relacionan las palabras identificadas. Posteriormente se formularon las ecuaciones de búsqueda, las cuales fueron ejecutadas en el software Matheo Patent, y se establecieron los criterios de exclusión. Es así como: (i) se acotó la información a

patentes publicadas a partir del año 2000 hasta el año 2018, (ii) se escogieron las patentes de la base de datos Espacenet, ya que posee documentos de más de 100 países alrededor del mundo, lo que la convierte en una de las bases de datos de información técnica más grande (European Patent Office, 2018), (iii) consecutivamente, para cada uno de los resultados obtenidos de cada ecuación se procedió a realizar una revisión de los abstracts de las patentes, con el propósito de eliminar el factor de duplicidad y excluir aquellos documentos que no aportaban valor para su posterior análisis en el software Matheo Analyzer.

Tabla 5.

Palabras claves de las tendencias técnicas de la yuca

Español	Inglés	Términos Relacionados
Semilla	Seed	Pollination Gen Germplasm Virus Biotechnology Enhanced expression Nucleotide Resistance
Preparación del suelo y fertilización	Soil preparation and fertilization	Ground preparation Field preparation Land preparation Fertilization Fertilizer Irrigation Compost Plow

Español	Inglés	Términos Relacionados
		Soil nutrients
		Weed control
		Tillage
Tecnologías de siembra y cosecha	Seeding and harvesting technologies	Method
		Methodology
		Machine
		Device
		Tool
		Machinery
		Technique
		Technology
		Crop
		Yield
		Harvesting
		Planting

En concordancia con lo anteriormente descrito, se estableció la siguiente ecuación correspondiente al **factor crítico de la semilla**, ("cassava" OR "manihot esculenta" OR "mandioca" OR "yuca") AND ((gen*) OR "pollination" OR "germplasm" OR (*virus*) OR "biotechnology" OR "enhanced expression" OR (nucleotide*) OR "resistence") AND NOT ((*worm*) OR (residue*) OR (waste*) OR (dreg*) OR "parts of cassava" OR (feed*)). Como resultado, en Matheo Patent se obtuvo un total de 157 patentes y 38 familias, y luego de aplicar los filtros de exclusión se generaron 145 patentes y 28 familias.

Para el segundo factor crítico de vigilancia, **Preparación del suelo y fertilización**, se estableció la siguiente ecuación de búsqueda: ("soil preparation" OR "ground preparation" OR "field preparation" OR "land preparation" OR "fertilization" OR "fertilizer" OR "irrigation" OR

"compost"OR "plow" OR "soil nutrients" OR "weed control" OR "tillage") AND ("cassava" OR "manihot esculenta" OR "mandioca") AND NOT ("cassava residues" OR "cassava dregs" OR "feed" OR "parts of cassava"), la cual al ser corrida en el software Matheo Patent generó un total de 110 patentes con 97 familias, consecutivamente, aplicando los criterios de exclusión definidos previamente se encontraron 74 patentes y 66 familias para proceder a su análisis.

Para el tercer factor crítico de vigilancia, sobre **Tecnologías de siembra y cosecha**, se generó la siguiente ecuación: ("manihot esculenta" OR "mandioca" OR "cassava" OR "yuca") AND ("method" OR "methodology" OR "machine" OR "device" OR "tool" OR "machinery"OR "technique" OR "technology") OR ("pulling" OR "crop" OR "yield" OR "harvesting"OR "harvest" OR "cropping" OR "planting") AND NOT ("residue" OR "waste" OR "interplanting" OR "mixed"), la cual al ser ejecutada en el software Matheo Patent, obtuvo un total de 245 patentes y 144 familias. Posteriormente se aplicaron los criterios de exclusión definidos encontrándose así 130 patentes y 110 familias.

A continuación, se realizó el análisis del estado de la técnica para las patentes recolectadas de las ecuaciones generadas haciendo uso del software Matheo Analyzer y de la herramienta ofimática Microsoft Excel.

Finalmente, se realizó la lectura de los abstracts de cada una de las patentes seleccionadas y se escogieron aquellas invenciones más representativas para construir la matriz de criterios (ver Apéndices Q, R y S), y así generar el panorama de conocimiento técnico expuesto en la sección 3.5.4.

3.5.1 Dinámica global de patentes En la figura 20 se muestra la dinámica mundial de patentes referentes a los factores críticos de vigilancia identificados en la cadena productiva de la yuca,

donde se evidencia un total de 204 patentes entre los años 2000 y 2018, observándose que entre los años 2000 y 2012 la producción tecnológica es baja en los factores críticos identificados. No obstante, se evidencia el incremento de aproximadamente el 150% de patentes registradas entre los años 2012 y 2013, en temas de tecnología de siembra y cosecha, y preparación del suelo y fertilizantes, encontrándose que a partir del año 2015 se empiezan a registrar valores significativos de patentes en torno a la selección de semilla que en los siguientes años continuarían aumentando. Es apreciable denotar, como a lo largo de los años la investigación y las patentes en torno a la cadena productiva de la yuca han ido aumentando, y principalmente en los ejes temáticos abordados, destacándose así las tecnologías de siembra y cosecha como el tema principal de patentabilidad.

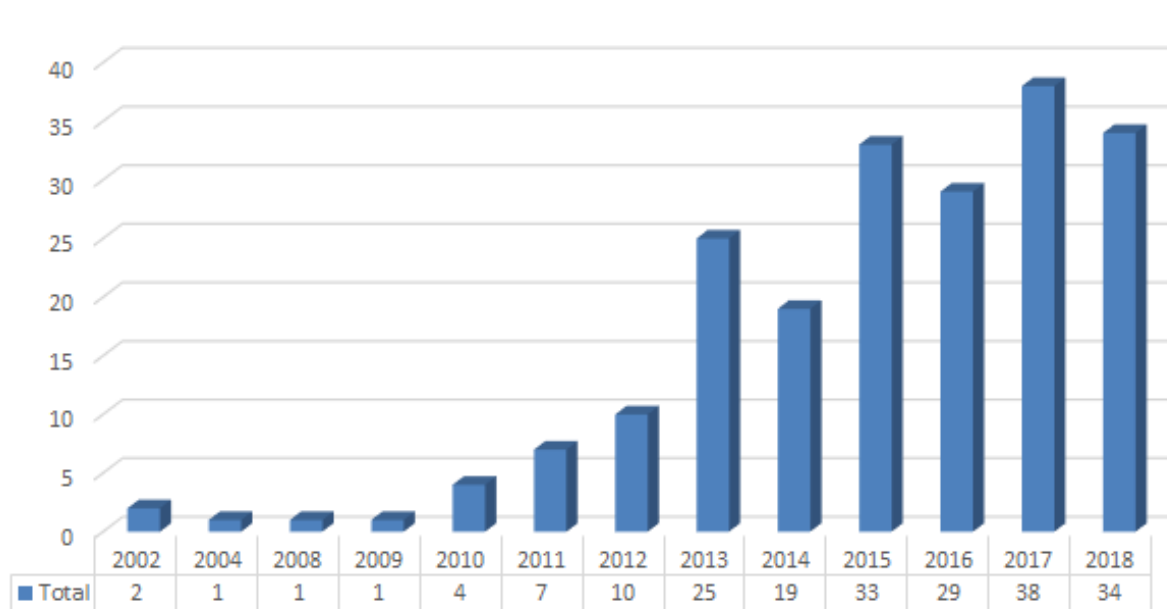


Figura 20. Dinámica global de publicaciones tecnológicas. Nota. Tomado y adaptado de Matheo Patent, 2018.

3.5.2 Dinámica de patentes por temática De acuerdo a los trece ejes temáticos del portal siembra, se encontraron cuatro temáticas relacionadas con los tres factores críticos evaluados para efectuar la clasificación de las patentes, las cuales son:

- a. Manejo de cosecha, poscosecha y transformación:
- b. Manejo de suelos y aguas
- c. Manejo del sistema productivo
- d. Material de siembra y mejoramiento genético

En la figura 21 se observa el comportamiento de cada uno de los ejes temáticos encontrados a lo largo de los años para todas las patentes halladas.

La dinámica de patentes por área temática presenta como principal tema el ***Manejo del sistema productivo***, registrando un comportamiento creciente entre los años 2010 y 2015, donde en ese último año se registró su punto más alto con 16 patentes publicadas, seguidamente se encuentran en paridad de patentes las áreas de ***Manejo de cosecha, poscosecha y transformación***; y el ***Manejo de suelos y aguas***, en donde la primera empezó a ser referente a partir del año 2012 y de ahí en adelante, y la segunda ha registrado una constante creciente de patentes, sobrepasando así en el año 2018 a las demás áreas temáticas, sin embargo el área de ***Material de siembra y mejoramiento genético*** ha mostrado una de las dinámicas más bajas registradas entre todas las áreas, esto se debe fundamentalmente a la poca patentabilidad de semillas genéticamente modificadas y trabajos vinculados hacia el mejoramiento genético, pues la mayoría de esas investigaciones como se evidenció en el presente trabajo se quedan en publicaciones científicas y no se patentan.

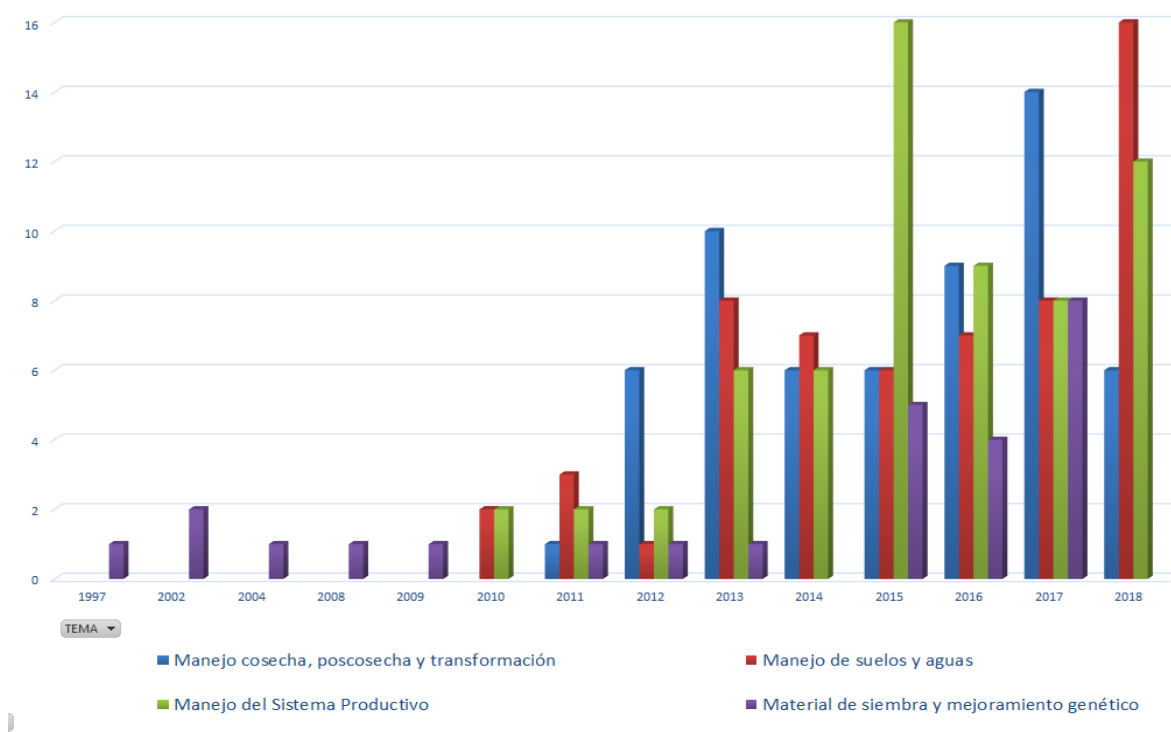


Figura 21. Comportamiento de los ejes temáticos.

A continuación, se hace una descripción cualitativa de cada una de las áreas temáticas halladas para los factores críticos identificados.

- *Manejo del sistema productivo*

En esta área temática se abordan patentes relacionadas con los factores críticos, las cuales incluyen métodos y metodologías de siembra de cultivos de yuca, que se caracterizan por abordar métodos integrales de cultivo desde la selección de la semilla, la preparación del suelo y la siembra de las semillas preseleccionadas. También, contiene las invenciones vinculadas a los métodos de propagación, mediante el control de florecimiento, y los cultivos mixtos de yuca con otra serie de productos agrícolas, entre los más destacados se encuentran el maíz, la soya, el jengibre y cacahuets. Igualmente, se relacionan las

patentes de máquinas sembradoras de tallos de yuca que agilizan el proceso, aumentan los rendimientos y disminuyen los costos por mano de obra.

- *Material de siembra y mejoramiento genético*

En el tema de material de siembra y mejoramiento genético, se vinculan aquellas patentes relacionadas con el factor crítico de semilla, donde se busca que la selección de material para siembra aumente la resistencia de los materiales frente a plagas y enfermedades, así como los rendimientos de cultivos en terrenos áridos y con pocos nutrientes para aprovechar al máximo la disponibilidad de los suelos. También están las invenciones que proponen una simbiosis entre hongos micorrízicos, los cuales proveen a las plantas de nutrientes más fácilmente y estos a su vez aprovechan los microorganismos que atacan a las plantas. De esta manera, la planta de yuca aumenta sus condiciones de tolerancia ante ambientes de estrés abiótico en el suelo.

- *Manejo de suelos y aguas*

Esta es un área relacionada con el factor crítico de preparación de suelo y fertilizantes, que aborda métodos e invenciones de máquinas de preparación de suelos desde el arado hasta la siembra, y todas las invenciones en cuanto a materiales fertilizantes adecuados para terrenos incipientes en nutrientes y secos, que se orientan al aumento de la productividad y los rendimientos de los cultivos de yuca, y a su vez a la disminución la aparición malezas y enfermedades que afecten la integridad de los cultivos.

- *Manejo de cosecha, poscosecha y transformación*

Esta área temática se relaciona con el factor crítico de tecnologías de siembra y cosecha, donde se exponen las patentes de maquinarias agrícolas como cosechadoras, arrancadoras de yuca y, máquinas utilizadas para la transformación de tubérculos, en estas últimas se

destacan las trituradoras y demás extractoras de almidón de yuca, dentro de las invenciones más relevantes se encuentran máquinas agrícolas para cultivos extensivos, capaces de trabajar en terrenos montañosos no planos y máquinas de extracción de yuca portátiles. Estas máquinas facilitan los procesos de cosecha y transformación, disminuyendo el material defectuoso, disminuyendo los costos por mano de obra y aumentando los rendimientos de materia prima.

3.5.3 Actores sobresalientes En esta sección se realiza el análisis de los actores destacados (países, instituciones y autores) en el estado de la técnica para cada una de las búsquedas de los 3 eslabones priorizados (también llamados factores críticos).

3.5.3.1 Países líderes en investigación aplicada En la figura 22 se presenta la relación de los países más prolíficos en cuanto a patentes para los 3 eslabones priorizados en este trabajo, con respecto a la cadena productiva de la yuca. Se observa que en cuanto a la producción técnica relacionada con el material de siembra (semilla), China lidera el escalafón con 17 patentes, seguida por Estados Unidos con 11 patentes y Brasil con 7 patentes. En el tema de preparación del suelo y fertilización se analiza que el principal productor de metodologías, técnicas y modelos de utilidad es China, y los temas en los que destaca se relaciona con técnicas para la preparación del suelo, así como intercultivos, y máquinas sembradoras multifuncionales que realizan una adecuación del suelo y fertilización de manera simultánea antes de insertar el material de siembra en el terreno, así mismo se evidencia que cerca del 50% de las patentes analizadas no están asociadas con un país de origen, esto se evidenció en el software Matheo Patent y se corroboró posteriormente con la base de datos Espacenet, donde se analizó que en la mayoría de las patentes sólo se acreditaba

al autor y no se vinculaba alguna institución en colaboración. En el campo de las tecnologías de siembra y cosecha se analiza que de igual manera el país más sobresaliente en invenciones es China, esto debido a los registros en cuanto a modelos de utilidad relacionados con máquinas sembradoras y cosechadoras de yuca, así como metodologías de siembra; de igual manera en el eslabón de preparación del suelo y fertilización se relacionan 31 patentes, las cuales no poseen un país de origen ni institución, y únicamente se relaciona el nombre del inventor sin su correspondiente nacionalidad.

En consecuencia se evidencia que el país que desarrolla la mayor cantidad de patentes en los 3 eslabones abarcados en el presente estudio de vigilancia (semilla, preparación del suelo y fertilización, tecnologías de siembra y cosecha) es China; no obstante, se observa una amplia brecha en las temáticas de sus patentes, las cuales se concentran con una amplia diferencia de cantidad, en las tecnologías de siembra y cosecha, y con un bajo número de invenciones se encuentra el eslabón de semilla, por lo cual se concluye que el desarrollo de este país en cuanto al cultivo de yuca, se encuentra focalizado en técnicas y modelos de utilidad que aumenten la eficiencia de sus procesos de siembra y cosecha, lo cual induce a la disminución de los costos por mano de obra.

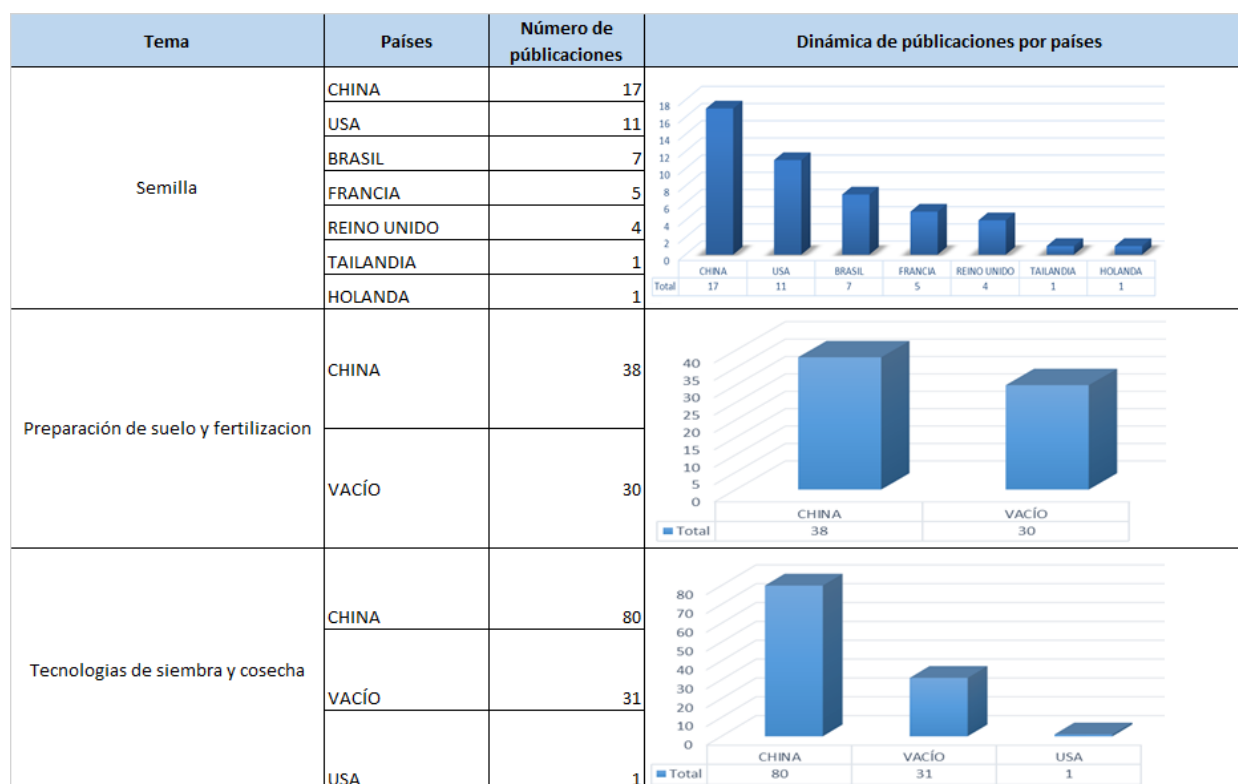


Figura 22. Países líderes en invenciones¹⁰. Nota. Tomado y adaptado de Matheo Patent, 2018.

3.5.3.2 Inventores líderes En la figura 23 se relacionan los inventores más relevantes para cada uno de los ejes temáticos. De esta manera los inventores con la mayor cantidad de patentes en el tema de selección de semillas son: Qiu Wenwu, Liu Lianjun y Li Hengrui, quienes guardan relación de co-inventores en sus cuatro patentes, estas patentes se realizaron con afiliación al Instituto de Investigación de Ciencias Agrícolas Tropicales del Sur de Asia de Guangxi, y se enfocan en los temas de conservación in vitro de tallos de yuca y la polinización artificial. En concordancia al tema de conservación in vitro de tallos de yuca también se vincula la Academia

¹⁰ Los campos “vacío” mostrados en la figura 25, corresponden a las patentes que no están relacionadas con un país de origen, esto se evidenció en el software Matheo Patent y se corroboró posteriormente con la base de datos Espacenet, donde se analizó que en las patentes sólo se acreditaba al autor y no se vinculaba alguna institución en colaboración.

China de las Ciencias Agrícolas Tropicales, y con la polinización artificial se vincula el inventor Li Hongguang, creador de una herramienta de polinización de yuca.

El inventor más relevante en el campo de la preparación del suelo y fertilización es Ruan Xiaogang, con cuatro patentes quien se enfoca en la invención de una máquina sembradora de yuca de doble hilera de arista giratoria inversa, que facilita la fractura del suelo y la generación de surcos, y así mismo también ha trabajado en un método de plantación de surcos para yuca.

En el eje de las tecnologías de siembra y cosecha se encuentra el inventor Cui Zhende liderando con siete patentes, focalizándose en dispositivos que faciliten la cosecha de yuca, entre ellos se destacan un dispositivo de elevación de tallos de yuca y una herramienta de detección por vibración; todas sus patentes han sido registradas con afiliación al Instituto de Maquinaria Agrícola de la Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales.

De igual manera se destacan inventores que trabajan en dos áreas complementarias al mismo tiempo, tal es el caso de Yu Min, Ruan Xiaogang y Li Jun, quienes han patentado soluciones en el campo de la selección de semillas y la preparación del suelo y fertilización, y Guan Yizhao quien ha trabajado complementariamente entre la selección de semillas y las tecnologías de siembra y cosecha.

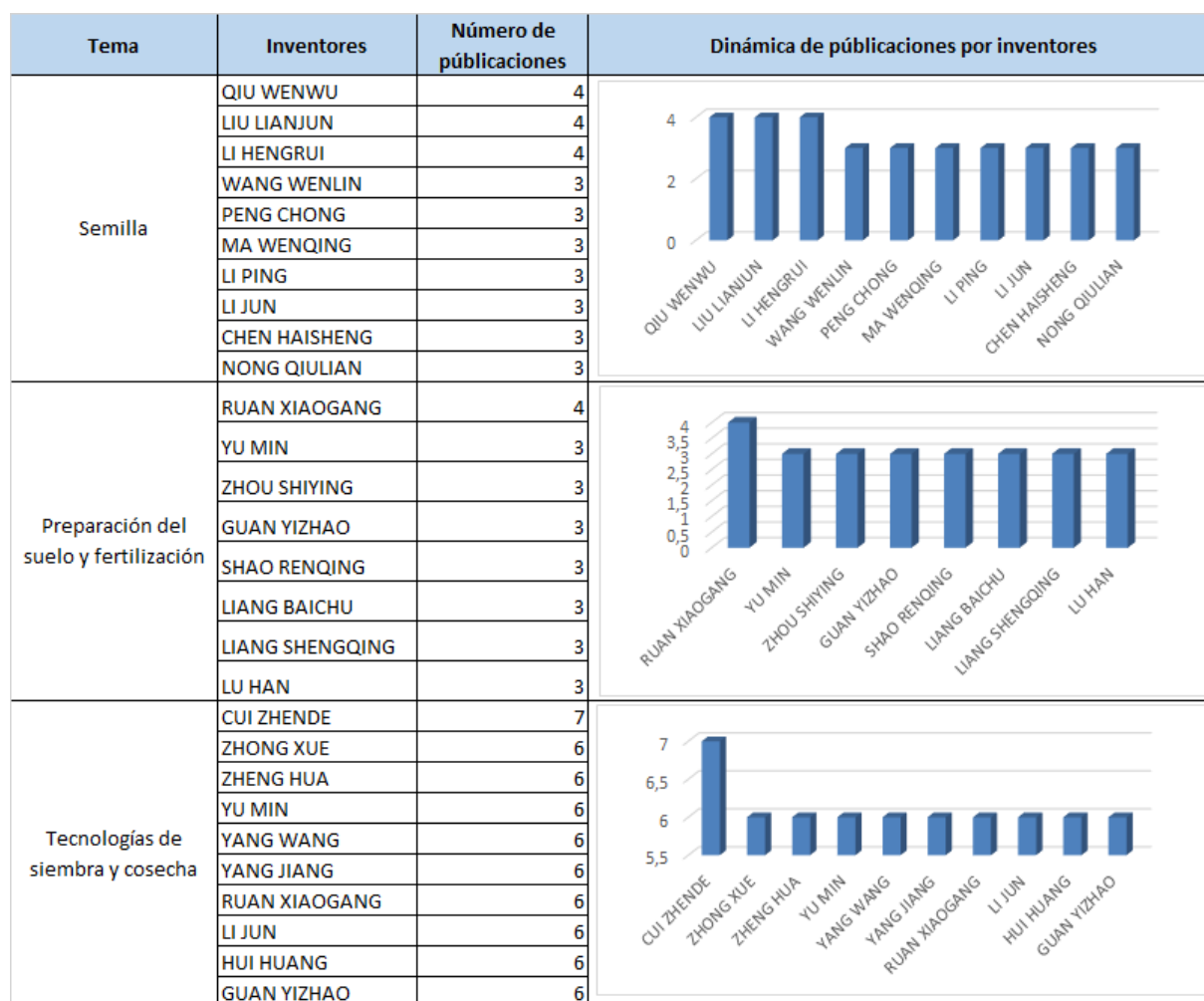


Figura 23. Inventores líderes. Nota. Tomado y adaptado de Matheo Patent, 2018.

En las figuras 24, 25 y 26 se presentan los diagramas de correlación de invenciones entre autores, donde se muestran las diferentes colaboraciones entre los distintos inventores. Estas figuras también se pueden apreciar claramente en los apéndices anexados al documento (ver apéndices T, U, V). Siendo así, un clúster (agrupación) es un conjunto de nodos estrechamente relacionados. Cada nodo en una red se asigna exactamente a un clúster. Los nodos están posicionados de tal manera que la distancia entre dos nodos indica aproximadamente el grado de relación entre ellos. En general, cuanto menor sea la distancia entre dos nodos, mayor es su relación

(Van Eck & Waltman, 2014). De esta manera, en las figuras mostradas a continuación, los nodos son los autores y los enlaces entre ellos corresponden a las redes de colaboración. Por tanto, un autor con mayor número de enlaces significa que trabaja conjuntamente con varios autores para desarrollar una temática de investigación.

En la figura 24 se expone el diagrama de correlación de inventores de la **ecuación de selección de semilla**, donde se pueden apreciar 2 clústeres principales. El clúster número 2 es el más denso debido a que incluye un mayor número de autores y se observa una mayor cantidad de redes de colaboración. Así mismo, se resalta que en esta red se encuentran los tres autores más prolíficos: Qiu Wenwu, Liu Lianjun y Li Hengrui. De ésta manera, se exponen las temáticas de los dos clústeres:

- Clúster 1: El tema de investigación fundamental en este clúster son los métodos de reproducción de flores y el control del florecimiento de los cultivos de yuca.
- Clúster 2: En este clúster se aborda principalmente el tema polinización y cruce artificial, y estrechamente relacionado a ellos el tema de conservación in vitro de tallos de yuca.

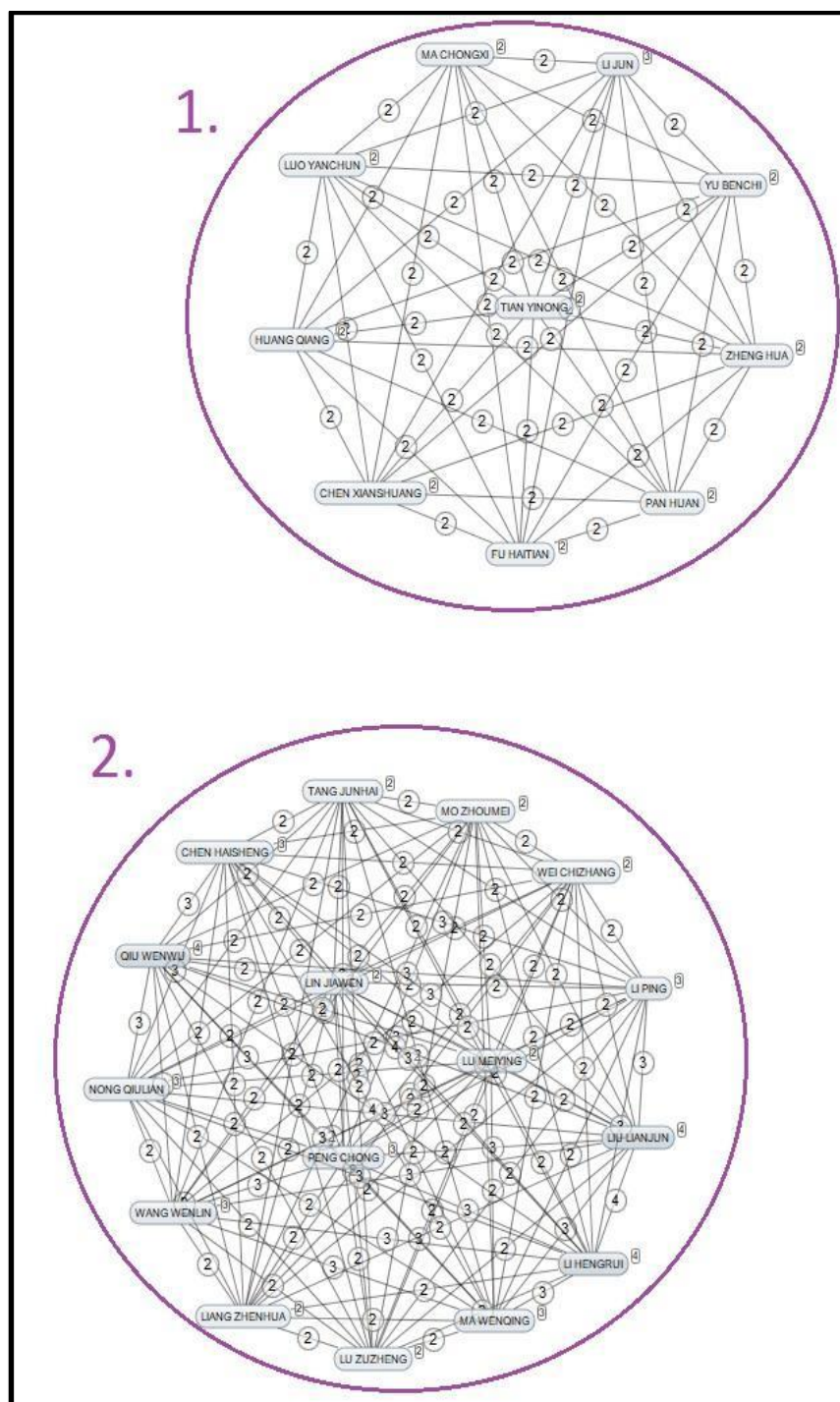


Figura 24. Clústeres de relación entre autores de semilla. Nota. Elaborado en software Matheo Analyzer, 2018.

Para la segunda ecuación correspondiente al tema de **preparación de suelos y fertilización** se realizó la misma dinámica de correlación de inventores, en la que se obtuvieron 3 clústeres de relación, los cuales se presentan en la figura 25. Se observa que el clúster 2 es el más denso, el 3 es intermedio y el 1 es casi nulo, esta diferencia significativa en cada una de las redes se debe a las temáticas abordadas en cada clúster, las cuales marcan las pautas de la colaboración entre autores. Igualmente, se evidencia que el autor más prolífico es Ruan Xiaogang y se encuentra en el tercer clúster. Así, los estudios en cada red se describen a continuación:

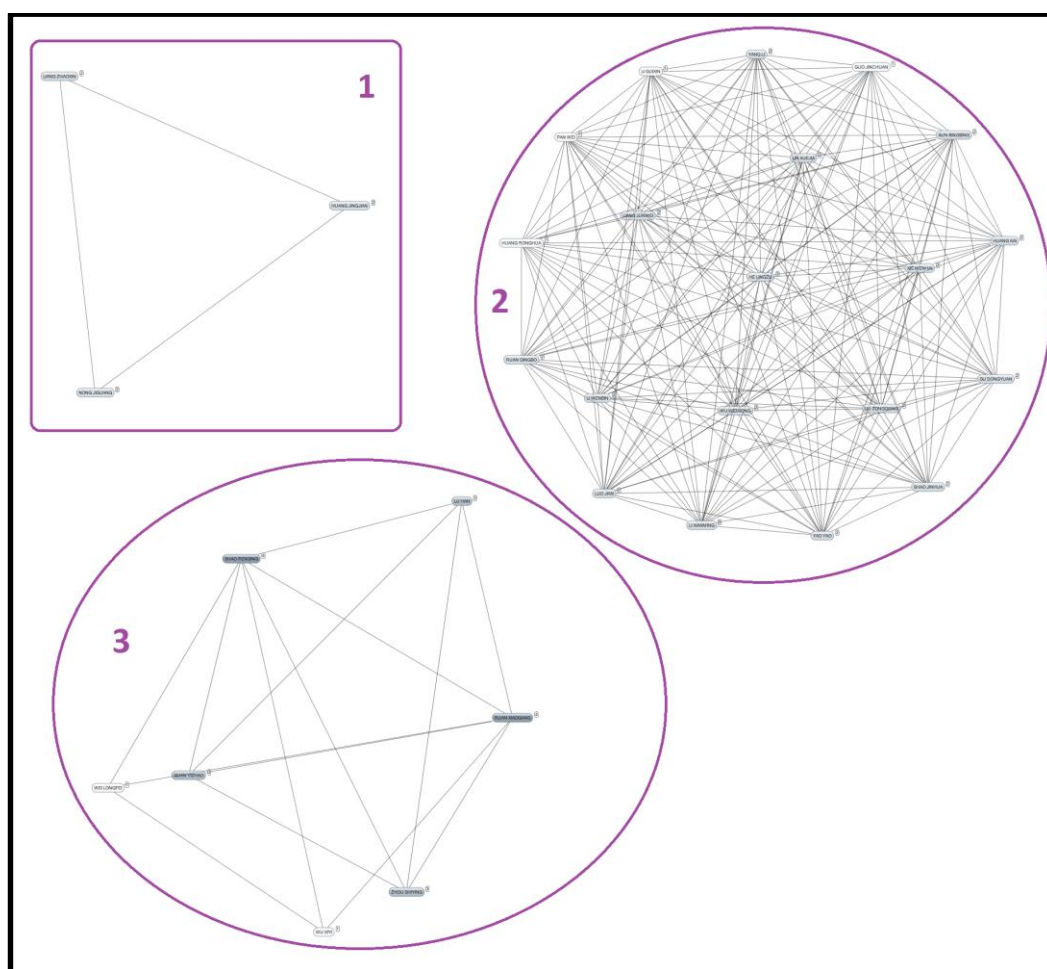


Figura 25. Clústeres de relación entre autores de preparación del suelo y fertilización. Nota. Tomado de Matheo Analyzer, 2018.

- Clúster 1: El tema de investigación fundamental se centra en las estaciones de riego para terrenos de difícil acceso, aumentando así los rendimientos de los cultivos.
- Clúster 2: Se enfoca en los sistemas de regulación y elevación de agua para cultivos, también se destacan los sistemas de riego por tuberías diseñados para terrenos con colinas y pendientes donde el riego tradicional posee amplias desventajas, y así mejorar las tasas de supervivencia a los suelos secos
- Clúster 3: Se fundamenta en 2 temas de investigación relacionados, el uso de maquinarias agrícolas surcadoras y sembradoras, y en métodos de elaboración de surcos y siembra de semillas de yuca.

La ecuación de búsqueda correspondiente al eje temático de **tecnologías de siembra y cosecha**, también registró una gran variedad de conexiones entre inventores, lo que demuestra la gran colaboración en esta dinámica para la patentabilidad de maquinarias agrícolas que faciliten la siembra y la cosecha de los cultivos de yuca y reduzcan los costos por mano de obra. La red de conexiones se presenta en la figura 26 y consta de seis clústeres, los cuales tienen densidades similares, a causa de la cantidad de autores y enlaces entre ellos. Así mismo, se evidencia que este eje temático es muy estudiado y el autor más prolífico es: Cui Zhende, el cual se sitúa en el primer clúster y se observa que tiene varias relaciones de colaboración. A continuación se describen los temas en los que se enfoca cada uno de los clústeres.

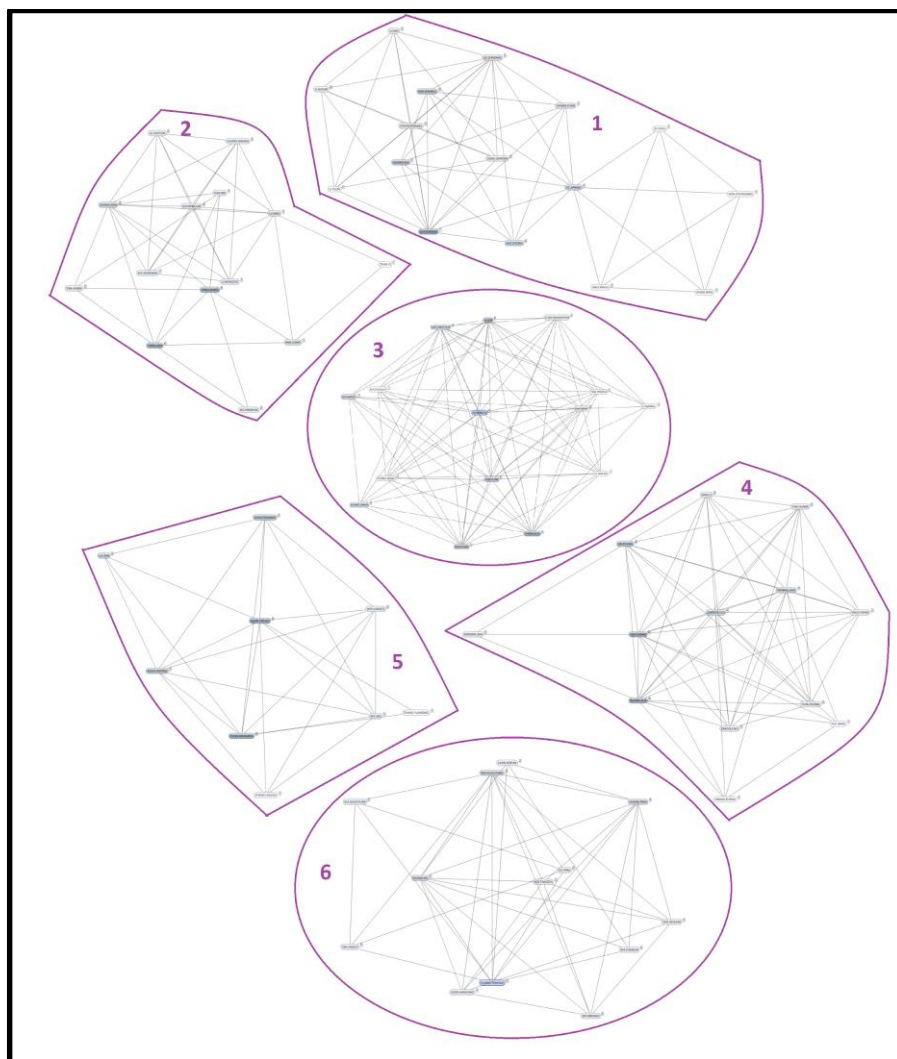


Figura 26. Clústeres de relación entre autores de tecnologías de siembra y cosecha. Nota: Tomado de Matheo Analyzer, 2018.

- Clúster 1: La primera red tiene como tema principal la invención de dispositivos complementarios para máquinas cosechadoras de yuca, como lo son dispositivos de detección de raíces por vibración, sujeción de tallos de yuca, excavación y antibloqueo para las cosechadoras y cortadoras de semilla.
- Clúster 2: El tema principal de la segunda red de coinventores es el diseño de sujetadores de tallos de yuca ajustables a la profundidad para cosechadoras.

- Clúster 3: La tercera red abarca como tema central soluciones químicas y biológicas de atomizadores con nutrientes para cultivos de yuca, que favorecen los rendimientos de estos cultivos, mejora la propagación y controla el florecimiento de la mata de yuca.
- Clúster 4: La cuarta red relaciona las máquinas cosechadoras de yuca con sus diferentes innovaciones, entre ellas las palas de excavación ajustables a los terrenos y las cosechadoras portátiles de bajo costo que aumenta la eficiencia de la cosecha.
- Clúster 5: Esta red tiene como tema las máquinas y métodos para la elaboración de surcos que faciliten y maximicen los rendimientos de los cultivos, así mismo contempla las máquinas biseladoras de tallos de yuca para material de siembra y propagación.
- Clúster 6: La última red tiene como principal tema a las máquinas agrícolas sembradoras de yuca multifuncionales, entre ellas se destaca una máquina con las capacidades de elaborar surcos y sembrar tallos de yuca de manera simultánea.

En afinidad con los autores líderes y las redes de colaboración entre autores para cada uno de los tres factores priorizados, se observó que en tecnologías de siembra y cosecha se establece la mayor cantidad de clústeres con densidades similares, mientras que para la preparación del suelo y fertilización, se aprecia una disimilitud entre sus redes, y en cuanto al factor crítico de semilla, se presenta la menor cantidad de clústeres. Así mismo, al abordar el primer factor correspondiente a la selección de semilla, existe una oferta de patentes focalizadas en las técnicas y herramientas de polinización, así como su cruce artificial y su correspondiente conservación in vitro. Para el segundo factor, preparación del suelo y fertilización, se concluye que sus temas principales son modelos de utilidad de máquinas elaboradoras de surcos y sistemas de riego. Para el tercer factor vinculado a las tecnologías de siembra y cosecha, se analiza que de estas diferentes colaboraciones entre autores, se generan resultados para el eslabón reflejados en una amplia cantidad de patentes

relacionadas con temas de dispositivos complementarios para máquinas cosechadoras, y entre estos dispositivos los más destacados son las máquinas hidráulicas sujetadoras de tallos de yuca.

3.5.3.3 Instituciones líderes (Entidades y Empresas apoderadas) Las instituciones destacadas en cuanto a patentes para cada uno de los tres ejes temáticos identificados en la investigación se presentan en la figura 27. Las invenciones relacionadas con la selección de semilla de yuca están siendo desarrolladas principalmente por el Instituto de Investigación de Ciencias Agrícolas Tropicales del Sur de Asia de Guangxi, donde trabajan los investigadores Qiu Wenwu, Liu Lianjun y Li Hengrui, y tratan principalmente los temas de conservación in vitro de tallos de yuca y técnicas de polinización artificial. Las siguientes instituciones guardan una relación de dos patentes publicadas cada una: Instituto de Recursos genéticos de cultivos Tropical, Instituto Tropical de Biociencia y Biotecnología y el Instituto de Recursos de Cultivo Subtropical de Guangxi, los cuales se focalizan en estudios de mejoramiento genético de las semillas para aumentar los contenidos de germoplasma, aumentar la propagación, mejorar la resistencia a virus y controles de reproducción y florecimiento.

En el campo de la preparación del suelo y fertilización la institución con más patentes publicadas, es la Academia de Ciencias de China con cinco patentes, seguida del Instituto de Maquinaria Hidráulica de Guangxi con cuatro patentes y luego, la Academia de Ciencias Agrícolas del Instituto Guangxi con tres patentes, estas instituciones se centran en métodos de cultivo para aumentar los rendimientos, máquinas de arado y elaboración de fertilizantes para el cultivo de yuca apropiados para suelos secos y con pocos nutrientes.

En las tecnologías de siembra y cosecha la institución más destacada es el Instituto de Investigación de Agro-Maquinaria de la Academia China de Ciencias Tropicales Agrícolas, con

doce patentes enfocadas principalmente en máquinas de corte de semillas y dispositivos que facilitan el trabajo de surcadoras, sembradoras y cosechadoras, seguidamente está la Universidad de Guangxi con once patentes, la cual se enfoca en métodos de siembra que favorecen los rendimientos de yuca, y máquinas de riego y fertilización; la tercera institución con ocho patentes es el Instituto de Maquinaria Hidraulica de Guangxi la cual se centra en máquinas surcadoras, cortadoras de semilla y trituradoras de yuca.

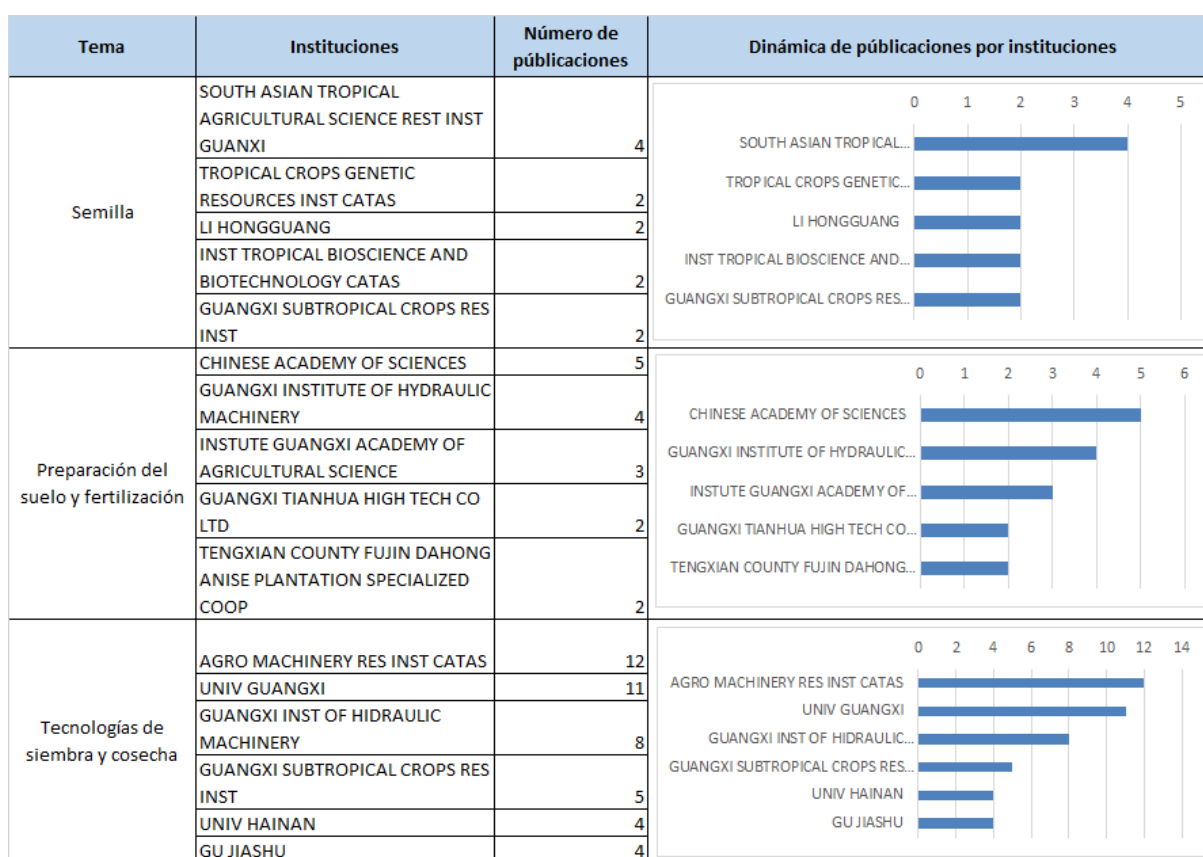


Figura 27. Instituciones líderes en invenciones. Nota. Tomado y adaptado de Matheo Patent, 2018.

3.5.4 Panorama del conocimiento técnico del sector estratégico de la yuca A continuación, se establece el panorama general del conocimiento tecnológico para cada uno de los tres factores críticos: semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha. De tal forma, se describen los hallazgos obtenidos a partir del análisis de patentes con base en la matriz de criterios y otras fuentes de la literatura gris.

3.5.4.1 Semilla En concordancia con el primer factor crítico identificado se encontraron 28 patentes, de las cuales se observaron distintos métodos de ingeniería genética utilizados para expresar un fenotipo en semillas de yuca, buscando así mejorar los cultivos en cuanto a calidad, rendimiento, resistencia a virus, condiciones climáticas, y estrés abiótico. Así mismo, se obtuvo invenciones para la polinización cruzada de yuca, la cual permite el transporte de polen de una planta a otra generando genotipos diferentes. También se encontraron distintos tipos de tratamiento de plántulas para generar la expresión de un gen y/o proteger los cultivos de agentes externos como plagas y/o virus. Por último, se observaron invenciones encaminadas a la preservación in vitro de germoplasma de cassava, con el propósito de conservar genotipos con características fenotípicas específicas. Por lo tanto, a continuación se presentan y se detallan los 4 subtemas principales localizados en las patentes en el campo de la semilla (ingeniería genética, cruzamiento de plantas, tratamiento de plántulas y conservación in vitro).

- **Ingeniería genética:**

La utilización de promotores permite el mejoramiento de las semillas de yuca a través de la modificación genética. El promotor es el elemento regulador que promueve la *transcripción de un*

*gen*¹¹, siendo el que más contribuye a la calidad y la cantidad de expresión de una proteína codificada por una secuencia de ADN o ARN. Así, los promotores son útiles en la ingeniería genética para producir plantas transgénicas con las características fenotípicas deseadas (Schmitt, Ferullo, Sailland, & Paget, 2004). De esta forma, se observa la aplicación de promotores para fomentar la expresión de genes que proporcionen semillas inmunes a virus, adaptadas al estrés ambiental, con mayor rendimiento, elevado contenido nutricional, entre otros. Tal es el caso de la patente “Construcciones de ADN de repetición en tándem que producen proteínas que atacan los virus patógenos de las plantas, los hongos y las bacterias mediante la interrupción de los factores de transcripción esenciales para su replicación en las plantas”, en la que se emplean promotores inducibles para crear plantas transgénicas con resistencia permanente a la infección viral (S. Fernandez-Pol & J. Fernandez-Pol, 2009)

- Cruzamiento de plantas:

El cruzamiento de plantas genera nuevos genotipos con características fenotípicas derivadas de los parentales. Así, se destacan 3 invenciones que proporcionan semillas con propiedades mejoradas. En la primera patente denominada “germoplasma de yuca con corto ciclo de crecimiento, alto rendimiento, y resistente al frío: su producción y uso en combustible etanol, almidón, sacarosa, alimentos y valor agregado en las cadenas de Estados Unidos”, se presenta un germoplasma de crecimiento corto con alto rendimiento y tolerancia al frío derivado de híbridos silvestres. Este germoplasma¹² es único y brinda una mejor adaptabilidad de la cassava en diferentes entornos, tal como se ha contemplado en países tan diversos como Tanzania, Nigeria,

¹¹ La transcripción es el primer paso de la expresión génica, el proceso por el cual la información de un gen se utiliza para generar un producto funcional, como una proteína. El objetivo de la transcripción es producir una copia de ARN de la secuencia de ADN de un gen (Khan Academy, 2018).

¹² Es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras.

Colombia y Estados Unidos (FREGENE, 2012). Consecutivamente, se describe la patente “Método de reproducción de flores bisexuales de manihot esculenta crantz”, la cual tiene como objetivo superar las limitaciones de la reproducción híbrida incrementando el número de semillas híbridas de flores bisexuales obtenidas, y disminuyendo la variabilidad genética (BENCHI et al., 2017). Por último, la invención “Método de polinización cruzada artificial para la yuca” busca proporcionar un método de polinización híbrida de yema artificial para la polinización artificial de yuca convencional, mejorando el período de floración, las limitaciones climáticas y aumentando la probabilidad de polinización exitosa (Hengrui et al., 2015). Por lo tanto, las patentes de polinización cruzada descritas anteriormente proporcionan nuevas variedades de yuca con mayores rendimientos de cultivo. Igualmente, se identificaron dispositivos diseñados para facilitar la polinización cruzada, tal como se describe en el modelo de utilidad “Herramienta de polinización de Cassava”, donde se presenta una invención de estructura simple, de alta velocidad, que minimiza el tiempo y el trabajo requerido durante el proceso de polinización (Hongguang, 2016).

- Tratamiento de plántulas:

El tratamiento de plántulas¹³ se emplea aplicando una solución con el objetivo de inducir la expresión de un gen y proteger a la plántula de daños externos. De tal forma, se destacan 2 invenciones. Primeramente, se encuentra la patente “Método para mejorar el contenido de melatonina en cassava”, donde se describe una combinación de medicamentos que pueden estimular la expresión del gen para la síntesis de melatonina, lo cual ayuda a mejorar la calidad nutricional de las plantas y promueve la salud humana (Wei, Zehong, Weiwei, & Yan, 2017). En segunda instancia, se distingue la invención “Compuesto de preparación microbiana para prevenir

¹³ Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas.

la mancha marrón de cassava y su método de preparación”, que detalla una preparación microbiana para inhibir el patógeno de la enfermedad de la mancha marrón de la yuca, la cual se presenta ampliamente en áreas productoras de cassava en Asia, África y América, y afecta gravemente el rendimiento y la calidad de la yuca (Changde & Yanhui, 2017).

- Conservación in vitro:

La conservación in vitro constituye parte esencial para preservar el germoplasma y hace factible el intercambio de recursos genéticos en todo el mundo. En consecuencia, es posible conservar genotipos con características adaptables a diferentes medios y condiciones de cultivo. Tal es el caso de la patente “Medio de cultivo de conservación in vitro para callos embriogénicos de yuca”, la cual presenta un método de conservación in vitro para el callo embriogénico de yuca, con el fin de disminuir la posibilidad de variación genética (Ping et al., 2017). Así mismo, se destaca la invención “método de conservación in vitro de los recursos de germoplasma de cassava con estabilidad y alta eficiencia”, en donde se detalla un método de preservación que ahorra energía, minimiza costos de mano de obra, reactivos y medicamentos (Wenjun, Kaimian, Genghu, Songbi, & Jianqiu, 2013).

En orden de ideas, los 4 ítems observados anteriormente permiten visualizar el estado de la técnica del factor crítico de la **semilla**. No obstante, las patentes encontradas no son el único recurso de búsqueda que puede ser empleado para abordar el campo de las semillas de cassava. Siendo así, se hallaron instituciones especializadas a nivel mundial que profundizan en este eslabón, tales como: el Centro Internacional para Agricultura Tropical (CIAT), la Corporación Clayuca, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), la Asociación Global de la Yuca para el Siglo XXI (GCP21), el Consorcio para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), .

De esta forma, se encontró que el CIAT posee la colección in vitro de germoplasma de yuca más importante a nivel mundial, la cual incluye 6,592 accesiones¹⁴ provenientes de 28 países (CIAT, 2016). Así, al ingresar al banco de semillas del CIAT, se filtró por línea mejorada obteniéndose un total de 665 materiales de siembra o vástagos. A continuación, en la figura 28 se visualizan los países de donde se obtuvieron las semillas para su posterior tratamiento. De esta gráfica se puede concluir que Colombia, Brasil, Tailandia, Indonesia y Nigeria son los 5 países principales en los que se recolecta germoplasma para su tratamiento.

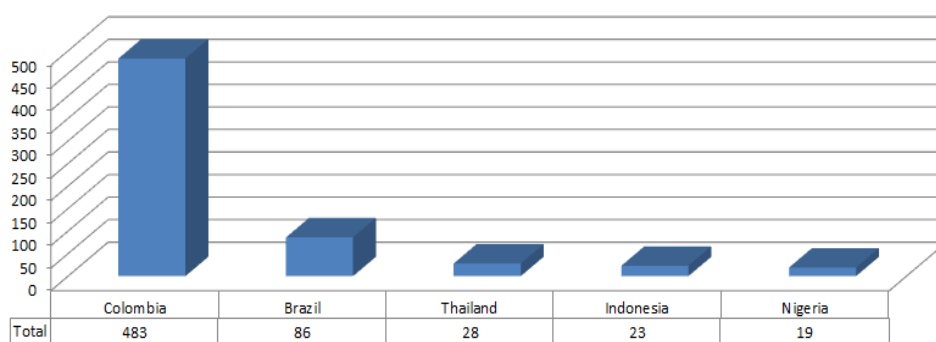


Figura 28. Países líderes de recolección. Nota. Tomado y adaptado del Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT), 2018.

Ahora bien, en la figura 29 se observan los países que llevaron a cabo la modificación genética de las semillas previamente recolectadas. Por lo tanto, se muestra que Brasil, Colombia, Indonesia, Nigeria y Tailandia respectivamente, son los países que han aportado en mayor medida al tratamiento de los vástagos de yuca.

¹⁴ Accesoión: “Una muestra distinta, singularmente identificable de semillas que representa un cultivar, una línea de cría o una población y que se mantiene almacenada para su conservación y uso” (FAO, 2019).

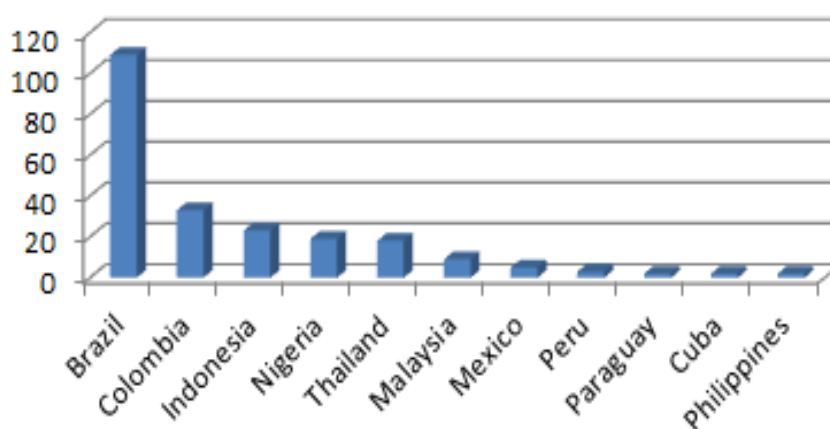


Figura 29. Países donantes. Nota. Tomado y adaptado del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2018.

En concordancia con lo anteriormente descrito, a través del germoplasma recolectado, el CIAT desarrolla variedades mejoradas de yuca que incluyen mayor rendimiento, mejor calidad del almidón, mejora nutricional y resistencia a plagas y enfermedades, entre otras.

3.5.4.2 Preparación del suelo y fertilización Para este factor crítico identificado, se catalogaron las patentes de acuerdo a 2 ejes temáticos que guardan relación entre sí, las patentes enfocadas en la preparación del suelo, y las patentes relacionadas con la fertilización de los cultivos de yuca.

- Invenciones relacionadas con la preparación del suelo

Dentro de las patentes vinculadas con la **preparación del suelo** se destacan 3 invenciones por su aporte al aumento del rendimiento del cultivo de yuca, la primera de ellas se relaciona con una técnica de cultivo de yuca cubierta de una película de plástico negro que cubre el tallo de la semilla de inserción oblicua, que genera el beneficio de una germinación rápida y con mayores

rendimientos, así mismo no tiene la necesidad de elaborar zanjas ni cantos durante la siembra, lo que reduce la carga de trabajo, este método tiene muy pocas malezas y sólo se deben evitar las malas hierbas entre las filas que no poseen la película, la invención fue presentada por Lu Kundian (Kundian, 2013).

La segunda invención está relacionada con un método de plantación de yuca de alto rendimiento, el cual involucra la selección de la tierra y la preparación del suelo, que debe contar con los mínimos de nutrientes, y no poseer grava y tierra que no sea capaz de acumular agua. Así mismo involucra la selección de semillas, para lo cual se dan las pautas de cómo sembrarlas y que tamaño y número de yemas debe de poseer el material, y se aborda el deshierbe, que se recomienda realizar cada 30 días. También se involucra la fertilización que debe realizarse antes y después de la siembra, por lo que se recomienda inicialmente un fertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, y posteriormente para ayudar al desarrollo de las raíces, una combinación de urea con cloruro de potasio cada 30 días. Finalmente el método culmina con el control de plagas, donde se hace referencia hacia el grillo rojo como uno de los principales interferentes en los rendimientos de los cultivos para lo que se recomienda el uso de acaricidas, el método de plantación corresponde al inventor Li Xianqiang (Xianqiang, 2016).

La tercera invención corresponde a una máquina de arado compuesta por: un dispositivo de locomotora, un dispositivo de nivelación terrestre y un dispositivo de arado, esta máquina es empleada para el arado de los terrenos en China y proporciona un arado de buena calidad y simultáneamente realiza la fertilización del suelo, esta técnica incrementa los rendimientos de los cultivos de yuca y la invención es responsabilidad de la Compañía de información tecnológica Guigang Houshun (Compañía de información tecnológica Guigang Houshun, 2018).

- Invenciones relacionadas con la fertilización de los cultivos de yuca

Para las patentes relacionadas con la fertilización de los cultivos de yuca se destacaron 2 patentes debido a las propiedades que les adicionaron a los cultivos, entre las que se encuentran la resistencia al estrés ambiental y el aumento de rendimientos. La primera invención corresponde a un método de cultivo para yuca producido con un fertilizante apropiado, donde se realiza la aplicación de un fertilizante elaborado a partir de nitrógeno (N), ácido fosfórico (P₂O₅), potasio (K), óxido de potasio (K₂O), azufre (S), cobalto (MgO) y cal (CaO) en una proporción predeterminada; la invención también se refiere a un método de cultivo de yuca para aumentar la eficiencia, en el que el método comprende una etapa de análisis de componentes del suelo para medir la materia orgánica, el nitrógeno total, la acidez o el valor efectivo del ácido fosfórico del suelo para el cultivo de yuca, una vez analizado el suelo se determina la cantidad de fertilizante a suministrar con base en los resultados del análisis de la composición del suelo, y de esta manera se pueden aumentar los rendimientos de los cultivos de yuca de una manera significativa, la invención corresponde a Lee Sang Ka (Ka, 2011).

La segunda patente vinculada con la fertilización es una aplicación de los activadores de expresión genética de yuca MeTPS1-3 para la preparación de fertilizantes, que busca mejorar la resistencia a la sequía de yuca, gracias a esta patente se logran disminuir las pérdidas en producción, y esto se alcanza mediante la intervención de Lycosinine A y Lycosinine B en el material fertilizante, ya que estos agentes aumentan la expresión MeTPS1-3 la cual es responsable de aumentar la resistencia ante ambientes con estrés por sequía, la patente corresponde al inventor Li Dong (Dong, 2018).

3.5.4.3 Tecnologías de siembra y cosecha Las invenciones en cuanto a tecnologías de siembra y cosecha se pueden clasificar en 3 grupos fundamentales, **máquinas cosechadoras**, **máquinas sembradoras** y **dispositivos para máquinas agrícolas**, los cuales serán detallados a continuación.

- *Máquinas cosechadoras*

A este grupo pertenecen todas las patentes registradas sobre máquinas cosechadoras de yuca, de igual manera estas máquinas son utilizadas en función de los tipos de agricultura para los cuales fueron inventadas, estas se clasifican en máquinas para agricultura extensiva¹⁵ y agricultura parcelaria¹⁶.

En cuanto a las máquinas cosechadoras para **agricultura extensiva** se destacan tres invenciones, las cuales se representan en la tabla 6, la primera “máquina cosechadora de yuca vibrante y excavadora”, es una cosechadora que comprende un marco de suspensión, un dispositivo de extracción de raíces, una pala de excavación y un dispositivo de control electrohidráulico; el dispositivo de extracción de raíz está compuesto por un mecanismo de tracción, un mecanismo de vibración y un mecanismo de sujeción, la máquina debe estar adecuada a un tractor, y la utilización de ella facilita el proceso de extracción de yuca, debido a que posee una alta flexibilidad para un levantamiento de las raíces rápido y continuo; la invención está a cargo de los inventores Yang Wang; Yang Jian y Mo Xingman, y se patentó en la Universidad de Guangxi (Wang, Jian, & Xingman, 2015).

La segunda patente “máquina de excavación portátil de yuca”, es una máquina conectada a un tractor, y es capaz de realizar la extracción de yuca y el aflojamiento del suelo simultáneamente,

¹⁵ Agricultura extensiva: “Permite aprovechar los recursos que brinda la naturaleza, generalmente se utiliza mucha superficie de terreno y se obtiene poca producción” (BioAgro Technologies, 2019).

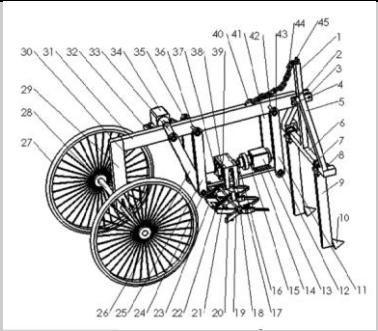
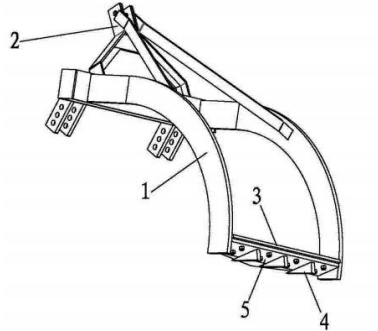
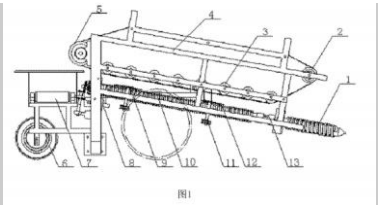
¹⁶ Agricultura parcelaria: Se ubica generalmente en tierras de ladera de baja calidad y reducida extensión, donde se desarrollan sistemas de producción complejos y diversificados; el uso de agroquímicos y riegos es escaso y el acceso a crédito oficial es casi inexistente.

la máquina comprende de un bastidor curvado hacia abajo, donde el extremo final está provisto de una placa con cuchillas para yuca y una pluralidad de bloques limitadores de profundidad debajo de las cuchillas, la invención proporciona un incremento en los rendimientos del cultivo, disminuye los costos de operación por mano de obra, realiza menos daños a las raíces que otras cosechadoras, reduce el bloqueo por malezas gracias a su diseño, posee una buena capacidad de adaptación a los terrenos y su mantenimiento es sencillo, la máquina está a cargo de los inventores Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu, Xue Zhong, Zhang Yuan y Ye Jianqiu, y patentada con afiliación al Instituto de cultivos tropicales y recursos genéticos de la academia china de ciencias tropicales agrícolas, y el Instituto de investigación en agromquinaria de la academia china de ciencias tropicales agrícolas (Hui et al., 2013)

La tercera invención “cosechadora de yuca y repollo”, es capaz de complementar los procesos de excavación, transporte, separación de tallos, remoción y recolección de yuca. La máquina comprende de un mecanismo de recolección, una polea delantera, una polea trasera, un dispositivo de presión, un marco, una rueda de tierra, una polea transportadora, una caja de engranajes, un mecanismo de elevación, una rueda dentada, un cuchillo de corte principal tipo rótula y una cuchilla de corte secundaria, el mecanismo recolecta la yuca del suelo a través del dispositivo recolector, luego por medio del dispositivo de elevación pasa por la cuchilla de corte principal la cual corta las hojas podridas y la raíz, la máquina debe estar conectada a un tractor y su uso mejora la eficiencia de la recolección, disminuye la mano de obra y es altamente compacta para mejorar los movimientos del tractor, la máquina cosechadora corresponde al inventor Jiang Danning (Danning, 2018).

Tabla 6.

Máquinas cosechadoras para agricultura extensiva.

Invención	Inventor(es)	Imagen
máquina cosechadora de yuca vibrante y excavadora	Yang Wang, Yang Jian y Mo Xingman	
máquina de excavación portátil de yuca	Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu, Xue Zhong, Zhang Yuan y Ye Jianqiu	
cosechadora de yuca y repollo	Jiang Danning	

Nota. La información e imágenes han sido obtenidas de (Yang Wang, Yang Jian y Mo Xingman; Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu, Xue Zhong, Zhang Yuan y Ye Jianqiu; y Jiang Danning).

Las máquinas cosechadoras para la **agricultura parcelaria** se caracterizan por ser más prácticas y portátiles, entre estas invenciones se destacan 3 por su portabilidad, eficiencia y bajo costo, éstas se encuentran expuestas en la tabla 7.

La primera invención corresponde a una máquina portátil multifuncional para cosecha de yuca, es ideal para cultivos en terrenos irregulares donde la herramienta mecanizada común

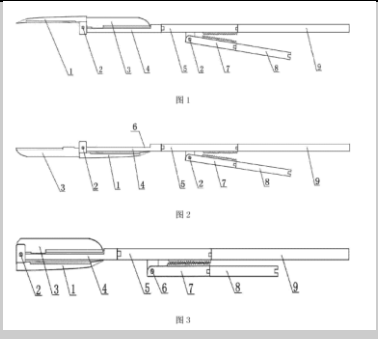
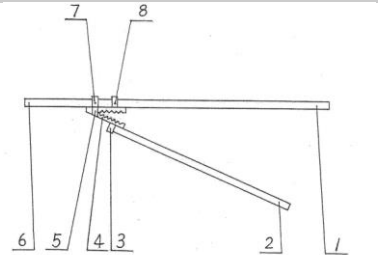
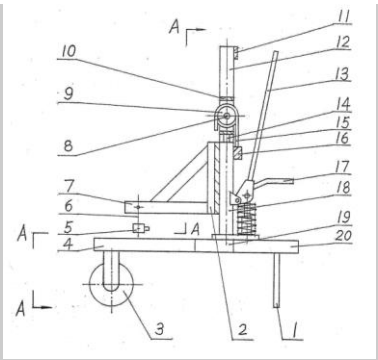
presenta grandes problemas, el modelo de utilidad es capaz de perforar el suelo y cortar el tallo de yuca, disminuye el tiempo de recolección y mano de obra, las piezas se pueden girar para facilitar su transporte y disminuye la cantidad de material defectuoso, la invención está vinculada al Instituto de investigación de ciencias agrícolas tropicales del sur de Asia en Guangxi (Hengrui et al., 2016).

La segunda invención corresponde a una cosechadora de yuca de doble vara, la cual es utilizada como una herramienta manual para la extracción de yuca y es proporcionada al jornalero para facilitar su trabajo, esta herramienta consta de una palanca fija, una palanca móvil, un cilindro izquierdo, una abrazadera en V, un refuerzo, un cabezal de la palanca, un cilindro derecho fijo y uñas dentadas, el modelo de utilidad mejora la recolección común existente, ya que no rompe el tallo de yuca al ejercer la fuerza de apalancamiento, esto se debe gracias a su mecanismo de sujeción, adicionalmente reduce el esfuerzo del jornalero hacia un solo lado, lo que produce un trabajo continuo del operador. La invención fue realizada en la Estación experimental de la academia china de ciencia tropical agrícola de Guangzhou (ZHIXI et al., 2014)

El tercer modelo de utilidad se vincula con una cosechadora de yuca tipo agitadora pequeña, la cual es capaz de adaptarse a parcelas montañosas y pequeñas, tiene la función de agitar hacia arriba y hacia abajo el vástago de yuca con una pequeña cantidad de yucas rotas, la máquina ahorra mano de obra y acelera el proceso de la cosecha de yuca, tiene múltiples usos en otros cultivos, posee bajos costos de operación y es liviana y práctica, el modelo de utilidad corresponde al inventor Yang Zhiqiang (Zhiqiang, n.d.).

Tabla 7.

Máquinas cosechadoras para agricultura parcelaria.

Invención	Inventor(es)	Imágen
Máquina portátil multifuncional para cosecha de yuca	Yang Wang, Yang Jian, Mo Xingman	
Cosechadora de yuca de doble vara	Yang Zhixi, Tan Xindao, Li Zhiyang, Zheng Yongqing, He Shiyu, Li Baisong, Zheng Li, Gao Lei	
Cosechadora de yuca tipo agitadora pequeña	Yang Zhiqiang	

Nota. La información e imágenes han sido obtenidas de (Yang Wang, Yang Jian, Mo Xingman; Yang Zhixi, Tan Xindao, Li Zhiyang, Zheng Yongqing, He Shiyu, Li Baisong, Zheng Li, Gao Lei; y Yang Zhiqiang).

- *Máquinas sembradoras*

Al igual que para las máquinas cosechadoras de yuca, las máquinas sembradoras también se clasifican en **maquinaria para cultivos extensivos** y **maquinaria para cultivos parcelarios**.

Para la agricultura extensiva se destaca una patente la cual se relaciona en la figura 30 y corresponde a una máquina sembradora de yuca de doble hilera de arista giratorias invertidas, que reemplaza las sembradoras de yuca tradicionales que se encuentran actualmente en el mercado, pues estas no pueden hacer surcos lo suficientemente profundos como para tener un buen drenado del suelo y tampoco dejan el suelo adecuadamente roto. Esta máquina es capaz de realizar la siembra de semillas de yuca, y liberar fertilizante orgánico o químico simultáneamente, el modelo de utilidad corresponde a los inventores Guan Yizhao, Ruan Xiaogang, Shao Renqing, Lu Han y Zhou Shiying del Insituto de maquinaria hidraulica de Guangxi (Yizhao, Xiaogang, Renqing, Han, & Shiying, 2013).

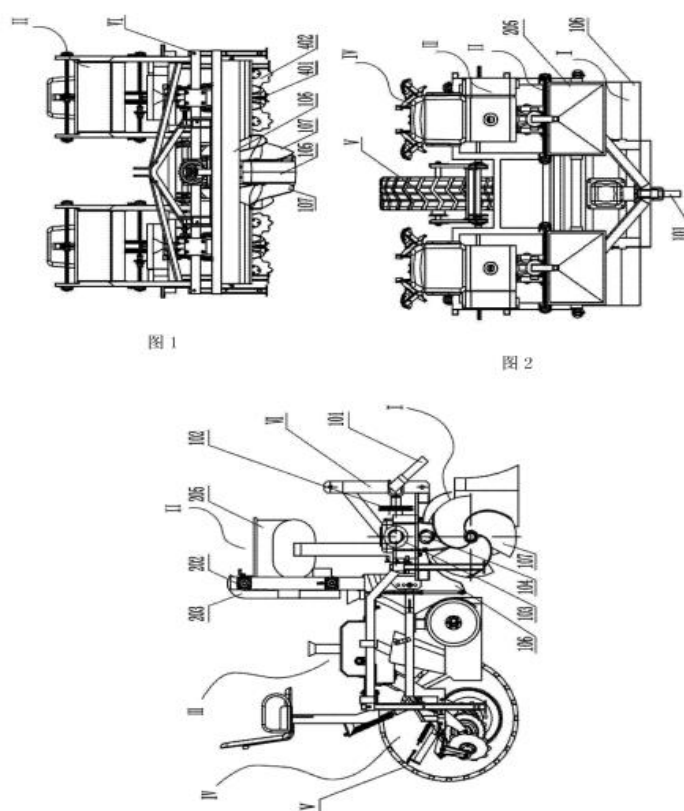


Figura 30. Máquina sembradora para cultivo extensivo Nota. Tomado de Guan Yizhao, Ruan Xiaogang, Shao Renqing, Lu Han y Zhou Shiying

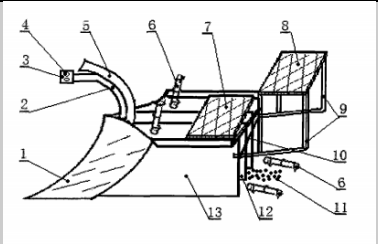
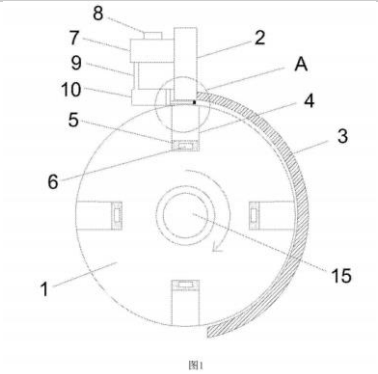
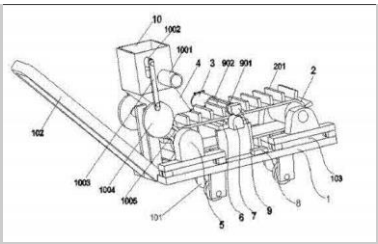
Para la **agricultura parcelaria** se lograron destacar 3 modelos de utilidad los cuales se presentan en la tabla 8. El primer modelo corresponde a un mecanismo de plantación de caña de azúcar, que es compatible con la siembra de tallos de yuca. El modelo de utilidad consiste en una pequeña máquina capaz de realizar el arado, fertilización, corte de vástagos de yuca, siembra de las semillas de yuca y cobertura de las semillas, la máquina está conectada a un tractor de baja potencia y su implementación es simple, adaptable, económica y práctica, y se puede usar para completar campos de siembra de caña de azúcar y yuca a pequeña escala, la máquina corresponde al inventor Shanlong Dai (Dai, 2012).

La segunda invención corresponde a un dispositivo de plantación rápida automática de yuca, capaz de transportar una gran cantidad de material de siembra, cortar los vástagos de yuca, todos con una misma longitud, e insertarlos en el suelo arado mediante una bomba de presión, la cual los expulsa hacia el suelo con una profundidad ecuánime. El modelo de utilidad genera una productividad simple y es de bajo costo y fue realizado por el inventor Shao Zhukun (Zhukun, n.d.).

La tercera invención se relaciona con un dispositivo automático de corte e inserción de semillas de yuca, el modelo al igual que el anterior tiene la capacidad de cortar los vástagos de yuca y plantarlos en el suelo, con los beneficios de reducir la fricción con el suelo, aumentar la tasa de supervivencia, facilitar la implementación, mejorar la eficiencia y reducir el trabajo del jornalero, el modelo de utilidad fue realizado por los inventores Wu Weiting y Yao Qingqi (Weiting & Qingqi, n.d.).

Tabla 8.

Máquinas sembradoras para agricultura parcelaria.

Invención	Inventor(es)	Imágen
Mecanismo de plantación de caña de azúcar	Shanlong Dai	
dispositivo de plantación rápida automática de yuca	Shao Zhukun	
dispositivo automático de corte e inserción de semillas de yuca	Wu Weiting y Yao Qingqi	

Nota. La información e imágenes han sido obtenidas de (Shanlong Dai; Shao Zhukun; y Wu Weiting y Yao Qingqi).

- *Dispositivos para máquinas agrícolas*

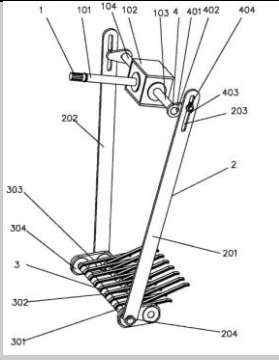
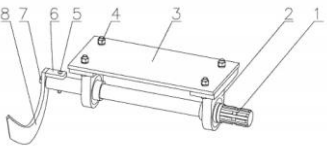
Dentro de los dispositivos o adecuaciones para máquinas agrícolas se destacan dos por su innovación y capacidad para resolver los problemas que se presentan en las máquinas comunes, gracias a estas soluciones se ha logrado mejorar la eficiencia de muchas de éstas grandes máquinas y reducir sus desventajas para convertirlas en fortalezas, las dos innovaciones se relacionan en la

tabla 9. La primera herramienta elaborada por los inventores Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu y Ye Jianqiu, corresponde a un dispositivo de evaluación por vibración excéntrica para cosechadoras de yuca, el cual es una adaptación para la máquina cosechadora común, y busca detectar las raíces de yuca y protegerlas, gracias a ello se incrementan los rendimientos de los cultivos de yuca y la eficiencia del trabajo (Hui et al., 2014).

La segunda invención fabricada por Hui Huang, Zhende Cui, Ming Li, Zhong Xue, Yuan Zhang, Wenwu Gao, Jin Zhang, y Yiguo Deng, se relaciona con un dispositivo antibloqueo aplicable a la cosechadora de yuca de doble hilera, gracias a esta herramienta se pueden evitar problemas por bloqueos de malezas o escombros en las cosechadoras de doble hilera y se elimina el requerimiento de tener que parar la producción para solucionar el problema del bloqueo, de esta manera se aumenta la eficiencia de la producción (Huang et al., 2012).

Tabla 9.

Dispositivos para máquinas agrícolas.

Invención	Inventor(es)	Imágen
Dispositivo de evaluación por vibración excéntrica para cosechadoras de yuca.	Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu, Ye Jianqiu.	
Dispositivo antibloqueo aplicable a la cosechadora de yuca de doble hilera.	Hui Huang, Zhende Cui, Ming Li, Zhong Xue, Yuan Zhang, Wenwu Gao, Jin Zhang, Yiguo Deng.	

Nota. La información e imágenes han sido obtenidas de (Huang Hui, Cui Zhende, Gao Wenwu, Ye Jianqiu; y Hui Huang, Zhende Cui, Ming Li, Zhong Xue, Yuan Zhang, Wenwu Gao, Jin Zhang, Yiguo Deng).

De acuerdo a las temáticas abordadas en esta sección, se evidencia que para el primer factor crítico de **selección de semilla**, los temas más relevantes fueron: la ingeniería genética, el cruzamiento de plantas, el tratamiento de plántulas, y la conservación in vitro. De esta forma se observa que las patentes vinculadas a este eslabón tienen como común denominador el desarrollo y mejoramiento genético de las semillas de yuca. Para el segundo factor crítico de **preparación del suelo y fertilización**, se evidenció un amplio volumen de patentes sobre métodos de preparación de suelos que favorecen los enraizamientos de las plántulas, y así mismo se pudo destacar un fertilizante que modifica los genes de la planta de yuca para aumentar su resistencia a la sequía. Para el tercer eslabón crítico de las **tecnologías de siembra y cosecha**, se destacaron

máquinas agrícolas las cuales fueron catalogadas de forma dependiente a su máximo aprovechamiento (agricultura extensiva, y agricultura parcelaria), de la misma manera sobresalieron dispositivos hechos para estas máquinas que favorecen su funcionalidad y disminuyen sus desventajas, tal es el caso de dispositivos antibloqueo por malezas, y dispositivos que disminuyen el material defectuoso. De esta manera se logró generar un panorama global de la dirección de las investigaciones e invenciones en cuanto a la cadena productiva de la yuca, este panorama mundial será a continuación evaluado frente a los avances de Colombia en materia de investigaciones y capacidades tanto regionales (Santander - Magdalena medio) como nacionales, con el fin de encontrar dicotomías en esta cadena productiva y generar un insumo de valor para la toma de decisiones de las partes interesadas en el presente estudio.

3.6 Comparación entre las capacidades de producción de yuca, en Colombia y otros países

A continuación, en la tabla 10 se exponen datos de interés, tanto para Colombia como para otros países, en materia de área cosechada, producción, rendimiento, adopción de semillas certificadas, sistemas de cultivo y tecnificación agrícola .

Tabla 10.

Desafíos mundiales

Temas	Datos de interés para Colombia	Datos de interés en otros países distintos a Colombia
Área cosechada	En Colombia el área cosechada de yuca en los años 2016 a 2017 fue de 212.636 h y 218.454 h	En Tailandia y Nigeria el área cosechada de yuca en el año 2016 fue de 1.378.885 h y 6.150.574 h respectivamente, mientras

Temas	Datos de interés para Colombia	Datos de interés en otros países distintos a Colombia
Producción	respectivamente, lo que supone un incremento de cerca del 3% (FAO, 2018). En el año 2016 la producción de yuca en Colombia fue de 2.107.577 Ton, y en 2017 de 2.187.757 Ton, lo que representa un aumento del 3,8% (FAO, 2018).	que en el año 2017 fue de 1.342.399 h y 6.792.349 h. Nigeria presentó un incremento del 10% y Tailandia un decrecimiento de 2,6% (FAO, 2018). Para el año 2016 la producción para Tailandia y Nigeria fue de 31.161.000 Ton y 59.565.916 Ton respectivamente, y en 2017 de 30.973.292 y 59.485.947. De igual manera, ambos países registraron decrecimientos, Tailandia con 6% y Nigeria con el 1,3% (FAO, 2018).
Rendimiento	El rendimiento de los cultivos en Colombia para el año 2016 fue de 9.91 Ton/ha y en 2017 de 10 Ton/ha, es decir, se aprecia un aumento en el rendimiento de 1% (FAO, 2018).	En Tailandia y Nigeria para el año 2016 se registraron rendimientos de 22.59 Ton/he y 9.68 Ton/ha respectivamente, para el año 2017 los rendimientos fueron 23 Ton/ha para Tailandia y 8,75 Ton/ha para Nigeria, es decir que Tailandia presentó un aumento en sus rendimientos de 1,8% y Nigeria por el contrario disminuyó sus rendimientos en 9,6% (FAO, 2018).
Semillas certificadas	Colombia posee gran variedad de yuca, lo cual se evidencia en el banco de genes del CIAT donde el 37% de la diversidad proviene de este país, utilizando su germoplasma para generar nuevas variedades con características mejoradas (CIAT, 2016). No obstante, en Colombia se establecen	Una nueva tendencia está surgiendo en el continente Africano forjando lazos de colaboración para diversificar la gama de proveedores de tecnología con Asia (India y China). Brasil y Australia también han estado proporcionando fortalecimiento de las oportunidades en la regulación, investigación y experiencia compartida con cultivos biotecnológicos. De esta

Temas	Datos de interés para Colombia	Datos de interés en otros países distintos a Colombia
	cultivos tradicionales de yuca provenientes de variedades regionales, las cuales han presentado en muchos casos rendimientos bajos y vulnerabilidad ante plagas y enfermedades (DANE, 2016). En consecuencia, se presenta una mínima adopción de material de siembra genéticamente modificado acorde con las condiciones abióticas del lugar de la plantación (MINAGRICULTURA, 2015).	forma, se destaca el enfoque de estudios e investigaciones en biotecnología y modificación genética de la cassava en Nigeria, Kenya y Uganda, encaminados a solventar los problemas de la enfermedad del mosaico, la mancha marrón y el deterioro del almidón pos-cosecha (ISAAA, 2017).
Sistemas de cultivo	En Colombia se realiza un manejo inadecuado de cultivo sin tener en cuenta las pendientes, laderas y los suelos de baja fertilidad sobre los que se encuentra una gran parte de la siembra. Así mismo, generalmente se desarrollan monocultivos, con dos o más siembras continuas empleando prácticas agronómicas inadecuadas. En consecuencia, dicho manejo de suelos acarrea erosión hídrica, química (como resultado de la alta extracción de nutrientes) y biológica, lo cual conlleva a la degradación y pérdida de los	El Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) desarrolla investigaciones en África encaminadas a mejorar el manejo de cultivos bajo condiciones específicas de clima y de cultivo. De igual forma, promueve enfoques que faciliten la disponibilidad y dispersión de materiales de siembra de buena calidad para los agricultores (IITA, n.d.). Dichas iniciativas se evidencian en proyectos financiados por organizaciones como la Fundación Gates, la cual cuenta con un programa denominado “Alianza para una revolución verde en África (AGRA)”, que tiene como propósito mejorar los rendimientos de la cassava en países como

Temas	Datos de interés para Colombia	Datos de interés en otros países distintos a Colombia
	terrenos (DANE, 2016).	Nigeria, Ghana, Tanzania, Uganda y la República Democrática del Congo, transfiriendo conocimiento a los agricultores en cuanto a técnicas modernas para la siembra, cosecha y comercialización del cultivo, y otorgándoles préstamos para la compra de fertilizantes. Tales iniciativas están enfocadas en incrementar la productividad agrícola y los ingresos originados de la misma (Fundación Bill & Melinda Gates, 2006).
Tecnificación agrícola	De acuerdo a un estudio poblacional realizado en Colombia en el 2016, se evidenció una tasa baja de utilización de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) por parte de los productores agropecuarios, así como un uso mínimo de estas tecnologías para el mejoramiento y optimización de los procesos productivos (HOLGUÍN et al., 2017). Igualmente, se ratifica este panorama con el diagnóstico de yuca en Colombia ejecutado en 2015, donde se exponen bajos rendimientos de producción agrícola derivados de la falta de	En países como Brasil y Tailandia se han desarrollado sistemas mecanizados de siembra y cosecha, lo que ha permitido reducir en gran medida los costos de producción (FAO, 2007). La adopción de estos sistemas se ve reflejado en el aumento de los rendimientos obtenidos.

Temas	Datos de interés para Colombia	Datos de interés en otros países distintos a Colombia
	paquetes tecnológicos en los procesos de plantación (MINAGRICULTURA, 2015).	

Ahora bien, con el propósito de analizar las capacidades a nivel nacional se muestra la figura 31 (obtenida con base en el uso del portal siembra¹⁷), donde se visualizan los grupos de investigación por región, orientados a generar proyectos en las cadenas productivas de yuca y ñame. Así, se observa que en Colombia existen 91 grupos que estudian dichos sectores estratégicos. Igualmente, cabe destacar que la región Andina predomina con 35 grupos, seguido de la región Pacífica y Caribe con 33 y 16 entes investigadores, respectivamente.



Figura 31. Grupos de investigación por región, relacionados con las cadenas productivas de yuca y ñame. Nota. Tomado de Portal Siembra, 2019. Recuperado de: www.siembra.gov.co

¹⁷ “El portal siembra (www.siembra.gov.co), una herramienta innovadora concebida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y administrado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica, hoy Agrosavia)” (MINAGRICULTURA, 2014).

A continuación, en la figura 32 (obtenida con base en el uso del portal siembra) se reflejan las categorías de los grupos de investigación mencionados anteriormente. Así, de acuerdo a su nivel de importancia y calidad se clasifican en A1, A, B, C, D, reconocido y no acreditada, observándose un total de 14, 12, 9, 29, 6, 3 y 18 grupos en estas categorías, respectivamente. Por lo tanto, se puede inferir que de los 91 grupos de investigación, la mayoría pertenecen a categorías de alta calidad. No obstante, se observa un alto porcentaje de entes investigativos no acreditados. Así, estos grupos de investigación representan el panorama general en Colombia, lo cual al contrastarlo con los proyectos de investigación que se han ejecutado en esta cadena productiva, se infiere que los estudios abordados son mínimos en comparación con la cantidad de grupos que existen. Igualmente, se analiza que las capacidades de estos grupos de acuerdo a las categorías en las que se posicionan, podrían explotarse para efectuar investigaciones de valor en este sector estratégico.



Figura 32. Grupos de investigación por categoría, relacionados con las cadenas productivas de yuca y ñame. Nota. Tomado de Portal Siembra, 2019. Recuperado de: www.siembra.gov.co

Posteriormente, en la figura 33 (obtenida con base en el uso del portal siembra) se exponen las 10 instituciones con mayor número de grupos de investigación a nivel nacional, en las que se realizan estudios en las cadenas productivas de la yuca y ñame. De tal manera, se destacan la Universidad del Cauca, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Universidad de Antioquia y Agrosavia. Por lo tanto, se observa que dentro de estas instituciones no se encuentra ninguna que pertenezca a Santander, de lo cual se infiere que aunque no se muestran grupos de investigación en esta región que estén trabajando en la cadena productiva de la yuca, cabe resaltar que el presente trabajo está vinculado al grupo de Investigación INNOTECH de la Universidad Industrial de Santander.

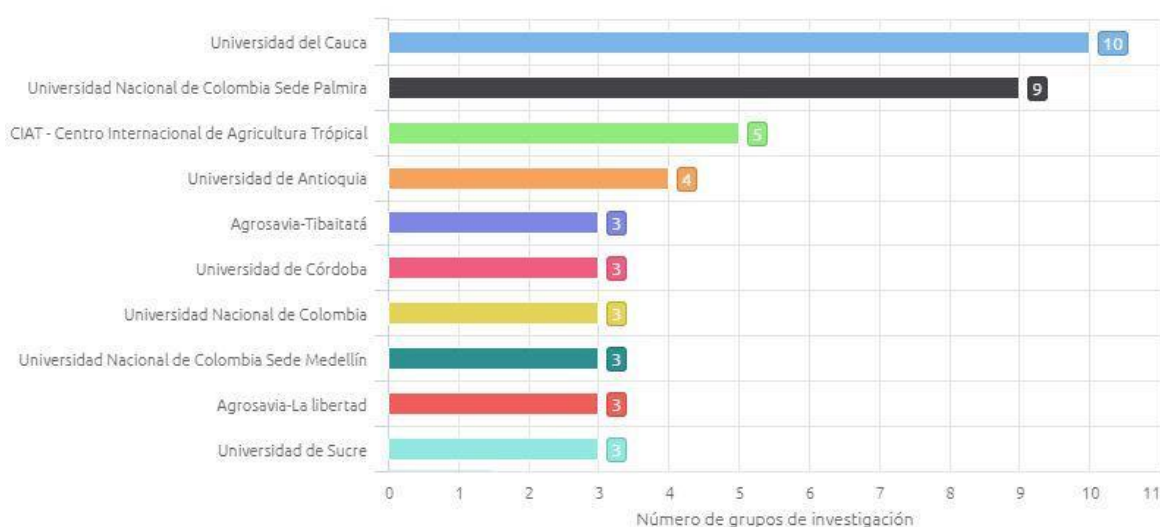


Figura 33. Grupos de investigación por institución, relacionados con las cadenas productivas de yuca y ñame. Nota. Tomado de Portal Siembra, 2019. Recuperado de: www.siembra.gov.co

Una vez descrito el panorama de capacidades a nivel nacional, se muestra en la figura 34 (obtenida con base en el uso del portal siembra) la dinámica de capacidades en Santander, en donde se detalla la cantidad de proyectos elaborados desde el año 2000 por área de investigación,

vinculados a las cadenas productivas de yuca y ñame, obteniéndose un total de 20 investigaciones realizadas. Siendo así, se observa que las áreas temáticas predominantes son alimentación y nutrición, manejo de cosecha, poscosecha y transformación, y calidad e inocuidad de insumos y productos. En concordancia con dicho indicador, se infiere que el desarrollo de proyectos en Santander enfocados al manejo de suelos y aguas, y material de siembra y mejoramiento genético, son nulos, en tanto que la ejecución de proyectos en las áreas temáticas de manejo del sistema productivo, y manejo cosecha, poscosecha y transformación, son mínimas, teniendo en cuenta la brecha de tiempo establecida.



Figura 34. Proyectos por áreas de Investigación en Santander, relacionados con las cadenas productivas de yuca y ñame. Nota. Tomado del Portal Siembra, 2019. Recuperado de: www.siembra.gov.co

De acuerdo a los temas de proyectos relacionados anteriormente, en la figura 35 (obtenida con base en el uso del portal siembra) se visualizan las organizaciones que los han llevado a cabo. De

esta manera, las instituciones que se encuentran son: el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la investigación y al desarrollo de la Yuca CLAYUCA, la Universidad Nacional de Colombia, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Siendo así, se evidencia que el CIAT y CLAYUCA son las organizaciones que ejecutaron la mayoría de proyectos.



Figura 35. Proyectos por organización en Santander, relacionados con las cadenas productivas de yuca y ñame. Nota. Tomado de Portal Siembra, 2019. Recuperado de: www.siembra.gov.co

Como resultado del análisis de la situación actual de Colombia, las tendencias mundiales y las capacidades a nivel nacional y en la región de Santander en el sector estratégico de la yuca, es posible deducir que Colombia y en específico la región de Santander se encuentra rezagada en materia de investigación e implementación de planes agrícolas de desarrollo en comparación con los países de mayor producción. Igualmente, al contrastar los rendimientos se refleja la carencia de prácticas agronómicas innovadoras, así como la falta de tecnificación en la producción del cultivo

en cuestión. Lo anterior, se evidencia en la cantidad de proyectos realizados a lo largo de los últimos 18 años en la región de Santander (expuestos en el Portal Siembra), que resulta ser una cifra ínfima y refleja la necesidad de emprender investigaciones en las diferentes áreas temáticas, en especial aquellas relacionadas con los factores críticos priorizados en el presente trabajo de investigación. Por otra parte, cabe destacar que la región de Santander no cuenta con instituciones propias encargadas de ejecutar estudios en la cadena productiva de la yuca, aspecto que puede ser tomado como uno de los factores limitantes. En consecuencia, se percibe que los proyectos efectuados en Santander corresponden a organizaciones que abordan investigaciones en diversas regiones, un ejemplo de este supuesto se resalta en las convocatorias que el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) financia en materia de investigación y desarrollo a nivel regional y nacional.

No obstante, también se resalta que además de poseer gran diversidad de variedades de yuca, y constituir la mayor cantidad de germoplasma que posee el CIAT, Colombia requiere dirigir sus esfuerzos en incrementar el número de entes investigadores en el sector de la yuca, y comenzar a implementar acciones para la adopción de material de siembra genéticamente modificado como respuesta a las necesidades y condiciones de cada región. Esta necesidad se constata al identificar que dentro de los grupos de investigación en Santander, no se encuentran proyectos en el área temática de material de siembra y mejoramiento genético.

En este sentido, y partiendo de la carencia identificada en cuanto a investigaciones y proyectos en la cadena productiva de la yuca para la región de Santander, se vislumbra que no existe transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación para los actores involucrados en los procesos de producción, llegando a representar así una brecha en cuanto al incremento de los rendimientos y la producción de este tubérculo en la región. Así mismo, este panorama contrastado

con las tendencias mundiales refleja oportunidades para llevar a cabo la implementación y mejoramiento de métodos, prácticas, técnicas y tecnologías, así como propiciar la transferencia de las mismas, con el propósito de potenciar este sector productivo.

4. Discusión

En concordancia con el estudio de vigilancia tecnológica, fue posible establecer tendencias científicas y tecnológicas en los 3 factores críticos identificados en la cadena de valor de la yuca (semilla, preparación del suelo y fertilización y tecnologías de siembra y cosecha). Así mismo, a través de la revisión de técnicas cuantitativas y bibliométricas se desarrolló el análisis pertinente para el estado de la ciencia y el estado de la técnica, donde se estableció la relación entre los países, autores e instituciones, que se muestran prolíficos en la realización de actividades de investigación relacionadas con el tubérculo de la yuca.

Ahora bien, frente al primer objetivo específico del presente proyecto “Estado y tendencias sobre el análisis cuantitativo-bibliométrico, asociado a la vigilancia tecnológica”, se evidenció el apoyo a los objetivos relacionados con el estado y tendencias científicas y tecnológicas del sector estratégico de la yuca, estableciendo una metodología, métodos, indicadores y software de análisis de datos de acuerdo a los resultados obtenidos así:

- **Metodología:** En primer lugar, se realizó la identificación de las bases de datos, en donde se escogió Scopus para abordar el estado de la ciencia y Espacenet para el estado de la técnica. Consecutivamente, se identificaron las palabras clave (keywords) necesarias para

la construcción de las ecuaciones de búsqueda referentes a cada uno de los temas en cuestión. Una vez prototipadas y ejecutadas las ecuaciones, se identificó la información a evaluar y se procedió a generar el pre-procesamiento de los datos, con el propósito de eliminar los documentos duplicados e irrelevantes. Posteriormente, se escogieron los métodos de evaluación de información, tales como indicadores, mapas bibliométricos, entre otros. Finalmente, para generar la visualización de los resultados, se emplearon diagramas matrices y mapas, para facilitar el posterior análisis del conjunto de datos.

- **Métodos de evaluación:** Entre los métodos de evaluación de información se encuentran los siguientes indicadores bibliométricos utilizados en los objetivos 2 y 3: número de publicaciones por autor o inventor, número de documentos por país y número de documentos por institución o afiliación. Igualmente, se empleó el mapeo de co-autores para dichos objetivos, con el fin de mostrar las redes y el grado de afinidad de la colaboración entre autores. No obstante, para el segundo objetivo se utilizaron adicionalmente dos métodos de evaluación: la matriz de keywords, en la que se reflejan las tendencias científicas como resultado de la evaluación de las áreas temáticas más influyentes, y el diagrama de burbujas, donde se ilustra la producción científica de las instituciones a lo largo de los años.
- **Software:** Para el desarrollo del segundo objetivo se empleó el software Vantage Point, que funciona como una herramienta especializada en minería de texto permitiendo descubrir patrones y relaciones entre los resultados obtenidos. Para el tercer objetivo, se emplearon los software Matheo Patent y Matheo Analyzer, el primero con el fin de extraer las patentes relacionadas a los eslabones priorizados, y el segundo con la finalidad de evaluar la información extraída previamente.

En segunda instancia, se produjo el desarrollo de las actividades que soportaban el segundo objetivo específico del presente trabajo, relacionado con el estado y tendencias científicas del sector estratégico de la yuca, donde se identificaron diversos hallazgos. Para la dinámica global de publicaciones realizada de acuerdo a la base de datos Scopus, relacionada con los 3 eslabones de la cadena priorizados entre los años 2000-2006 se observó una carencia de producción, mientras que en el periodo de tiempo comprendido entre 2007-2018 se evidenció una tendencia creciente de publicaciones. Seguidamente, se encontró que los países líderes (de acuerdo al número de publicaciones) en investigación relacionada con semilla son: Estados Unidos, Nigeria, Brasil, Colombia y China; para el factor de preparación del suelo y fertilización, lideran: Brasil, Nigeria, Tailandia e India; y para el eslabón de tecnologías de siembra y cosecha, los países que encabezan la lista son: China, Nigeria y Tailandia. Adicionalmente, se observaron las instituciones más prolíficas (con base en el número de publicaciones) de acuerdo a cada factor priorizado, para la semilla las instituciones líderes son: Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto de Biociencia y Biotecnología Tropical; en el tema de preparación de suelos y fertilización se identificaron las siguientes afiliaciones: departamento de ciencia de suelo de la facultad de agricultura de Kamphaeng, y la Institución de Investigación de Cultivos de Tubérculos Centrales de Sreekariyam; y para las tecnologías de siembra y cosecha se hallaron 2 instituciones principales: Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Guangxi y la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Hainan.

En concordancia con el análisis global de la información del segundo objetivo presentado anteriormente, se expone el panorama de conocimiento científico, así:

- **Semilla:** Se observaron investigaciones en genética, enfocadas hacia la modificación genómica del material de siembra para promover la variedad de yuca, mediante la alteración de las características fenotípicas; estudios relacionados con virus y plagas, para generar mecanismos de resistencia; documentos sobre almidón de yuca, vinculados al aumento de valor nutricional y variación en la cantidad de amilosa y amilopectina de acuerdo a su uso en la ingesta e industria; publicaciones relacionadas con el rendimiento para incrementar la productividad como consecuencia de la aplicación de métodos, prácticas y uso de semilla eficiente; y temáticas dirigidas a la adaptabilidad a condiciones de estrés abiótico (estrés a la sequía, temperatura, escasez de nutrientes y fluctuaciones de humedad).
- **Preparación del suelo y fertilización:** Se encontraron estudios relacionados con el aumento de los rendimientos, los cuales dependen de los nutrientes del suelo y los fertilizantes empleados; temas dirigidos a la preparación de fertilizantes, dependiendo de la calidad del suelo y el material sembrado; investigaciones en irrigación, encaminadas a satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos y la implementación de dispositivos y sistemas de riego; documentos de intercultivo, enfocados en el manejo de suelos y fertilizantes, en concordancia con los cultivos intercalados, así como sus beneficios; publicaciones en materia de labranza, dirigidas a la utilización de prácticas y métodos de preparación de suelos, y sus efectos en la productividad; y análisis preliminar de los suelos, los cuales permiten generar una predicción de los rendimientos, control de malezas y efectuar análisis de viabilidad económica.
- **Tecnologías de siembra y cosecha:** se observó que se encuentran enfocadas en 2 temáticas principales: la primera, cosechadoras, que emplean mecanismos de excavación,

herramientas biónicas, dispositivos de levantamiento y propiedades mecánicas de la yuca en el diseño estructural para aumentar la eficiencia de la cosecha; y en segundo lugar, sistemas de innovación agrícola, vinculados a la adopción de tecnologías y sistemas de producción sostenible para aumentar los rendimientos en los cultivos.

Así mismo, también se establecieron búsquedas en instituciones dedicadas a la investigación, donde se hallaron estudios sobre la implementación de herramientas de apoyo a la toma de decisiones agronómicas, en especial frente al tema de cultivo (tales como: tipo de fertilizante, material de siembra, fecha de cosecha, rendimientos entre otros).

En tercera instancia, se aborda el objetivo específico número 3, relacionado con el estado y tendencias tecnológicas del sector estratégico de la yuca, para la cual se estableció una revisión de la dinámica global de patentes, tomando como herramienta de apoyo el software Matheo Patent, logrando observar que en el panorama mundial de tecnologías de siembra y cosecha se ha evidenciado una tendencia de crecimiento constante. No obstante, en la dinámica de preparación del suelo y fertilización también se ha evidenciado un incremento en las patentes y desarrollos tecnológicos pero en menor medida. En cuanto a las patentes vinculadas con la semilla se ha observado una carencia de producción técnica.

La patentes halladas se catalogaron de acuerdo a los ejes temáticos del portal siembra, para lo cual se estableció una clasificación en 4 grupos (manejo del sistema productivo, manejo de suelos y aguas, manejo cosecha, poscosecha y transformación, y material de siembra y mejoramiento genético). En primer lugar, se encuentra el manejo del sistema productivo, el cual registró la mayor cantidad de publicaciones y abarca las múltiples técnicas de cultivo de yuca. En segundo lugar, se posiciona el manejo de suelos y aguas con la misma cantidad de registros que el manejo de cosecha, poscosecha y transformación, estos ejes temáticos muestran un aumento en la cantidad de patentes

registradas en los últimos años, aspecto que demuestra el interés mundial hacía las tecnologías de innovación. En tercer lugar, el material de siembra y mejoramiento genético en contraste con los demás ejes presenta menor grado de producción técnica.

Posteriormente, se estableció el panorama del conocimiento técnico para cada uno de los factores críticos priorizados, los cuales se muestran a continuación:

- **Semilla:** De acuerdo a los modelos de utilidad encontrados, se distinguieron 4 ramas principales que son abordadas en las patentes correspondientes al factor de semilla:
 - **Ingeniería Genética:** un elemento importante que hace factible la modificación genética es el promotor, ya que induce la transcripción de genes y ayuda a la calidad y cantidad de expresión de una proteína codificada por el ácido nucleico. Así, se generan plantas transgénicas con las características fenotípicas deseadas. De tal forma, se produce el mejoramiento de los cultivos en cuanto a calidad, rendimiento, resistencia a virus, estrés abiótico, etc.
 - **Cruzamiento de plantas:** Hace factible la reproducción de plántulas, con el propósito de crear nuevos genotipos en concordancia con el germoplasma de los parentales. Así, a través de los métodos de polinización cruzada, se busca mejorar la adaptabilidad a diversas condiciones, generar resistencia a virus, mejorar la productividad y calidad, así como proporcionar diversidad en la variedad de cassava. Igualmente, se destacan dispositivos de polinización cruzada, que facilitan el trabajo y minimizan los tiempos y mano de obra requerida.
 - **Tratamiento de plántulas:** Consiste en la preparación de soluciones para estimular la expresión de un gen. De esta forma, se destacan patentes encaminadas a permitir la resistencia a virus y plagas, y a aumentar el contenido nutricional.

- Conservación in vitro: se presentan modelos de utilidad dirigidos a preservar el germoplasma para su utilización en el mejoramiento genético. Por lo tanto, se presentan métodos de alta eficiencia, que a su vez permiten el ahorro de energía.

Por otra parte, cabe destacar la colección in vitro de germoplasma más grande del mundo que posee el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el cual realiza múltiples investigaciones enfocadas en la implementación de biotecnología para el mejoramiento genético de las semillas de yuca.

- Preparación del suelo y fertilización: para las patentes dirigidas a este factor se realiza una división que permite detallar los hallazgos de la investigación:
 - Preparación del suelo: Se presentan métodos, dispositivos y técnicas, encaminadas a la germinación rápida, aumento del rendimiento, calidad y disminución de costos de mano de obra. Así mismo, se evidencia que muchas de estas patentes involucran maquinarias multiusos (con dispositivos de arado, fertilización, siembra, cosecha, entre otros), y técnicas que describen todo el proceso de producción.
 - Fertilización: Relacionada con la elaboración de fertilizantes, donde cabe destacar que la mayoría contienen en su composición: nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). Así mismo, también se observa la implementación de estudios de suelos para determinar la cantidad y tipo de fertilizante que debe ser aplicado. Por lo tanto, se aumentan los rendimientos y la eficiencia del cultivo, como consecuencia del aporte necesario de nutrientes al terreno. Por otro lado, se destaca la aplicación de fertilizantes con activadores de expresión de la yuca, que permiten inducir la expresión de genes como la resistencia a la sequía.

- Tecnologías de siembra y cosecha: Se distinguieron 3 clasificaciones principales para las patentes encontradas que se asocian con este factor crítico de vigilancia tecnológica:
 - Máquinas cosechadoras: se dividen en dos grupos: cosechadoras para cultivos extensivos y cosechadoras para cultivos parcelarios. El primer grupo, aplica a terrenos de extensas superficies y planicies, donde se utilizan cosechadoras grandes para la extracción de yuca, recolección y aflojamiento del suelo, las cuales permiten una cosecha rápida, disminución de costos y tiempo de mano de obra. De igual forma, se evidencian modelos de utilidad que disminuyen los daños a las raíces de yuca, funcionan como herramienta de transporte, poseen dispositivos de corte de tallos, entre otras características. El segundo grupo, correspondiente a las cosechadoras para cultivos parcelarios, son utilizadas en terrenos irregulares y montañosos, donde la herramienta común presenta grandes problemas. Siendo así, se encuentran caracterizadas por su flexibilidad, alta adaptabilidad, portabilidad, bajo costo y eficiencia. Así mismo, se destaca que son las que más disminuyen la cantidad de material defectuoso, debido a que son maquinaria ligera. Por otro lado, también se distinguen las herramientas portátiles, que tienden a ser livianas y prácticas.
 - Máquinas sembradoras: Así como en las máquinas cosechadoras, también se realiza una distinción para las máquinas sembradoras en concordancia con el tipo de terreno. De esta forma, se destacan las máquinas sembradoras para cultivo extensivo, las cuales hacen surcos profundos para el buen drenado del suelo. Además, se observan sembradoras de doble hilera que tienen varios usos como el arado y fertilización. Por otra parte, se distinguen las sembradoras para cultivo parcelario, las cuales son capaces de arar, fertilizar, cortar vástagos de yuca, sembrar y realizar cobertura de las semillas.

Estas máquinas, son de operación económica, sirven para transportar los vástagos, son eficientes y reducen la mano de obra.

- Dispositivos para maquinaria agrícola: se distinguen patentes relacionadas con dispositivos para máquinas de cultivo, en donde se puede destacar las herramientas de detección de raíces de yuca y dispositivos antibloqueo para cosechadoras.

5. Conclusiones

- Se concluye que la utilización de software, indicadores, técnicas y métodos bibliométricos y/o cienciométricos, no sólo permite realizar minería de datos, generar reportes sobre el estado de la ciencia y posteriormente ejecutar los respectivos análisis en profundidad, sino además facilita el trabajo de los investigadores al poder abordar grandes volúmenes de información y así, visualizar de forma panorámica el conjunto de datos, encontrando redes de correlación y otros patrones que desde un entorno gráfico, agilizan la obtención de resultados de análisis.
- De acuerdo a lo observado en la dinámica global de la producción científica, se evidencia que las investigaciones referentes a la modificación genética del material de siembra de yuca, es uno de los pilares que conforman el estudio de la cadena productiva de la yuca, y Colombia participa en la generación de trabajos de investigación relacionados con esta temática, como uno de los países más prolíficos junto a Estado Unidos, Nigeria y Brasil. No obstante, a nivel nacional, la adopción de semilla mejorada es mínima y se concentra

en la región Pacífica colombiana, por lo que en Santander-Magdalena Medio se debe profundizar en estudios relacionados con la semilla y su cadena productiva, así como fomentar la utilización de material certificado, prácticas y tecnologías eficientes de cultivo.

- Al abordar la dinámica global de publicaciones científicas relacionadas con los eslabones de semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha, se evidenció que el primer y segundo factor son áreas ampliamente investigadas, no obstante con respecto al tercer factor (tecnologías de siembra y cosecha) las publicaciones se encuentran en un estado incipiente, resaltando que la mayor cantidad de investigaciones se han generado en la región Asiática. Contrariamente sucede en la dinámica del estado de la técnica, donde el eslabón de la semilla presenta una amplia carencia de patentes, y los factores de las tecnologías de siembra y cosecha, y preparación del suelo y fertilización, representan la mayor cantidad de invenciones y modelos de utilidad.
- Conforme al análisis del indicador de las áreas investigadas para Santander - Magdalena medio del portal Siembra, se observa que la región posee una gran carencia de investigaciones relacionadas con los tres eslabones priorizados (semilla, preparación del suelo y fertilización, y tecnologías de siembra y cosecha), y la mayoría de sus investigaciones se concentran en la transformación de esta materia prima (yuca), y mejoramiento de la calidad para la alimentación y nutrición humana y animal. De esta manera se analiza que el direccionamiento de las investigaciones de esta región apunta al desarrollo de la industria yuquera, no obstante como se evidencio en la evaluación de la cadena de valor de la yuca y en las entrevistas con investigadores y demás partes interesadas, los principales facotres críticos son: la selección de semilla, la preparación del suelo y fertilización, y las tecnologías de siembra y cosecha. Por lo cual para que exista el

desarrollo de una industria diversificada y sólida, se debe partir primero de la generación de buenas técnicas, métodos y prácticas eficientes de producción, que generen materias primas de alta calidad, a bajos costos y de una manera constante.

- De igual manera se concluye que es imprescindible establecer alianzas estratégicas con instituciones, que se encuentren realizando investigaciones en los factores críticos estudiados con el fin de apoyar el desarrollo de la cadena productiva, focalizándose principalmente en nuevos materiales acordes a las condiciones ambientales de la región, métodos y técnicas de siembra, y tecnologías de siembra y cosecha. Un punto de partida es establecer nexos con las instituciones Agrosavia de la región caribe, la Corporación Clayuca, y el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, debido a sus amplias investigaciones en material y métodos de siembra. Así mismo, las tecnologías de siembra y cosecha son un factor clave, para lo cual la Universidad de Guangxi y la Academia China de Ciencias Agrícolas Trópicas, pueden impulsar este eslabón con la transferencia de su conocimiento.
- Se concluye que es necesario establecer políticas agrícolas desde las gobernaciones que permitan generar la difusión y comunicación de la tecnología, así como establecer investigaciones en métodos de transferencia de conocimientos y técnicas de planeación de cultivos hacia el pequeño agricultor, para generar acompañamientos que disminuyan los riesgos de implementación, pues una de las principales dificultades que afronta este gremio es la carencia de conocimientos y acompañamiento.
- En concordancia con los resultados obtenidos en la investigación de producción científica y tecnológica para el factor crítico de la semilla, se observa un auge en la modificación genética, a través de mecanismos como los promotores, que permiten alterar las

características fenotípicas de la yuca. Además, se encuentran múltiples métodos de polinización cruzada, los cuales crean nuevos genotipos, incrementando la diversidad de la yuca. Así mismo, se destaca el tratamiento de plántulas para inducir la expresión de genes. Por lo tanto, dichos métodos permiten desarrollar semillas de alta calidad, elevado rendimiento, valioso contenido nutricional, y de resistencia a enfermedades y estrés abiótico. Cabe destacar que las variaciones en las características de la yuca están ligadas a su uso en la alimentación y en la industria.

- En referencia al eslabón de la preparación del suelo, sobresalen en el estado de la ciencia y la técnica áreas vinculadas con maquinaria de arado, para el aflojamiento de los terrenos, técnicas de labranza y sistemas de irrigación. Lo anterior facilita el desarrollo de las raíces tuberosas, aumenta los rendimientos y disminuye los costos por concepto de mano de obra. Por otra parte, la fertilización es un tema ligado con el aumento de los nutrientes en la tierra. Siendo así, predominan fertilizantes ricos en potasio, nitrógeno y fósforo, dirigidos a terrenos secos, que coadyuvan a la cassava a desarrollarse en ambientes de estrés hídrico, lo cual serviría de gran ayuda a los territorios pertenecientes al Magdalena medio susceptibles al desabastecimiento de agua. Además, se están desarrollando fertilizantes con activadores de genes de yuca para aumentar la resistencia a la sequía, virus, y plagas. De igual forma, se destaca el manejo de suelos y aplicación de fertilizantes para cultivos mixtos, los cuales generan aumentos en la productividad y minimizan la aparición de enfermedades, gracias a los nutrientes aportados entre plantaciones.
- Como resultado del análisis de las tendencias científicas y técnicas de las tecnologías de siembra y cosecha, se distinguen máquinas y dispositivos para agricultura extensiva y agricultura parcelaria. En el campo de las cosechadoras, se observa la implementación de

herramientas biónicas, trituradoras, excavadoras, cortadoras y la utilización de las propiedades mecánicas de la yuca en el diseño estructural de dichas máquinas. Lo anterior se realiza con el fin de disminuir los costos por mano de obra, minimizar la pérdida de material, y aumentar la eficiencia de la recolección. Ahora bien, dentro de los mecanismos de siembra, se encuentran herramientas y máquinas sembradoras de cassava multifuncionales, capaces de realizar el labrado, la siembra y la fertilización de los terrenos simultáneamente, obteniendo altos beneficios en los rendimientos de los cultivos, disminuyendo la mano de obra utilizada y facilitando el proceso de siembra. De igual forma, sobresalen los sistemas de innovación agrícola encaminados a la adopción de tecnologías y sistemas de producción sostenibles. De esta manera, en el marco del proyecto Agrópolis-MACTOR, las máquinas y dispositivos que mejor se adaptarían serían los de la agricultura parcelaria, ya que esta se realiza en terrenos de ladera de baja calidad y reducida extensión, donde el uso de agroquímicos y riego es limitado.

- Al efectuar la comparación entre los países más prolíficos en el estado de la ciencia y la técnica para los tres factores priorizados, se observó que en las investigaciones científicas se sitúan Nigeria, Colombia, Brasil, China y Tailandia, mientras que en las tecnológicas se destacan principalmente China y Estados Unidos. En consecuencia, se deduce que Colombia es uno de los países predominantes en los estudios científicos, no obstante, en el desarrollo de patentes no se evidencian aportes significativos. Este panorama, permite vislumbrar la necesidad de impulsar la creación de nuevas tecnologías, con el propósito de aumentar las capacidades del país y específicamente las del Magdalena Medio.
- Con el propósito de potenciar el desarrollo agrícola en la cadena productiva de la yuca en Santander-Magdalena Medio, es indispensable en una primera instancia efectuar un estudio

de suelos con el fin de definir las condiciones abióticas y la calidad del suelo. Una vez realizado este primer paso, se debe proceder a indagar en los bancos de germoplasma para seleccionar la semilla adecuada según el tipo de suelo, no obstante, es importante generar investigación, innovación y desarrollo en estos tipos de semilla, para aumentar los rendimientos, vencer las barreras de la estacionalidad del cultivo, las limitaciones de plagas y aumentar el contenido de nutrientes y calidad. Para lograr esto, es importante tener en cuenta las patentes mencionadas en el presente proyecto, ya que brindan herramientas y conocimientos para el mejoramiento del material de siembra. Posteriormente, se debe efectuar la preparación del suelo y la fertilización, donde es factible emplear los métodos, dispositivos y disoluciones mostradas en esta investigación, ya que contribuyen a incrementar la productividad del cultivo, sin embargo, teniendo en cuenta que los factores ambientales son variantes, siempre será necesario innovar para adaptarse a las nuevas condiciones. Por último, en cuanto a las tecnologías de siembra y cosecha, es necesario emplear los dispositivos, métodos y maquinaria mencionados para la agricultura parcelaría, debido al terreno del magdalena medio, y alineado a estos desarrollar innovaciones que mejoren los resultados de implementar las invenciones del presente estudio.

- Con base en el presente estudio de vigilancia tecnológica, se analiza que de ser priorizados los eslabones del presente trabajo (semilla, preparación del suelo y fertilización, tecnologías de siembra y cosecha), no solo se desarrollaría de manera eficiente la cadena productiva de la yuca, sino que daría paso a la construcción de una industria de transformación sólida, con material de alta calidad y constante durante todas las épocas del año, lo que generaría un beneficio no solo para las empresas transformadoras de la materia prima y agricultores,

sino también para todas las partes involucradas, entre ellas empresas distribuidoras de fertilizantes, maquinarias, agrónomos e instituciones investigadoras.

6. Recomendaciones

- De acuerdo a las tendencias en herramientas de apoyo¹⁸ a la toma de decisiones mencionadas en el presente proyecto, se recomienda masificar e implementar su uso en la producción de yuca en Santander-Magdalena Medio, ligado al análisis preliminar de suelos, con el propósito de disminuir el grado de incertidumbre en relación al tipo y cantidad de fertilizante que debe ser empleado, la selección del material de siembra, obtener fechas de siembra y cosecha, estimaciones de los rendimientos y recibir sugerencias acerca de técnicas y métodos para promover el buen desarrollo del cultivo.
- En concordancia con lo revelado por el estudio de vigilancia tecnológica, se evidencia que no hay entidades investigando sobre los eslabones críticos identificados en el cultivo de la yuca en Santander. Por lo tanto, se recomienda generar organizaciones de investigación y desarrollo tecnológico dentro de las instituciones agrícolas y propiciar la transferencia de tecnologías y conocimiento entre los diferentes actores involucrados en la cadena de valor de la yuca.
- Con base en los eslabones críticos identificados en la cadena productiva de la yuca para la región de Santander-Magdalena Medio, se recomienda en primer lugar ejecutar estudios

¹⁸ Herramientas de apoyo a las decisiones como el Sistema de Apoyo a la Decisión para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT) y la herramienta de Agronomía para la Yuca en África (ACAI).

de pre-factibilidad del modelo agrícola seguido de la implementación de técnicas y dispositivos de evaluación y preparación del suelo, ligado a la adopción de semilla certificada, así como el uso de fertilizantes de acuerdo a los requerimientos del terreno y el material de siembra, y finalmente, la utilización de máquinas, herramientas y dispositivos acorde al tipo de agricultura, ya sea extensiva o parcelaria. De forma consecuente, una vez superados los tres factores críticos identificados, es fundamental dirigir los esfuerzos hacia la investigación en la transformación de la yuca para generar industrias diversificadas a base de yuca.

- Se sugiere establecer redes colaborativas de transferencia de tecnología y conocimiento entre los diferentes actores, tales como entes investigadores, industrias, agricultores, entre otros. Lo anterior, con la finalidad de potenciar el sector estratégico de la yuca en Santander - Magdalena Medio. Así mismo, es indispensable sensibilizar y supervisar la adopción de estas prácticas, tal y como se evidenció en el caso de éxito de Nigeria.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe Colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial*. Cartagena.
- Alemañ, M. (2015). CEFEGEN. Retrieved from <https://cefegen.es/blog/la-huella-dactilar-genetica-que-es-para-que-sirve>.
- Alfonso, K. (2017). Los cultivos de maíz y yuca fueron los que más crecieron durante el año pasado. *La República*, p. 2. Retrieved from <https://www.larepublica.co/economia/los-cultivos-de-maiz-y-yuca-fueron-los-que-mas-crecieron-durante-el-ano-pasado-2535214>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). La yuca. In *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca* (p. 13). Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1028s/a1028s01.pdf>
- Asghar, I., Cang, S., & Yu, H. (2017). Assistive technology for people with dementia: an overview and bibliometric study. *Health Information and Libraries Journal*, 34, 15. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/hir.12173>
- Banco de la República. (2018). *Coyuntura del sector agropecuario colombiano*. Retrieved from <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/informe-congreso-marzo-2018-recuadro-2.pdf>
- Bhattacharjee, A. (1998). Management of Emerging Technologies: Experiences and lessons learned at US West. *Information and Management*, 263–272.
- Bedoya, C., Uribe, J., & Gomez, V. (2013). *La Globalización*.
- Benchi, Y., Huan, P., Jun, L., Qiang, H., Yanchun, L., Hua, Z., ... Yinong, T. (2017). Bisexual flower breeding method of manihot esculenta.

Bickers, D. R., & Modlin, R. L. (2012). A review of the journal of investigative dermatology's most cited publications over the past 25 years and the use of developing bibliometric methodologies to assess journal quality. *Journal of Investigative Dermatology*, 132, 10.

BioAgro Technologies. (2019). BioAgro Technologies. Retrieved from <http://brioagro.es/agricultura-extensiva/>

Castro, A. (2017). *Diseño de un modelo de trabajo colaborativo entre actores del sector agropecuario para el desarrollo de la Agrópolis de Santander- Magdalena medio*.

Cgiar. (2017). *Reporte Anual 2017*. Retrieved from <http://www.rtb.cgiar.org/2017-annual-report/>

Changde, J., & Yanhui, H. (2017). Compound microbial preparation for preventing brown spot of cassava and preparing method thereof.

Chen, H., Yan, Y., Jiang, W., & Zhou, J. (2014). A bibliometric investigation of life cycle assessment research in the web of science databases. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 11. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0777-3>

CIAT. (2013). CIAT. Retrieved from <https://ciat.cgiar.org/ciat-projects/identification-and-development-of-waxy-starch-genotypes-of-cassava/>

CIAT. (2016a). CIAT. Retrieved from <https://ciat.cgiar.org/ciat-projects/genetic-improvement-of-cassava/>

CIAT. (2016b). CIAT. Retrieved from <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/breeding-better-crops/rooting-for-cassava/>

Clarivate. (2018). Clarivate. Retrieved from <https://clarivate.com/products/web-of-science/databases/>

Clarke Modet & C°. (2013). Vigilancia e Inteligencia Tecnológica. Retrieved from

<https://www.clarkemodet.com/es/faqs/inteligencia-tecnologica.html>

Cobo, M. ., Lopez-Herrera, A. ., Herrera- Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science Mapping Software Tools: Review, Analysis, and Cooperative Study Among Tools. *JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 21.

Compañía de información tecnológica Guigang Houshun. (2018). Ploughing machine.

CORPOICA. (2016). *Plan estratégico de Ciencia , Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano*.

CORPOICA. (2017). *Corpoica, a puertas de lanzar nuevas variedades de Yuca industrial para el caribe colombiano*. Retrieved from <http://www.corpoica.org.co/noticias/generales/yuca-turipaná/>

Cristino, T. M., Faria Neto, A., & Branco Costa, A. F. (2017). Energy efficiency in buildings: analysis of scientific literature and identification of data analysis techniques from a bibliometric study. *Scientometrics*, 114, 51. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-017-2615-4>

Dai, S. (2012). Sugarcane planting mechanism.

DANE. (2016). *El cultivo de la yuca (Manihot Esculenta Crantz)*.

Danning, J. (2018). Cabbage harvester.

De Solla Price, D. (1986). *Little Science Big Science and Beyond*.

Degoul, P. (1992). “Le pouvoir de l’information avancée face au regne de la complexité.” *Annales de Mines*.

Dong, L. (2018). Application of cassava metps1-3 gene expression activators to preparing fertilizers for enhancing drought resistance of cassava.

El País. (2018). PIB agropecuario fue del 25 % entre 2010 y 2017: Minagricultura. *El País*, p. 1. Retrieved from <https://www.elpais.com.co/economia/pib-agropecuario-fue-del-25-entre-2010-y-2017-minagricultura.html>

ELSEVIER. (2018). ELSEVIER. Retrieved from <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>

Elsevier. (2019). Elsevier. Retrieved from <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>

EL TIEMPO. (2000). Santander, pasó de productor a importador de yuca. Retrieved from <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1253990>

European Patent Office. (2018). European Patent Office. Retrieved from <https://www.epo.org/news-issues/news/2018/20181019.html>

FAO. (2007). *Guía técnica para producción Y análisis de almidón de yuca*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>

FAO. (2008). *Yuca para la Seguridad Alimentaria y Energética*. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000899/index.html>

FAO. (2018). FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>

FAO. (2019). FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/wiews/glossary/es/>

Fernandez-Pol, S., & Fernandez-Pol, J. A. (2009). Tandem repeat dna constructs producing proteins that attack plant pathogenic viruses fungi and bacteria by disrupting transcription factors essential for replication thereof in plants. Retrieved from http://worldwide.espacenet.com/searchResults?ST=singleline&locale=en_EP&submitted=true&DB=worldwide.espacenet.com&query=EP2123762A3

FINAGRO. (2014). *Perspectiva del sector agropecuario colombiano*. Retrieved from https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2014_09_09_perspectivas_agropecuarias.pdf

Findeter. (2016). *Diamante Caribe y Santanderes de Colombia*. Findeter. Retrieved from https://www.findeter.gov.co/publicaciones/diamante_caribe_pub

- Findeter, Metropoli Ecosystems, Microsoft, Universidad del Norte, & Universidad Industrial de Santander. (2016). *Diamante Caribe y Santanderes*. Retrieved from https://www.findeter.gov.co/publicaciones/403056/libro_blanco_del_diamante_caribe_y_santanderes/
- Fregene, M. (2012). Short growth cycle high yield cold tolerant cassava germplasm: their production and use in fuel ethanol starch sucrose food and feed value-added chains in the us.
- Fundación Bill & Melinda Gates. (2006). Bill & Melinda Gates Foundation. Retrieved from <https://www.gatesfoundation.org/es/How-We-Work/Resources/Grantee-Profiles/Grantee-Profile-Alliance-for-a-Green-Revolution-in-Africa-AGRA>
- Garfield, E. (2004). Historiographic mapping of knowledge domains literature. *Journal of Information Science*, 30(2), 119–145. <https://doi.org/10.1177/0165551504042802>
- Gibbons, P., & Prescott, J. (1996). Parallel competitive intelligence processes in organisations. *International Journal of Technology, Special Issue On Informal Information Flow Management*, 11, 1–12.
- Glanzel, W. (2012). Bibliometric methods for detecting and analysing emerging research topics. *Scientometrics*, 21, 8. Retrieved from <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2012/marzo/11.pdf>
- Gobernación de Santander. (2016). *Plan de Desarrollo Departamental- Santander 2016-2019*.
- Guevara Patiño, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *FOLIOS*, 44, 15. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/folios/n44/n44a11.pdf>
- Hengrui, L., Lianjun, L., Wenwu, Q., Wenqing, M., Chong, P., Dingshou, S., ... Wenlin, W. (2015). Artificial-bursting cross pollination method for cassava.
- Hengrui, L., Wenwu, Q., Zuzheng, L., PING, L., Wenlin, W., Haisheng, C., ... Qiulian, N. (2016). Multifunctional portable cassava harvesting machine.

- Hervas Oliver, J. L., Gonzalez, G., Caja, P., & Ripol, S. R. (2015). Clusters and Industrial Districts: Where is the Literature Going? Identifying Emerging Sub-Fields of Research. *European Planning Studies*, 23, 45.
- Holguín, H., Salas, N., García, J. M., Rincón, S., Mejía, L. E., Portilla, D., & Rubiano, A. (2017). *Usabilidad de TIC y consumo digital en el sector agropecuario colombiano*. Retrieved from http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_299.pdf
- Hongguang, L. (2016). Cassava pollination tool.
- Hong, S. (n.d.). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Retrieved from https://www.wipo.int/sme/es/documents/patent_information.htm
- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para una investigación documental. Guía teórico- práctica sobre construcción de estados del arte*.
- Huang, H., Cui, Z., Li, M., Xue, Z., Zhang, Y., Gao, W., ... Deng, Y. (2012). Anti-blocking device applicable to double-row cassava harvester.
- Hui, H., Zhende, C., Wenwu, G., Zhong, X., Yuan, Z., & Jianqiu, Y. (2013). Portable cassava digging machine.
- Hui, H., Zhende, C., Wenwu, G., Zhong, X., Yuan, Z., & Jianqiu, Y. (2014). Eccentric vibration screening device for cassava harvester.
- ICONTEC. Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (i+d+i) Terminología y Definiciones de las actividades de i+d+i (2008).
- IITA. (n.d.). IITA. Retrieved from <http://www.iita.org/research/our-research-themes/>
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (2016). Cultivo de yuca.

ISAAA. (2017). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*.

Ka, L. S. (2011). [en] a cultivation method for cassava procuced with proper fertilizer.

Khan Academy. (2018). Khan Academy. Retrieved from <https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/overview-of-transcription>

King, A. (2017). Technology: The Future of Agriculture. *Nature*, 544, S21–S23. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/544S21a>

Konur, O. (2012). The scientometric evaluation of the research on the production of bioenergy from biomass. *Biomass and Bioenergy*, 47, 11. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096195341200387X>

Kundian, L. (2013). Hilly-sloppy land cassava flat furrow and black plastic film mulched seed stem obliquely-inserting and cultivation technology.

Mao, G., Hongyang, Z., Guanyi, C., Huibin, D., & Jian, Z. (2015). Past, current and future of biomass energy research: A bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 10. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115007881>

Mao, G., Liu, X., Du, H., Zuo, J., & Wang, L. (2015). Way forward for alternative energy research: A bibliometric analysis during 1994–2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 10. Retrieved from <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2191/science/article/pii/S1364032115002543#!>

MARTIN PEREDA, J. . (1995). *PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: UNA INTRODUCCIÓN A SU METODOLOGÍA Y A SU APLICACIÓN EN DISTINTOS PAÍSES*. Retrieved from http://oa.upm.es/22189/1/Prospectiva_Tecnologica.pdf

MARTÍNEZ GARCÍA, J. (2017). *ANÁLISIS DE INTELIGENCIA COMPETITIVA DE LA AGROINDUSTRIA EN PROCESADOS DE YUCA Y POSICIONAMIENTO EN MERCADOS NACIONAL E INTERNACIONAL*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Retrieved from <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0073030.pdf>

MINAGRICULTURA. (2014). Cadena Agroindustrial de la Yuca en Colombia- CAYUCOL.

MINAGRICULTURA. (2015). *Indicadores Diciembre 2015 Cadena de la Yuca*.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). *Diagnóstico de la cadena de la yuca en Colombia*.

Ministerio de Ciencia tecnología e Innovación productiva. (2015). *Guía nacional de vigilancia e inteligencia estratégica*. Buenos aires.

Mirkouei, A., Haapala, K. R., Sessions, J., & S.Murthy, G. (2017). A review and future directions in techno-economic modeling and optimization of upstream forest biomass to bio-oil supply chains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 20. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116304865>

Mulrow, C. (1994). Rationale for systematic reviews. *PubMed*, 309, 3. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2541393/pdf/bmj00455-0051.pdf>

Nalimov, V., & Muljenko, B. (1971). Measurement of science. Study of the development of science as an information process. Washington DC: Foreign Technology Division.

Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología. (n.d.). Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología.

Ortega, E., & Delzo, Y. (2016, October 1). ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28607.10408>

Ou, W., Mao, X., Huang, C., Tie, W., Yan, Y., Ding, Z., ... Hu, W. (2018). Genome-Wide Identification and Expression Analysis of the KUP Family under Abiotic Stress in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Frontiers in Physiology*, 9, 17.

Patel, P. (2000). "From Knowledge Management to Strategic Competence."

Pernett Benavides, A. M., Orozco Gallardo, C. D., & Negrete, N. C. (2015). *ESTUDIO PROSPECTIVO ESTRATÉGICO DEL SECTOR YUQUERO EN EL DEPARTAMENTO DEL*

- ATLÁNTICO AL HORIZONTE DEL AÑO 2020*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Retrieved from <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/3810/5/72142476.pdf>
- Picón Paez, Y. A., & Ardila Garcia, J. (2013). DIAGNÓSTICO DEL TERRITORIO MAGDALENA MEDIO.
- Pilkington, A., & Meredith, J. (2009). The evolution of the intellectual structure of operations management—1980–2006: A citation/co-citation analysis. *Journal of Operations Management*, 27, 17.
- Ping, L., Lianjun, L., Hengrui, L., Haisheng, C., Junfeng, X., Hongliang, H., ... Lan, F. (2017). In vitro preservation culture medium for cassava embryogenic callus.
- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25, 348–349.
- Proyectoip intelligence solutions. (2007). Vigilancia Tecnológica.
- Ramirez, J. (2016). CGIAR. Retrieved from <https://blog.ciat.cgiar.org/brewing-a-cassava-crop-model/>
- Real Academia Española. (2001). Real Academia Española.
- Ronderos Torres, C. (2010). Inversión extranjera y Competitividad. *Globalization, Competitiveness & Governability*, 4, 72–87. <https://doi.org/10.3232/GCG.2010.V4.N2.05>
- Schmitt, F., Ferullo, J.-M., Sailland, A., & Paget, E. (2004). Expression cassette encoding a 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (epsps) and herbicide-tolerant plants containing it. Retrieved from http://worldwide.espacenet.com/searchResults?ST=singleline&locale=en_EP&submitted=true&DB=worldwide.espacenet.com&query=WO2004053134A1
- Scimago Lab. (2018). Scimago Journal and Country Rank. Retrieved from <https://www.scimagojr.com/>

Sectoriales Grupo de Información y Estadísticas- GIES. (2017). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2015.pdf*.

SUÁREZ, E. M., & OLARTE LASSO, M. A. (2017). *ANÁLISIS DE LA CADENA PRODUCTIVA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA EN EL CULTIVO DE LA YUCA EN COLOMBIA*. Universidad del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/14196/MárquezSuárez-Estefanía-2017.pdf?sequence=7>

Tam Ha, C., Tan, S. B., & Soo, K. C. (2006). The Journal Impact Factor: Too Much of an Impact? *Annals of the Academy of Medicine Singapore*, 35, 6. Retrieved from <http://www.annals.edu.sg/pdf/35VolNo12Dec2006/V35N12p911.pdf>

Tsay, M., & Yang, Y. (2005). Bibliometric analysis of the literature of randomized controlled trials. *Journal of the Medical Library Association*, 93, 8. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1250321/>

Uribe, C., Fonseca, S., Bernal, G., Contreras, C., & Castellanos, O. (2011). *Sembrando innovación para la competitividad del sector agropecuario colombiano*.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Measuring Scholarly Impact. In *Visualizing Bibliometric Networks* (pp. 285–320). Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-10377-8_13#citeas

Wallin, J. A. (2005). Bibliometric methods: Pitfalls and possibilities. *BASIC & CLINICAL PHARMACOLOGY & TOXICOLOGY*, 97, 15.

Wang, Y., Jian, Y., & Xingman, M. (2015). Vibration digging and puling type cassava harvester.

Wei, H., Zehong, D., Weiwei, T., & Yan, Y. (2017). Method for improving content of melatonin in cassava.

Weiting, W., & Qingqi, Y. (n.d.). Automatic seed sowing device for cassava.

Wenjun, O., Kaimian, L., Genghu, L., Songbi, C., & Jianqiu, Y. (2013). Method for conservation in vitro of cassava germplasm resources with stability and high efficiency.

Xianqiang, L. (2016). High-yield cassava planting method.

Yataganbaba, A., Ozkahraman, B., & Kurtbas, I. (2017). Worldwide trends on encapsulation of phase change materials: A bibliometric analysis (1990–2015). *Applied Energy*, 185, 12. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916315549?via%3Dihub>

Yizhao, G., Xiaogang, R., Renqing, S., Han, L., & Shiyang, Z. (2013). Reversed rotary tillage high-wide ridge double-row cassava planter.

Zhiqiang, Y. (n.d.). Small shaking type cassava harvester.

Zhixi, Y., Xindao, T., Zhiyang, L., Yongqing, Z., Shiyu, H., Baisong, L., ... Lei, G. (2014). Double-rod cassava harvester.

Zhukun, S. (n.d.). Cassava automatic rapid planting device.