

# Propuesta de Árbol Temático y Tecnológico sobre la Ingeniería Agroindustrial como Herramienta para un Estudio de Prospectiva

Jhon W. Zartha, Verónica T. Álvarez, Juan C. Oviedo y Gina L. Orozco

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Circular 1ª # 70-01 Laureles, Medellín-Colombia. (e-mail: [jhon.zartha@upb.edu.co](mailto:jhon.zartha@upb.edu.co); [v Alvarez@uqvirtual.edu.co](mailto:v Alvarez@uqvirtual.edu.co); [juan.oviedo@upb.edu.co](mailto:juan.oviedo@upb.edu.co); [gina.orozco@upb.edu.co](mailto:gina.orozco@upb.edu.co))

Recibido Nov. 20, 2018; Aceptado Feb. 5, 2019; Versión final Mar. 5, 2019, Publicado Ago. 2019

---

## Resumen

Se presenta una propuesta de árbol temático y tecnológico para programas de Ingeniería Agroindustrial como insumo para la realización de estudios de prospectiva que fortalezcan su direccionamiento estratégico. Se realizó una revisión de literatura en Scopus sobre 84 artículos relacionados con las palabras clave *Ingeniería Agroindustrial* en aspectos tales como país de origen, autores y contenidos temáticos. Entre los resultados más importantes se observa la identificación de 294 temas y tecnologías relacionadas con cuatro ejes temáticos: tecnología de la información y las comunicaciones, sostenibilidad, residuos agroindustriales y biotecnología. Se observó que entre los cuatro ejes se aportan nuevos temas y tecnologías que se pueden tener en cuenta para la reestructuración del plan de estudios de las facultades de Ingeniería Agroindustrial. También sirven para la priorización de los temas, tecnologías e innovaciones en términos de experiencias formativas o cursos de capacitación, programas de extensión, nuevas líneas de investigación y creación de nuevos programas de posgrado.

*Palabras clave:* Ingeniería agroindustrial; agroindustria; tecnologías; currículo innovador

## Proposal of a Thematic and Technological Tree on Agroindustrial Engineering as a Tool for a Prospective Study

### Abstract

This article presents a thematic and technological tree proposal for Agroindustrial Engineering programs as an input for the development of prospective studies that strengthen their strategic direction. A literature review through the use of Scopus was carried out on 84 articles related to the keywords *Agroindustrial Engineering*, in aspects such as country of origin, authors and thematic and technological contents. Among the most important results is the identification of 294 topics and technologies related to four thematic axes: Information and communications technology, sustainability, agro-industrial byproducts and biotechnology. It was observed that between the four axes new topics and technologies appear that should be taken into account for the restructuring of the curriculum of the faculties of Agroindustrial Engineering. They are also useful for the prioritization of the subjects, technologies and innovations in terms of experiences formative or training courses, extension programs, new lines of research and creation of new postgraduate programs.

*Keywords:* agroindustrial engineering; agroindustry; technologies; innovative curriculum

## INTRODUCCION

La Ingeniería Agroindustrial, está asociada a la conversión de los recursos agrícolas en productos con valor agregado, contribuyendo así al desarrollo agrícola y la innovación con el conocimiento que adquiere un egresado sobre ciencia e ingeniería, tecnología de alimentos y gestión empresarial, para diseñar, ejecutar y evaluar importantes proyectos agroindustriales (USIL, 2018). La oferta académica de los programas de ingeniería agroindustrial es muy variada y sobre todo en el continente americano, en un análisis realizado de la oferta se encontró similitud en los cursos ofrecidos los cuales se agrupan en 5 áreas de formación: Ciencias Básicas, Ciencias de la ingeniería, ingeniería aplicada y económica administrativa y socio humanística, además se hace mucha referencia al estudio de temas como: la producción agrícola, así como las actividades propias de la agroindustria como el manejo de postcosecha, producción en planta, comercialización y administración de empresas agroindustriales.

El sector agroindustrial, se define como el subconjunto del sector manufacturero que procesa materias primas y productos intermedios agrícolas, forestales y pesqueros. La agroindustria forma parte del concepto más amplio de agronegocios, que incluye proveedores de insumos para los sectores agrícola, pesquero y forestal, además de distribuidores de alimentos y de productos no alimentarios procedentes de la agroindustria (FAO 2013). De lo anterior se puede concluir la Ingeniería Agroindustrial es una rama de la ingeniería que se ocupa del aprovechamiento óptimo e integral de los recursos biológicos para su uso alimentario y no alimentario, dándoles valor agregado por medio de los procesos de adecuación o transformación de los mismos, permitiendo la creación de vínculos técnicos, empresariales y sociales, que articulan y dinamizan la cadena agroindustrial desde los sectores de la producción primaria, industrialización y comercialización bajo principios de sostenibilidad y preservación del medio ambiente (UPB, 2016).

Esta Ingeniería, igual que cualquier programa académico de nivel superior, requiere de una contextualización de los avances de la disciplina en torno al ejercicio profesional, vincular las demandas de las instituciones y organizaciones que constituyen el desempeño laboral de sus egresados, teniendo como clave principal la identificación y priorización de temas, tecnologías, innovaciones y nuevas apuestas curriculares, las cuales retroalimentan los planes de estudio a nivel de áreas, ciclos, experiencias Formativas o cursos, núcleos problemáticos, programas de extensión y nuevas líneas de investigación. Todo lo anterior es posible, gracias a la realización de estudios de prospectiva, dentro de los cuales la construcción del árbol temático y tecnológico “entendido como una representación gráfica” involucra tecnologías y temas de base (raíces), con subtecnologías y subtemas medulares (tronco) hasta llegar al máximo nivel de desagregación o detalle (ramas y frutos), se constituye en el punto de partida para la realización de estos. En el año 2008, Zartha y Orozco (2008) llevaron a cabo un estudio prospectivo por medio de un Delphi normativo, priorizando principales áreas medulares, temas y tecnologías en las que se debía hacer énfasis en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de una Universidad en Medellín - Colombia al 2020, a través del uso de la metodología aplicada por Barlaraman y Venkatakrishnan (1980), los cuales en un estudio de prospectiva previo, buscaron identificar las áreas principales de desarrollo de la ingeniería para la década de los 80; como paso previo a la primera ronda Delphi del estudio de 2008, en Ingeniería Agroindustrial se desarrolló un árbol temático tecnológico que contó con 80 temas y tecnologías tal como se observa resumido en la figura 1.

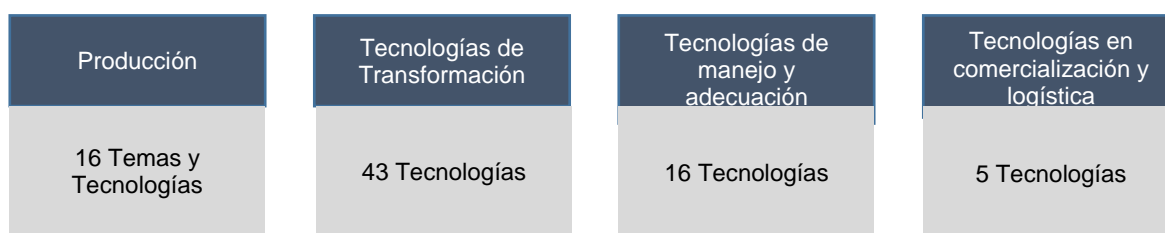


Fig. 1: Número de temas y tecnologías encontrados en estudios de Prospectiva en Ingeniería Agroindustrial de 2008 (adaptado de Zartha y Orozco, 2008)

En la figura 1 se observa un total de 80 temas y tecnologías que hicieron parte del árbol temático y tecnológico, el cual se constituyó en el insumo de las tres rondas Delphi que se aplicaron a expertos de varios sectores con el fin de priorizar las variables que se iban a retroalimentar el currículo de la Ingeniería Agroindustrial a nivel de apuesta académica e investigativa, así como de programas de extensión. (Zartha y Orozco, 2008). La prospectiva es una “Disciplina de gestión que permite reflexionar sobre el futuro – lo que podría ser y lo que debería ser -, con miras a orientar la acción humana – individual o colectiva- en el presente, mediante toda una infraestructura conceptual y metodológica aplicable a problemas de diferentes campos y áreas” (Godet, 1997), dentro de las metodologías se encuentran varias herramientas de prospectiva, en el caso de esta propuesta, se utilizará el método Delphi.

Diversos estudios que se han realizado en prospectiva han tenido como objetivo la identificación de las necesidades futuras de los recursos humanos que surgirá del impacto de los avances tecnológicos y las tendencias organizacionales entre los 5 y 10 años (Zartha et al., 2017). En el marco de la iniciativa Ingeniería para las Américas (EFTA, Engineering for the Américas), programa que establece las necesidades de mejoramiento y modernización de la enseñanza de la ingeniería en los países miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA), se llevaron a cabo dos estudios de prospectiva para la Ingeniería Química y la Ingeniería Industrial al 2025 (Ramírez et al, 2016).

El método Delphi es uno de los métodos utilizados en prospectiva, el cual busca acercarse al consenso de un grupo de expertos con base en el análisis y la reflexión de un problema definido (Varela et al., 2012). Para Castelló y Callejo, el método Delphi consiste en una consulta a un número de expertos de los sectores o temas específicos elegidos, sobre la base de un cuestionario, preparado por paneles o comisiones de expertos, que se responde anónimamente y en dos o más rondas (Castelló y Callejo, 2000). El método Delphi consiste en una consulta estructurada, anónima y reiterativa a expertos, con el objeto de identificar opciones, obtener consenso y validar resultados (Ramírez et al, 2016). Existen dos tipos de elementos para identificar el futuro, el exploratorio (que será abarcado por la metodología SMIC) y busca identificar escenarios futuros, y los estudios normativos, que están dirigidas a priorizar un listado de temas o tecnologías genéricas, con la posibilidad de agregar a los temas o tecnologías inicialmente propuestas y otras que considere el experto que puedan hacer falta (Steurer, 2011). El paso inicial para desarrollar una primera ronda Delphi es la construcción de un árbol temático, tecnológico, de innovaciones, políticas o de nuevos negocios de acuerdo con los requerimientos de la organización o institución que requiere el estudio, para el caso de facultades de Ingeniería (Ramírez et al, 2016) se involucran temas y tecnologías que deben ser identificadas en una fase previa de vigilancia y consulta a expertos par que se genere el árbol temático y tecnológico como insumo para la primera encuesta Delphi.

El presente artículo trata sobre la construcción de un nuevo árbol temático y tecnológico para la enseñanza de la Ingeniería Agroindustrial, como insumo para la realización de estudios de prospectiva y la identificación y priorización de apuestas temáticas y tecnológicas que retroalimenten el currículo. El artículo está dividido en cuatro secciones, la primera comprende un marco teórico basado en la revisión de literatura sobre 84 papers en Scopus en el periodo 2012-2017, relacionados con Ingeniería Agroindustrial; la segunda está relacionada con los resultados obtenidos sobre la revisión crítica de eso papers, haciendo énfasis en la distribución de éstos por país, autores y contenido temático por áreas; el artículo continúa en la sección tres con una discusión sobre cuatro ejes principales identificados en la revisión de literatura: Tics, sostenibilidad, residuos agroindustriales y biotecnología; en la última sección se presentan conclusiones con el fin de que estudiantes, docentes, investigadores y directivos relacionados con la Ingeniería Agroindustrial, identifiquen temas y tecnologías que puedan constituirse en insumos para sus cursos y otras estrategias curriculares.

## METODOLOGÍA

La metodología se llevó a cabo en tres fases: (i) revisión de literatura inicial sobre 142 papers en Scopus en el periodo 2012-2017; (ii) análisis y discusión con el fin de encontrar ejes o agrupadores; y (iii) construcción de un nuevo árbol temático y tecnológico.

*Fase I:* Se realizó una revisión de literatura inicial sobre 142 papers en Scopus en el periodo 2012-2017 utilizando como palabra clave Ingeniería en Agronegocios, Agroindustrial y Agroindustria, sobre los que se analizaron los abstract para garantizar que si estuvieran relacionados el término de búsqueda, como resultado de este proceso, se encontraron 84 papers que con relación directa con Ingeniería Agroindustrial. La revisión de papers, se enfocó en una clasificación así: país, autores, número de papers por año y temas; adicionalmente las tecnologías en los cuales se hacía énfasis en cada uno de los artículos, las ecuaciones utilizadas fueron:

TITLE-ABS-KEY ( engineering AND ( agribusiness OR agroindustry OR agroindustrial ) ) AND ( EXCLUDE ( SUBJAREA , "HEAL " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NEUR " ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) )

Para garantizar la proximidad de los términos clave se complementó con la siguiente ecuación:

TITLE-ABS-KEY ( engineering W/3 ( agribusiness OR agroindustry OR agroindustrial ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) )

**Fase II:** Luego de la lectura de los 84 artículos, se realizó un análisis y discusión con el fin de encontrar ejes o agrupadores sobre los que se encontraban los mayores aportes de los artículos, estos ejes se escogieron de acuerdo con los criterios de codificación axial propuestos por Hernández et al (2014). Los nuevos temas y tecnologías se distribuyeron de la siguiente forma: Aquellos que estaban relacionados con los agrupadores o áreas de la agroindustria definidos en el estudio de Zartha y Orozco (2008) se anexaron en cada uno de ellos (producción, tecnologías de transformación, tecnologías de manejo y adecuación y comercialización); Los nuevos temas y tecnologías que tenían relación directa se anexaron a cada uno de los ejes; y Los nuevos temas y tecnologías que pertenecían a otras clasificaciones temáticas, se alinearon a otros agrupadores tales como tecnologías convergentes, educación y otros.

**Fase III:** Con los 213 nuevos temas y tecnologías encontradas en la revisión de las 84 publicaciones, se procedió a realizar un nuevo árbol temático y tecnológico, el cual, además de contener las áreas propias de la agroindustria, fue sometido a revisión por parte de 4 pares académicos, los cuales tenía el siguiente perfil: título de maestría o Doctorado en el área, mínimo 10 años de experiencia en enseñanza o investigación en el eje o agrupador y participación actual en grupos de investigación con clasificación de Colciencias A1 o centros de desarrollo tecnológico. Dichos ejes temáticos fueron: Producción, Tecnologías de transformación, Tecnologías de manejo y Adecuación y comercialización, El resumen de la opinión del grupo de 4 expertos validadores fue: Número de nuevos temas o tecnologías: 28 Agrupamiento de nuevos temas y tecnologías: 10. Los resultados de la retroalimentación fueron incluidos en el árbol. En la figura 2, se muestran las fases de la metodología utilizada:

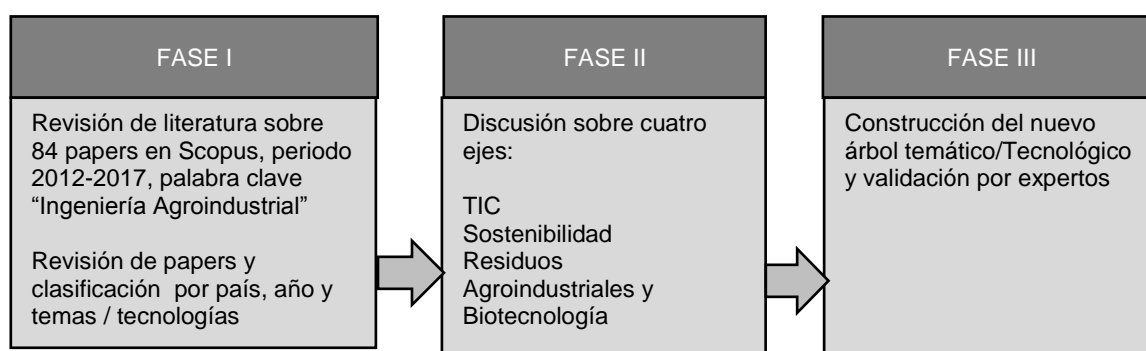


Fig. 2: Fases de la metodología realizada

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la revisión de los 84 papers, los cuales se detallan a través de periodos de tiempo de dos años, con el fin de mostrar los temas y tecnologías sobre los cuales se hizo énfasis en cada periodo, los países con mayor producción de publicaciones son Brasil, Estados Unidos, China e India, mientras que 13 países solo aportaron un paper, entre ellos Argentina y Ecuador. No se encontró un autor con más de dos artículos en los 84 papers analizados.

Posteriormente se presenta un resumen de lo encontrado en los artículos desde el año 2014 para no afectar la extensión de este paper, sin embargo, los hallazgos en toda la serie de tiempo desde 2012 fueron incluidos en el nuevo árbol tecnológico, de acuerdo con esto, en el año 2014 se encontraron 16 papers entre los cuales se resaltan las investigaciones de (Nakanishi et al., 2014), los cuales proponen un concepto de marco generativo de red de sensores inalámbricos (WSN), que permite la generación de sistemas semi-personalizados que satisfacen los requisitos y las limitaciones de los agricultores individuales dentro de un alcance prescrito y también sus tecnologías fundamentales. También, (Floriello et al., 2014) plantean un enfoque basado en modelos para imágenes que muestren la estructura de la vid para una aplicación en robótica, junto con una restricción en las ramas adyacentes, que garantiza una corrección topológica de la estructura reconstruida, cuyo trabajo muestra que el método que probaron puede encontrar casi todas las correspondencias correctas y supera un algoritmo de máxima verosimilitud en términos de precisión y recuperación.

Rosales-Colunga y Martínez-Antonio (2014), diseñaron una cepa de *E. coli* capaz de usar almidón como sustrato, abriendo la posibilidad de optimizar el proceso para usar desechos agroindustriales como fuente para producir biocombustible y otros productos químicos de valor agregado. Adicionalmente, (Luna-Cañas et al., 2014) estudiaron la aplicación de residuos agroindustriales como la cascara de cacao, el aserrín, cascara de arroz y caña de azúcar, en la fabricación de ladrillos, como una solución de aprovechamiento a los desechos generados por dichas actividades agrícolas. Un control de riego del suelo, a través de la distribución y dinámica de la humedad en el mismo, puede ser ampliamente utilizado por los agricultores situados en

desiertos y zonas áridas, como una técnica económica para generar ahorros significativos de agua en el riego (Al-Maktoumi et al., 2014). Otros estudios contienen una colección de resúmenes e investigaciones originales sobre diversos aspectos relacionados con el aceite de oliva virgen, así como sus conocidos e innovadores productos relacionados, con un enfoque especial en los efectos de dichos productos en la salud humana (De Leonardis, 2014).

En el año 2015 se encontraron textos con aportes a la Ingeniería Agroindustrial, entre ellos se destacan: (Posada-Gómez et al., 2015), presentan un sistema automático de parametrización y clasificación para aplicaciones de ingeniería agrícola con fácil manejo, basadas en procesamiento digital de imágenes. Esta herramienta de monitoreo facilita la inspección visual para el proceso de clasificación en la producción de limón persa. En otro estudio, (Maag et al., 2016) mostraron un modelo de dos plantas piloto de energía solar, para la cogeneración de calor y electricidad para productores agroindustriales; la disponibilidad de energía independiente de la red eléctrica se garantiza mediante el disparo híbrido de las microturbinas de las plantas con biodiesel. Por otro lado, Melo y Lamoso (2015) recopilaron datos sobre la exportación de las principales empresas en el sector agroindustrial que exportan soya, haciendo un mapa de su ubicación, investigando la relación entre sus ubicaciones y el sistema de ingeniería utilizado para drenar la producción, empleando los conceptos de competitividad, logística, red y territorialidad. Por otra parte, Saini et al. (2015) mencionan una visión general de cómo diversos microorganismos productores de enzimas lignocelulíticas y sus sistemas de hidrólisis, permiten la degradación de residuos agroindustriales, agrícolas y forestales con alto contenido de lignocelulosa. Dentro de los trabajos destacados en el año 2016, se identificaron aportes de varios autores. Xin y Zazueta (2016), destacan las tendencias recientes en las TIC y presenta la arquitectura de la nube híbrida, para la agricultura inteligente, dando como resultado oportunidades e innovaciones como móviles, redes sociales, drones agrícolas, Internet de las cosas, big data y cloud computing para mejorar resultados agrícolas. Además, Arrigoni-Blank et al. (2016), utilizaron en su investigación marcadores de repetición de secuencia inter-simple evaluando la diversidad genética de las orquídeas *Laeliinae*, del departamento de Ingeniería Agronómica de la Universidad Federal de Sergipe, Brasil. Por otra parte, Cándido et al. (2015), presentan el caso de un modelo de proceso informado, para abastecimiento de cadena en la agroindustria, utilizando una tarjeta de identificación por frecuencia RFID para proporcionar la información adecuada; éste RFID permite una amplia distribución de paquetes finales sin falta de información y de calidad, un proceso de diseño basado en ingeniería.

La Scalia et al. (2016), proponen en su investigación, establecer un sistema de apoyo a la decisión (DSS) para la mecanización de operaciones agrícolas, con el fin de detectar las características hortícolas de los olivares, con el fin de desarrollar un método difuso para la toma de decisiones multicriterio, con el objeto de gestionar la cosecha mecánica y la poda. Por otro lado, P'Yanova et al. (2016), mencionan la ideación de métodos para producir preparaciones veterinarias mediante la modificación del enterosorbente de carbono Zoocarb, donde este enterosorbente se sintetizó a partir de carbono nanodispersado utilizando la tecnología de síntesis de matriz. Ahmad et al. (2016), explican la tecnología de transformación del genoma a través de plástidos, sus características positivas y negativas respecto a la transformación nuclear, y como se han utilizado con éxito para la producción de vacunas, antígenos y enzimas comerciales, buscando resistencia a factores biológicos y climáticos de los cultivos. Por otro lado Roberts y Taylor (2016), resumen algunos ejemplos claves que ilustran las diferentes clases de inductores de resistencia a enfermedades del campo, como lo sugieren con las rizo bacterias, promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR), un grupo de bacterias del suelo que tienen la capacidad de mejorar el crecimiento de éstas, utilizada en varios productos comerciales que ya se han introducido con éxito en el mercado; además en los agronegocios se continúan desarrollando otros compuestos como, elicitores químicos y biológicos de resistencia inducida. Adicionalmente, la crianza nutricional asistida por "óhmicas", como estrategia de biofortificación de cultivos mediante reproducción convencional y molecular tiene mucho potencial, además que es de gran ayuda para lograr la seguridad alimentaria (Bohra et al., 2016).

Finalmente, del año 2017 se extrajeron algunos estudios, entre los cuales se encontró el de Belabed et al. (2017), donde exponen un estudio fisicoquímico del suelo por técnicas avanzadas como la minería de datos, evaluando la viabilidad de la conservación de los cultivos de trigo y los cultivos de olivo, con base a la evolución de la tierra. Por otro lado, Saltzman et al. (2017), realizaron una investigación que incluye un el fortalecimiento de la oferta y la demanda de cultivos alimentarios básicos biofortificados y la facilitación de inversiones específicas para aquellas combinaciones de cultivos, en países que tienen el mayor potencial nutricional. Adicionalmente, Peller y Gidaracos (2017), realizaron la digestión anaerobia de cuatro residuos agroindustriales, (algodón, residuos de bodega de orujo de oliva y residuos de la industria del jugo), utilizados como co-sustrato, operando modo semi-continuo. A su vez Chappell y Nair (2017) desarrollaron de un microconsorcio de diferentes cepas de *E. coli*, para catabolizar diferentes fuentes de carbono, como hexosa-glucosa, galactosa, manosa, a través de modificaciones genéticas. A su vez Kumar et al. (2017) explican el empleo de microorganismos oleaginosos, como una alternativa atractiva en la producción de biodiesel, además porque algunos de ellos son tolerantes a algunos subproductos tóxicos agroindustriales.

## DISCUSIÓN

Después de la lectura de análisis de los 84 documentos, y haciendo uso de los criterios de codificación axial (Hernández et al., 2014) se identificaron cuatro ejes sobre los cuales se realizará la discusión: TIC, Sostenibilidad, Materias primas, nuevos productos y residuos y Biotecnología.

### *TIC*

Karetsos et al. (2012), proponen un servicio que comprende una nueva ampliación del sistema piloto Agroportal: proyecto europeo enfocado en resolver la confusión que empresas y empleados de agronegocios presentan, sobre cuestiones relacionadas al uso de los servicios públicos por medios electrónicos. Se decide abordar dicha problemática, mediante un servicio de información dialógica, que ayuda a los empleados de agronegocios, encontrar fácilmente los servicios públicos adecuados para sus necesidades empresariales. A raíz de que la incertidumbre del comercio en línea sigue limitada, especialmente en la venta de productos de agro en línea, se escogió un portal de agronegocio en malasia para este estudio, el cual tiene una gran cantidad de productos agroindustriales en el mercado. Para construir dicho estudio se empleó a partir de la revisión de la literatura y los modelos de investigación existentes, una hipótesis y luego se midieron sus efectos utilizando técnicas estadísticas (Ghani et al., 2013). Sopegno et al. (2016), menciona el desarrollo de una aplicación móvil, llamada AMACA (Análisis de costos de la aplicación de máquina agrícola), aplicación multiplataforma que funciona a través de una interfaz web compatible con algunos navegadores.

### *Sostenibilidad*

La acumulación de residuos agroindustriales, debido mal manejo de los mismos en países en desarrollo es una preocupación ambiental. Así que reciclar desechos como un material de construcción sostenible es una solución viable y por supuesto una excelente opción ecológica (Luna-Cañas et al., 2014). Chen y Chen (2014), mencionan un marco de evaluación energético de tres niveles, para investigar la eficiencia energética y la sostenibilidad de un complejo sistema de biogás (CBS), en procesos agrícolas de siembra, acuicultura y crianza, en el sur de China. Gracias al marco evaluativo se puede captar explícitamente el estado y la dinámica de un sistema complejo, lo que permite realizar una optimización holística y microscópica de las actividades de producción vinculadas al biogás. Por otro lado, el caso de estudio presentado por Feng et al., (2014), muestra una evaluación del efecto ecológico que ha tenido la planificación del uso de la tierra, mediante el método de valor del servicio de los ecosistemas, a través del diseño de una guía práctica para gestionar la evaluación y optimización, en la planificación y formulación de políticas del uso de la tierra, con el fin de mejorar el desarrollo socioeconómico del área del embalse, reducir la frecuencia con la que se generan desastres geológicos y proteger el medio ambiente ecológico.

La agricultura debe alimentar al planeta con el menor impacto ambiental, por ende, la gestión adecuada de las zanjas podría mejorar la calidad de los cultivos, cuando se administra adecuadamente las acequias de la granja, además, proporcionan otros servicios ecosistémicos importantes como la recarga de agua subterránea, atenuación de inundaciones, purificación de agua o conservación de la biodiversidad (Dollinger et al., 2015). Chen et al. (2015) proponen alcanzar una conservación y producción de arroz que cumpla con la conservación de los humedales y la agricultura sostenible, teniendo como ejemplo a EEUU, manifestando la necesidad de implementar programas de conservación agrícola e idear estrategias y prácticas agroecológicas en la producción de arroz, logrando reducir drenajes de agua con nutrientes y agroquímicos hacia los humedales. PrévotEAU et al., (2016), realizaron la medición de la capacidad de aceptación de electrones (EAC) y donación de electrones (EDC) de los biocarbonos "biochars", encontrando una mayor EDC que la reportada por otros estudios, e implicando que las propiedades redox de los biocarbonos pueden tener un impacto mucho mayor en los procesos biogeoquímicos, como estrategia de 'mitigación del cambio climático' y como una forma de regenerar tierras degradadas. Hollick, citado por Braga (2016) habla del diseño de una tecnología sostenible denominada SolarWall (SW), encargada de combinar la captura de energía fotovoltaica y térmica, funcionando para proporcionar calefacción en la estación fría y enfriamiento en la estación cálida, a su vez que proporciona una reducción significativa de la huella de carbono. Esta tecnología da una ilustración de lo que se considera una de las aplicaciones más prometedoras para usuarios y para la industria agroindustrial.

Hatt et al. (2017), evaluaron dos estrategias de la búsqueda de plantas hospedadoras por las plagas mediante el aumento de la diversidad de plantas y el apoyo a sus enemigos naturales, mediante la gestión de hábitats identificando sí podrían combinarse simultáneamente a escala de campo para restaurar el control biológico de plagas y reducir el uso de insecticidas químicos.

### *Materias primas, nuevos productos y residuos*

De acuerdo con la revisión realizada por Verma y Dwivedi (2014), se proporciona una visión general de la lignina en las plantas desde la ingeniería genética, dando nuevos conocimientos sobre la ruta de la biosíntesis de la lignina, el mejoramiento de la calidad de la madera para la producción eficiente de pulpa, la facilidad de degradación de forraje, producción de biofibra y biocombustible. Las lignocelulosas, son el foco de los investigadores contemporáneos a nivel mundial, con miras a desarrollar tecnologías basadas en la gestión de residuos agroindustriales, agrícolas y forestales (Saini et al., 2015). Por otro lado, Cismaru y Gherghisan (2014), presentaron diversos usos para los aglomerados de cáñamo y definieron que gracias a la estabilidad estructural, la capacidad de transferencia térmica, al consumo energético que presenta éste producto en forma de placa o de bloque, puede ser utilizado como forro y material de relleno, en las estructuras de tipo sándwich por la ingeniería civil, industrial, y agro-zootécnica.

La investigación realizada por Shin et al. (2016), fue un proceso realizado a partir de un polisacárido comercial denominado curdlan elaborado por fermentación de *Agrobacterium Sp*, identificando tres promotores fuertes utilizados para instalar un mecanismo de fosforolisis de celulosa biodegradable, en una cepa productora de curdlán. Los promotores nativos identificados de *Agrobacterium* abren oportunidades para la ingeniería metabólica, adicional para la producción mejorada de curdlan y otros productos. El éxito mostrado aquí, marca el primer esfuerzo de ingeniería metabólica en este microorganismo. Bocca y Rodrigues (2016), realizaron la optimización de un modelo matemático de un molino para la producción de caña de azúcar, haciendo uso de la ingeniería de funciones y minería de datos, mejorando aún más el rendimiento. Estos modelos de rendimiento de los cultivos pueden ayudar a la toma de decisiones dentro de cualquier cadena de suministro agroindustrial, incluso con respecto a decisiones que no están relacionadas con la producción agrícola. A su vez, De Lima et al. (2016), presentan un estudio de viabilidad económica para automatizar el proceso de envasado y sellado de pollos enteros en un matadero, logrando un rendimiento financiero que redujo los costos de producción mediante la automatización.

Ali et al. (2016), mencionan el desarrollo a la introducción de segmentos cromosómicos de múltiples especies exóticas con resistencia al virus del mosaico estirado de trigo (WSMV), en líneas de cría de trigo, donde los resultados facilitan la ingeniería dirigida a la producción de germoplasma agrónomicamente deseable, resistente al WSMV. Por otra parte, Mbabazi et al. (2016), presentan la percepción en retroalimentación de un grupo de más de 25 países en África, Asia, América Latina y Europa sobre el proceso de desarrollo de productos modificados genéticamente y las estrategias de regulación y comunicación adoptadas en sus respectivos países. Por último, Araújo y Henriques (2017), mencionan un enfoque basado en el análisis de la viabilidad económica y financiera del procesado mínimo de zanahorias, mediante una investigación bibliográfica y, posteriormente, una investigación de campo.

### *Biotecnología*

En lo referente a las aplicaciones biotecnología, éstas se pueden dividir en dos grandes grupos o partes: uno de ellos, está dedicado a los bioprocesos, en la que se emplean biocatalizadores (enzimas o algún tipo de células) en un biorreactor; dentro de este campo se destaca la producción de los biocombustibles, debido a la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles derivados del petróleo para mejorar economía y medio ambiente (Darko et al., 2016). Para la producción de los biocombustibles, uno de los principales sustratos empleado es lignocelulosa, ya sea en empleando enzimas o microorganismos, (Kumar et al., 2017; Saini et al., 2015). El otro campo de la biotecnología corresponde a las modificadoras genéticas o las denominadas transgénesis de todo tipo de organismos vivos, tales como microorganismos, plantas y animales; la mayoría de los avances se centran en modificaciones genéticas de plantas tanto ornamentales, para la obtención de materias primas para la industria, o plantas para alimentación animal o humana (Ali et al., 2016; Arrigoni-Blank et al., 2016; Shin et al., 2016). En este tema se destaca no solamente los avances en los mejoramientos de microorganismos, sino la percepción que tienen los diferentes sectores de la sociedad con respecto a la transgénesis (Ahmad et al., 2016). Finalmente, ha jugado un papel sobresaliente, el apoyo de las diferentes óhmicas, como herramientas para el apoyo de la biotecnología, tanto para la transgénesis como para los bioprocesos (Bohra et al., 2016)

La percepción pública negativa y el activismo anti-OMG (Organismos Modificados Genéticamente) son las dos fuerzas más dominantes contra el desarrollo y la adopción de cultivos transgénicos. Los hallazgos proporcionan información valiosa para el diseño de programas de educación, concientización y divulgación sobre biotecnología y seguridad de la biotecnología (Mbabazi et al., 2016).

### *Otros temas y tecnologías encontrados*

Carrizo (2015), menciona las nuevas tendencias en cuanto a los procesos de estudio y aprendizaje llevados a cabo desde el año 2012, en el Instituto de Ingeniería y Agronomía de la UNAJ. El proceso de construcción

del conocimiento en una forma colaborativa, alrededor de un ecosistema emprendedor, generó posibilidades interesantes para ellos y para la academia. A su vez Ivashova et al. (2016), hablan de un estudio que tuvo como principio identificar las competencias del mercado laboral de los graduados, para un programa de especialización en ingeniería, estudiando las ideas de los especialistas sobre (las actividades y conocimientos demandados en el trabajo profesional; por otro lado, Da Cunha et al. (2016) plantean la realización de unas competencias básicas y habilidades priorizadas por los coordinadores del programa en ingeniería de producción en Brasil, centrándose principalmente en la agroindustria del procesamiento de carne y cereales; por otra parte, Vidal (2017), realizó una investigación documental en los programas de Ingenierías de Sistemas, Agroindustrial, Electrónica y Sanitaria Ambiental, en una universidad pública de la región del Caribe en Colombia, orientada a mejorar habilidades de investigación. Se encontró que esos programas, tienen una estructura planificada, diferenciada por sus áreas disciplinarias y específicas, con factores a mejorar, sobre todo en el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, grupos y líneas de investigación (Vidal, 2017). Finalmente, para concluir esta parte del artículo, Esponda et al. (2017) destacan la importancia de la Estadística en la formación profesional de estudiantes universitarios de las Ingenierías Agrícola, Agroindustrial y Forestal, exponiendo la contribución de la estadística en la solución de problemas relacionados con la mayoría de las áreas de estudio.

### *Nuevo Árbol temático y tecnológico*

Los 84 papers encontrados en Scopus fueron generados por 26 países, con una concentración de la producción en Brasil, Estados Unidos, China e India, 13 países aportaron un paper, en Latinoamérica solo 6 países, Brasil, México, Colombia, Chile, Ecuador y Argentina aportaron 23 papers, sin contar los de Brasil los otros 5 países de Latinoamérica aportaron 8 de los 84 artículos. En el eje de sostenibilidad se encontraron estudios con énfasis en varios temas o tecnologías relacionadas con Ingeniería Agroindustrial: agricultura sostenible, Ecología industrial, Bioeconomía, Construcciones sostenibles Agricultura familiar, Ingeniería agroecológica, Agricultura progresiva, Agricultura urbana: jardines/huertas comunitarias, privadas, Economía Circular y Química Verde, en el eje TIC se encontraron varios temas o tecnologías entre los que se encuentran, servicio de información dialógica, APP para el análisis de costos de la aplicación de máquina agrícola, Redes sociales, drones agrícolas, Internet de las cosas (IoT), big data y cloud computing, RFID - Identificación por radiofrecuencia, Técnicas de lógica difusa con imágenes digitales.

En eje de Biotecnología se encontraron aportes en temas como, Bioprocesos, en la que se emplean biocatalizadores, Biorreactor para la producción de biocombustibles, Lignocelulosa para la producción de los biocombustibles, Transgénesis de todo tipo de organismos vivos, Seguridad de la biotecnología, en cuanto a Educación en Ingeniería Agroindustrial, los papers analizados resaltaron temas como, Aprendizaje colaborativo en Mundos, Virtuales (Second Life, Primeros auxilios en campo, Aprendizaje a distancia, Desarrollo de líderes, Aprendizaje híbrido, Gestión del conocimiento, Transferencia de tecnología, Virtualidad B – Learning, Aprendizaje colaborativo/autónomo, Aprendizaje electrónico, Algoritmos de ensamblaje, Capacidades de Innovación y sistemas de información geográfica entre otros. El nuevo Árbol temático y tecnológico obtenido no sólo está compuesto por una combinación de los 80 temas y tecnologías de estudios anteriores junto con el resultado del análisis de resultado de los 84 papers, también incluye la retroalimentación obtenida a partir de expertos los cuales permitieron aumentar el número de temas y tecnologías en cada eje y área de la Agroindustria (manejo, producción, transformación y comercialización), además se incluyeron otros temas y tecnologías no relacionados con los 4 ejes elegidos en éste estudio. El nuevo árbol temático y tecnológico, quedaría constituido como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Nuevo árbol Tecnológico y temático para Ingeniería Agroindustrial

Árbol temático y tecnológico		
Producción	Tecnologías de Transformación	
Maquinaria y equipos para mantenimiento	Maquinaria y equipos para la elaboración de lácteos y sus derivados	Centrifugación
Maquinaria agrícola para cultivos	Maquinaria y equipos para la industria avícola y de ovoproductos	Liofilización
Invernaderos y tecnología de manejo	Maquinaria y equipos para la elaboración de cárnicos	Filtración
Tecnología de ordeño	Maquinaria y equipos para la elaboración de pastas	Destilación
Sistema de riego	Maquinaria y equipos para la industria de empaques	Extracción



Tabla 1 (continuación)

Mejoramiento genético de variedades para cultivos de nuevas características	Maquinaria y equipos para la industria de verdura y frutas	Congelación refrigeración y descongelación
Mejoramiento de suelos a través de microorganismos	Maquinaria y equipo para la industria de cereales y granos	Decantación y sedimentación
Tecnología enzimática	Separación por membranas	Molienda
Cultivo de microorganismos	Uso de energías limpias en producción	Deshidratación
Resistencia a Fito patógenos	Fermentación aeróbica y anaeróbica	Maquinarias y equipos para cocción de alimentos
Producción orgánica	Electroforesis	Pasteurización
Control de plagas y enfermedades	Aparatos de des aireación	Fluidos supercríticos
Tecnología en manejo de residuos (reuso de materiales de residuo)	Luz ultravioleta	Altas presiones
Software y Hardware (Supervisión, optimización y control integral para asegurar calidad) – BPM, HACCP, trazabilidad	Equipos para la limpieza del aire industrial	Pulsos lumínicos en la esterilización de alimentos
Productos en fresco con nuevas especificaciones: orgánicos, sello verde, BPA, etc.	Equipos utilizados en la selección y clasificación de productos	Agentes químicos y bioquímicos utilizados en la conservación de alimentos
Equipos de diagnóstico rápido	Mezclado de materiales (sólido a semisólidos)	Métodos combinados para conservación de alimentos
Almacenamiento agrícola.	Saponificación (continua o discontinua)	Campos magnéticos
Esparcidores centrífugos	Supercongelación	Irradiación de alimentos
Riego de precisión	Microfiltración	Pulsos eléctricos
Fertilizantes nitrogenados	Ultrafiltración	Pos pasterización
Transformación de alimentos por bioprocesos	Extrusión mecánica (de pulpas y jugos)	Sonicación (ultrasonidos)
Reducción de la contaminación por bioprocesos	Ultra pasteurización	
Mejoramiento y control de fuentes hídricas	Electrocoagulación	Floculación
Estrategias de mitigación al cambio climático	Fotobiorreactor de membrana de intercambio iónico (IEM-PBR)	Flujo tangencial alternativo
Biofertilizantes	Fraccionamiento de Fluido Supercrítico Contracorriente (CC-SFF)	Funcionalidad de tamices finos
Reducción de plaguicidas	Irradiadores UV no térmicos	Membrana Desal GK
	Técnicas de detección y diagnóstico de fallas - Lógica difusa	Método de dispersión de luz dinámica (DLS)
	Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS)	Método de presión transmembrana
	Clarificación con carbón activado	Mezclado por adelgazamiento laminar modelado a través de 3D
Tecnologías de manejo y adecuación	Contactores de membrana	Mezclador estático
Transporte en bandas o en cadenas continuas	Tecnologías limpias en limpieza y desinfección	Micro emulsiones

Tabla 1 (continuación)

Empaque al vacío	Determinación del riesgo en inocuidad de alimentos	Microencapsulación de Alfalfa
Atmósferas controladas	Sistemas de gestión de alérgenos	Microfluidizador
Atmósferas modificadas	Microorganismos emergentes	Molienda a chorro
Envases Activos	Microencapsulación	Molienda criogénica
Empaques biodegradables y naturales	Automatización de procesos	Molienda micro húmeda (MWM)
Empaques de porción individual	Conservación de agua	Molino de bolas refinador
Tecnología termo encogible	Gestión de cultivos	Prensa de filtro en espiral
Limpieza y desinfección	Alimentos mínimamente procesados	Probador de adhesión de impacto
Empaques comestibles	Atmosfera controlada	Reactores de tornillo helicoidales horizontales parcialmente llenos (PFHSR)
Equipos para adecuar frutas y verduras	Separador centrífugo	Reflexión ultrasónica de corte
Incineración de residuos sólidos y semisólidos	Solubilización isoelectrica y precipitación (ISP)	Sistema de cristalización anaerobio-anóxico-nitrificante
Instalaciones de aspiración de micropartículas	Osmosis inversa	Torta-Adsorción
Aparatos de muestreo automáticos de alimentos en polvo y granulados para animales	Calentamiento óhmico	Aceite de semilla de palma
Instalaciones de maduración rápida de productos cosechados	Centrifugación	Aceite de semillas de algodón
Desverdización	Centrifugación bifásica	Aceite de soya
	Cristalización isotérmica	Almidón de yuca
	Cristalización por enfriamiento rápido	Azúcar de la palma
	Cristalización por voltaje DC (DC-V)	Azúcar glas
	Cristalizador de enfriamiento por lotes	Crema de café
	Evaporación en vacío	Galletas de trigo integral
Tecnologías en comercialización y Logística	Extracción con solvente por microondas	Harina de arroz pulido no glutinoso
Infraestructuras para el transporte (refrigerado, atmósferas controladas)	Extracción en fase sólida (SPE)	Hojas de remolacha
Infraestructuras para el almacenamiento	Extracción en múltiples etapas	Hojas de tabaco transgénico
Software para el manejo de la planeación y la logística	Fertilizantes agrícolas	Jugo de manzana
Equipos (scanner, RF)	Fibra hueca (microfiltración)	Jugo de toronja
Mecanismos de comercio electrónico	Filtración con nanotubos de carbono	Manteca de cacao

Tabla 1 (continuación)

	Filtración con tierra de diatomeas	Puré de melocotón
	Filtración de vacío de tambor rotatorio	Salvado de arroz
	Filtración estéril	Te negro
	Filtración rotativa de vacío	Vinagre de cerveza
	Filtración selectiva	Yogurt Griego
	Filtro continuo de correa al vacío	Suero bovino
	Filtro de nitrocelulosa	Harinas compuestas
	Filtro de presión de cinta de vacío (VBPF) sistema de filtrado	Granos autóctonos
	Filtros de hojas de presión Putsch PKF-140	Productos elaborados en laboratorio (carne, leche, etc.)

Con respecto a la Tabla 1:

*Tecnologías convergentes (nano, TIC's, Bio):* Nanobiocatalizador magnético de tri-enzima, Nanocompuestos, Nanocompuestos biodegradables, Nanocristales de almidón, Nanoescamas, Nanofiltración, Nanotubos de polímero/carbono, Nanonutrientes en abonos, Estrategias de mitigación – Biorremediación, Biología molecular, Aplicación enzimática de la tanasa, Aislados de proteínas de aves de corral enzimáticamente hidrolizados, Plasma de presión atmosférica (APP), Apps a través interfaces web, Redes sociales, Drones agrícolas, Internet de las cosas (interconexión digital de objetos cotidianos), Servicios de Computación en la nube, BigData, Arquitectura orientada a servicios (SOA), Sistema de apoyo para la toma de decisiones, Procesamiento digital de imágenes, satelitales y por vehículos aéreos no tripulados Inteligencia Artificial - Redes convolucionales - Algoritmos genéticos (toma de decisiones), Bioinformática, Dinámica de fluidos computacional (CFD), Radio Frecuencia e Identificación RFID, Inteligencia de Negocios (Business intelligent), Remote sensing platforms, Vehículos aéreos no tripulados para la generación de imágenes de la superficie terrestre, Ingeniería genética, Transgénicos, Organismos Modificados Genéticamente, Óhmicas, Ingeniería metabólica, Genética en ganado, Secuenciación de ADN, Biocombustibles, Biomasa (ej. Energías renovables), Bioenergía – lodos, tratamiento de agua, Biotecnología enzimática, Biocarbon, Bioremediación, Biogeoquímica, Degradación de lignocelulosa, Biodiesel de microalgas, Bioaceite, Antioxidantes, Antocianinas, Emulsión de Pickering, Encapsulación, almidones de succinato de n-octenilo (OSA), Encapsulación de enzimas ligninolíticas (LiP, MnP y lacasa), Enzimas ligninolíticas, Gránulos de glicógenos, HYDROFIBER filtros de celulosa, Lacasa fúngica, Lecitinas (co- cristalizadores), Levaduras pectinolíticas, Procesos biofarmacéuticos,

*Sostenibilidad:* Agricultura sostenible, Ecología industrial, Bioeconomía, Construcciones sostenibles Agricultura familiar, Ingeniería agroecológica, Agricultura progresiva, Agricultura urbana: jardines/huertas comunitarias, privadas (hogares), Economía Circular, Química Verde.

*Tendencias, Productos, Residuos:* Agronegocios, Innovación, Agronegocio de polímeros, Experiencia agrícola supervisada, Nidos comestibles, Robótica, Ingeniería de los sentidos, Espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Humo líquido, Quitosano, Harina de larva de mosca para alimentos concentrados, Gelatina a base de bagre, Ultrasonido de potencia, Materiales 2D, Nutracéuticos, Alimentos funcionales, Productos terapéuticos, Sustitutos de alimentos (huevo, sabor, carne), Etiquetado limpio.

*Educación en Ingeniería Agroindustrial:* Experiencia Agrícola Supervisada (SAE), Aprendizaje colaborativo en Mundos Virtuales (Second Life), Identificación y mejoramiento de habilidades y competencias, Primeros auxilios en campo, Aprendizaje a distancia, Desarrollo de líderes, Aprendizaje híbrido, Gestión del conocimiento, Transferencia de tecnología, Virtualidad B – Learning, Aprendizaje colaborativo/autónomo, Minería de datos, E – commerce, Aprendizaje electrónico, Bioinformática, Algoritmos de ensamblaje, Capacidades de Innovación, Procesamiento digital de imágenes, Sistemas de información geográfica.

## SÍNTESIS FINAL

De acuerdo con el trabajo presentado, a los resultados obtenidos, y la discusión de ellos, se pueden plantear las siguientes conclusiones principales:

1. En el eje de sostenibilidad se encontraron estudios con énfasis en varios temas o tecnologías relacionadas con Ingeniería Agroindustrial: agricultura sostenible, Ecología industrial, Bioeconomía, Construcciones sostenibles Agricultura familiar, Ingeniería agroecológica, Agricultura progresiva, Agricultura urbana: jardines/huertas comunitarias, privadas, Economía Circular y Química Verde, en el eje TIC se encontraron varios temas o tecnologías entre los que se encuentran, servicio de información dialógica, APP para el análisis de costos de la aplicación de máquina agrícola, Redes sociales, drones agrícolas, Internet de las cosas (IoT), big data y cloud computing, RFID - Identificación por radiofrecuencia, Técnicas de lógica difusa con imágenes digitales.

2. En eje de Biotecnología se encontraron aportes en temas como: Bioprocesos, en la que se emplean biocatalizadores, Biorreactor para la producción de biocombustibles, Lignocelulosa para la producción de los biocombustibles, Transgénesis de todo tipo de organismos vivos, Seguridad de la biotecnología. En cuanto a Educación en Ingeniería Agroindustrial, los papers analizados resaltaron temas como, Aprendizaje colaborativo en Mundos, Virtuales (Second Life, Primeros auxilios en campo, Aprendizaje a distancia, Desarrollo de líderes, Aprendizaje híbrido, Gestión del conocimiento, Transferencia de tecnología, Virtualidad B – Learning, Aprendizaje colaborativo/autónomo, Aprendizaje electrónico, Algoritmos de ensamblaje, Capacidades de Innovación y sistemas de información geográfica entre otros.

3. El nuevo Árbol temático y tecnológico obtenido no sólo está compuesto por una combinación de los 80 temas y tecnologías de estudios anteriores junto con el resultado del análisis de resultado de los 84 papers, también incluye el aporte de los expertos, aumentando así el número de temas y tecnologías en cada eje y área de la Agroindustria (manejo, producción, transformación y comercialización), además contiene otros temas y tecnologías no relacionados con los 4 ejes elegidos en éste estudio, tal fue el caso de los temas.

## CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación llevada a cabo, se generó un nuevo árbol temático y tecnológico para la Ingeniería Agroindustrial, el cual está compuesto por una combinación de 294 variables relacionadas con manejo, producción, transformación y comercialización, además de temas y tecnologías relacionadas con aspectos de sostenibilidad, tecnologías convergentes y educación en Ingeniería Agroindustrial, este árbol se constituye en un insumo para las facultades de Ingeniería Agroindustrial y afines para sus transformaciones curriculares, propuestas de nuevas líneas de investigación, nuevas apuestas temáticas y validación de las capacidades y competencias en egresados de éstos programas académicos.

Dentro de los temas y tecnologías identificadas en la revisión de literatura, se destacan los temas de la industria 4.0, allí se encuentran tecnologías emergentes relacionadas con tecnologías de información y comunicación TIC tales como uso de teléfonos móviles, redes sociales, drones agrícolas, internet de las cosas (IoT), big data, procesamiento digital de imágenes, algoritmos genéticos, cloud computing e inteligencia artificial, estos temas y tecnologías presentan nuevos desafíos y oportunidades tanto para académicos como para los empresarios que se encuentran relacionados con la agroindustria, ya que deben tomar decisiones que consideren el papel de las TIC para lograr mejores resultados en competitividad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la sección de competitividad, innovación y tecnología de la Organización de Estados Americanos OEA por su apoyo en la realización del estudio de Prospectiva de la Ingeniería Agroindustrial al 2035, así como a las estudiantes de Ingeniería Agroindustrial de la U. Pontificia Bolivariana Mariana Martínez Cadena y Daniela Garcés por sus aportes en las actividades de vigilancia tecnológica.

## REFERENCIAS

Ali, N., J. Heslop-Harrison y otros cuatro autores, Introgression of chromosome segments from multiple alien species in wheat breeding lines with wheat streak mosaic virus resistance, *Heredity*, 117(2), 114–123 (2016)

Al-Maktoumi, A., S. Al-Ismaily y otros cuatro autores, Soil substrate as a cascade of capillary barriers for conserving water in a desert environment: lessons learned from arid nature, *Journal of Arid Land*, 6(6), 690–703 (2014)

- Araújo, L.M.R. y R.D. Henriques, Analysis of economic feasibility of the minimal processing of carrots in an agribusiness from Alto Paranaíba, *Custos E Agronegocio* (2017)
- Arrigoni-Blank, M.F., M.S. Santos y otros cinco autores, Analysis of genetic diversity of Laeliinae (Orchidaceae) in the State of Sergipe using ISSR markers, *Genetics and Molecular Research*, 15(2) (2016)
- Belabed, I., M.T. Alaoui., A. Belabed e Y. T. Alaoui, Analysis of Soil Data from Eastern of Morocco Based on Data Mining Process, 234–244 (2017)
- Bocca, F.F. y L.H.A. Rodrigues, The effect of tuning, feature engineering, and feature selection in data mining applied to rainfed sugarcane yield modeling, *Computers and Electronics in Agriculture*, 128, 67–76 (2016)
- Bohra, A., U.C. Jha y S. Kumar, Enriching Nutrient Density in Staple Crops Using Modern “-Omics” Tools, In *Biofortification of Food Crops*, New Delhi, Springer India, 85–103 (2016)
- Braga, F., Leadership in sustainable agribusiness, innovation, and solar thermal renewable energy: Opportunities for sustainable agribusiness, *Int. J. Food System Dynamics*, 7(2), 143–182 (2016)
- Carrizo, J.E., Collaborative learning through local and regional entrepreneurial proposals from the Engineering and Agronomy Institute of the UNAJ, In 2015 Int. Conference on Interactive Collaborative Learning, 992–998, IEEE. G (2015)
- Castelló, M. y J. Callejo, La prospectiva tecnológica y sus métodos, *Observatorio de Prospectiva Científica y Tecnológica de Argentina* (2000)
- Chappell, T.C. y N.U. Nair, Co-utilization of hexoses by a microconsortium of sugar-specific E. coli strains. *Biotechnology and Bioengineering*, 114(10), 2309–2318 (2017)
- Chen, H., G. Wang y otros tres autores, Balancing the Needs of China's Wetland Conservation and Rice Production, *Environmental Science & Technology*, 49(11), 6385–6393 (2015)
- Chen, S. y B. Chen, Energy efficiency and sustainability of complex biogas systems: A 3-level emergetic evaluation, *Applied Energy*, 115, 151–163 (2014)
- Cismaru, I. y M. Gherghisan, Influence Exerted by the Structural Matrix of the Composite Boards Made of Hemp Hurds, on the Thermal-Transfer-Factor, *MATERIALE PLASTICE*, 51(3), 241 (2014)
- Da Cunha Silva, G., A.L. Korzenowski y M. Dall'agnol, Engenharia de Produção no Norte do Brasil: As competências de ensino na visão dos coordenadores de curso, *Espacios*, 37(12), E-2 (2016)
- Darko, R.O., S. Yuan y otros tres autores, Irrigation, a productive tool for food security – a review, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil y Plant Science*, 66(3), 191–206 (2016)
- De Leonardis, A., Virgin Olive Oil: Production, Composition, Uses and Benefits for Man (Food and Beverage Consumption and Health), Nova Science Pub Inc., UK Ed., Edition May 30 (2014)
- De Lima, J.D., J.C.S. Albano y otros tres autores, Economic viability study of expanding and automation of the packaging sector in a poultry agribusiness, *Custos E Agronegocio* (2016)
- Dollinger, J., C. Dagès y otros tres autores, Managing ditches for agroecological engineering of landscape, A review *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 999–1020 (2015)
- Esponda, D.C., Y.A. Crespo. Y.G. Quintana y D.A. Vera, The contribution of Statistics in the training of the agricultural, agroindustrial and forestry professional, *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(5), 1–9 (2017)
- Feng, Y., C. He, Q. Yang y J. He, Evaluation of ecological effect in land use planning using ecosystem service value method, *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Eng.*, 30(9), 201–211 (2014)
- Floriello, D., T. Botterill y R. Green, A topological constrained model-based approach to correspondence problems for branched structures, In *Proceedings of the 29th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand - IVCNZ '14*, New York, 60–65 (2014)
- Ghani, N.F.A., H. Ibrahim y otros tres autores, The Effects of Product Information Signals to Product Uncertainty of Agro-based Online Product Descriptions, In *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1, 3–5 (2013)
- Godet, M., *Manuel de prospective stratégique, tome 2: L'art et la méthode*, Paris (1997)
- Hatt, S., T. Lopes y otros tres autores, Pest regulation and support of natural enemies in agriculture: Experimental evidence of within field wildflower strips, *Ecological Engineering*, 98, 240–245 (2017)
- Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6ª Ed., México, McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A (2014)
- Ivashova, V.A., G.V. Dub y otros tres autores, Actualization of Competencies of Graduates-Engineers in Russia, *International Journal OF Environmental y Science Education*, 11(12), 5311–5319 (2016)
- Karetsos, S., M. Ntaliani, C. Costopoulou y A. Sideridis, Untangling Public Service Usage for Agribusinesses with Dialogic E-government. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 99, 120–125 (2012)
- Kumar, D., B. Singh y J. Korstad, Utilization of lignocellulosic biomass by oleaginous yeast and bacteria for production of biodiesel and renewable diesel, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 654–671 (2017)

- La Scalia, G., F.P. Marra y otros tres autores, A fuzzy multi-criteria decision-making methodology to optimise olive agro-engineering processes based on geo-spatial technologies, *International J. Management and Decision Making*, 15(1), 1–15 (2016)
- Luna-Cañas, L.M., C.A. Ríos-Reyes y L.A. Quintero-Ortiz, Recycling of agroindustrial solid wastes as additives in brick manufacturing for development of sustainable construction materials, *DYNA*, 81(188), 34–41 (2014)
- Maag, G., K.T. De Oliveira y C.E.L. De Oliveira, Hybrid Solar Tower Pilot Plants for Co-Generation of Heat and Power for Brazilian Agro-Industry, In *Proceedings of the ISES Solar World Congress 2015*, 1–8, Freiburg, Germany, International Solar Energy Society (2016)
- Mbabazi, R., H.G. Dissanayake, J. Guenther y K. Maredia, Perception of international stakeholders on genetically modified organisms (GMOs), *Asian Biotechnology and Development Review*, 18(2), 51–57 (2016)
- Melo, T.S., L. Lamoso, Territorialidade Econômica e Estratégias das Empresas Globais do Setor Agroindustrial no Mato Grosso do Sul. *Espacios*, 36(23), 13 (2015)
- Nakanishi, T.A., Generative wireless sensor network framework for agricultural use, In *2014 Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI)*, 205–211 (2014)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. *Agroindustrias para el desarrollo*, Roma (2013)
- P'yanova, L. G., L.K. Gerunova y otros cuatro autores, Development of Carbon Sorbents Based on Nanodispersed Carbon Using Biotechnology. *Procedia Engineering*, 152, 655–663 (2016)
- Posada-Gómez, R., D. Villanueva y otros cuatro autores, Toward an Automatic Parameterization System for the Classification of Persian Lemons Using Image-Processing Techniques, *Journal of Food Process Engineering*, 38(4), 345–356 (2015)
- PrévotEAU, A., F. Ronsse y otros tres autores, the electron donating capacity of biochar is dramatically underestimate, *Scientific Reports*, 6(1), 32870 (2016)
- Ramírez, C., J. Zartha, B. Arango y G. Orozco, Prospectiva 2025 de la Carrera de Ingeniería Química en algunos Países pertenecientes a la Organización de Estados Americanos (OEA), *Formación Universitaria*, 9(6), 127-138 (2016)
- Roberts, M.R. y J.E. Taylor, Exploiting Plant Induced Resistance as a Route to Sustainable Crop Protection, In *Plant Pathogen Resistance Biotechnology*, 317–339 (2016)
- Rosales-Colunga, L. M. y A. Martínez-Antonio, Engineering Escherichia coli K12 MG1655 to use starch, *Microbial Cell Factories*, 13(1) (2014)
- Saini, A., N.K. Aggarwal, A. Sharma y A. Yadav, Actinomycetes: A Source of Lignocellulolytic Enzymes, *Enzyme Research*, 2015, 1–15 (2015)
- Saltzman, A., E. Birol y otros cuatro autores, Availability, production, and consumption of crops biofortified by plant breeding: current evidence and future potential, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1390(1), 104–114 (2017)
- Shin, H.-D., L. Liu y otros tres autores, Metabolic engineering of Agrobacterium sp, ATCC31749 for curdlan production from cellobiose, *Journal of Industrial Microbiology y Biotechnology*, 43(9), 1323–1331 (2016)
- Sopegno, A., A. Calvo y otros tres autores, A web mobile application for agricultural machinery cost analysis, *Computers and Electronics in Agriculture*, 130, 158–168 (2016)
- Steurer, J., The Delphi Method: an efficient procedure to generate knowledge, *Skeletal Radiology*, 40, 959-961 (2011)
- Universidad Pontificia Bolivariana, Transformación curricular, Facultad de ingeniería agroindustrial. SNIES No. 2825 (2016)
- USIL, Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios, Universidad San Ignacio de Loyola (2018)
- Varela, M., L. Díaz y R. García, Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud, *Investigación en educación médica*, 1(2), 90-95 (2012)
- Verma, S.R. y U.N. Dwivedi, Lignin genetic engineering for improvement of wood quality: Applications in paper and textile industries, fodder and bioenergy production, *South African Journal of Botany*, 91, 107–125 (2014)
- Vidal Tovar, C., Strategic guidelines oriented to training researching in engineering programs, *Espacios*, 38(30), 31 (2017)
- Xin, J., F. Zazueta, Technology Trends in ICT – Towards Data-Driven, Farmer-Centered and Knowledge-Based Hybrid Cloud Architectures for Smart Farming, *Agricultural Engineering International*, 18(4) (2016)
- Zartha, J.W. y G.L. Orozco, Estudio de Prospectiva Académica de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana al año 2020, *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6(2) (2008)
- Zartha, J. W. Z., J.M.M. Hincapié y otros cuatro autores, Delphi method in technological foresight studies: an approach to calculating the number of experts and the application of the competence coefficient" k" expert, *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 105-115 (2017)