

FORESIGHT STUDY TO 2035 IN THE AGROINDUSTRIAL SECTORS OF PLANTAIN, DAIRY, SPECIAL COFFEES, COLD CLIMATE FRUIT, CITRUS AND LEATHER

Jhon Wilder Zartha Sossa, Nolberto Gutiérrez Posada, Adriana María Zuluaga Monsalve, Liliana Valencia Grisales, Gina Lía Orozco Mendoza, John Fredy Moreno Sarta, Andrés Felipe Arias Medina

Abstract– Sectorial prospective studies have become valuable tools for decision-making by actors in Science, Technology and Innovation Systems, especially when future scenarios are aligned with methods and techniques that allow integrating priority technologies and innovations as input. of routes for future images.

This study aimed to generate scenarios for 2035 as well as prioritize new topics, technologies and innovations based on the approach of convergent technologies Nano, Bio, Info, Cogno in the agroindustrial chains of plantain, dairy, specialty coffee, cold climate fruit trees, citrus and leather, for this purpose methods such as Structural Analysis - MICMAC, MACTOR, SMICPROBexpert and Delphi were used in two rounds through techniques and tools such as cross impact matrices, transposed matrices, probabilities, Bayes theorem, quadratic minimization, mode, frequency manners and consensus percentages.

Among the most important results, the analysis of more than 225 variables in the cross-impact matrices in the 6 sectors stands out, identification of 59 drivers or key variables in 29 groupers, 17 future objectives, 29 hypotheses and 6 betting scenarios, as well as such as the participation of 172 experts from countries such as the United States, Chile, Uruguay, Peru, Spain, Australia and Colombia, who prioritized 64 technologies and innovations in plantain, 92 in dairy products, 58 in specialty coffees, 31 in cold climate fruit trees, 71 in citrus fruits and 44 in the leather sector.

As conclusions, the opportunity to generate strategies and projects in the coming years in Quindío and regions of other countries with similar characteristics is highlighted, in order to reach the betting scenario of each sector, an input for these bets is to carry out specific projects.

supported by Surveillance and Intelligence studies in the priority technologies and innovations in the 6 Delphi, which contemplate complementary aspects in terms of market, competitive and supplier surveillance, in addition, in terms of prioritized

convergent Technologies, it is recommended to hold workshops, training sessions ideation and co-creation that allows applying the concepts of Nano, Bio, Info, Cogno and Green convergence in order to generate incremental, radical and regenerative innovations in the six chains.

Keywords--Foresight, Scenarios, Delphi Method, Convergent Technologies, Agroindustry

Palabras clave--Prospectiva, Escenarios, Método Delphi, Tecnologías Convergentes, Agroindustria

I. INTRODUCCIÓN

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 [1], productos con valor añadido generando al mismo tiempo ingresos y oportunidades de empleo y contribuyendo al desarrollo económico global tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo [2].

Para [3] “La agroindustria es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y biológicos. Implica la agregación de valor a productos del agro, la ganadería y la silvicultura y la pesca. Facilita la durabilidad y disponibilidad del producto de una época a otra, sobre todo aquellos que son más perecederos”.

Existen diversos enfoques, escuelas o corrientes para realizar estudios de futuro, la metodología elegida en este proyecto se basa en la combinación o triangulación de

diversos métodos, técnicas y herramientas de los dos enfoques más prolíficos en dichos métodos como son la corriente francesa y la corriente anglosajona.

Por un lado, el enfoque francés permite aplicar un modelo analítico de planificación de escenarios, el cual facilita la anticipación de eventos futuros y la toma de decisiones, es una herramienta participativa diseñada para involucrar a los diferentes grupos de interés.

El enfoque anglosajón a partir de consulta a expertos, permite identificar y priorizar áreas de conocimiento, tecnologías e innovaciones en un horizonte de tiempo de largo plazo, para tal efecto el método Delphi en varias rondas se constituye como su principal exponente.

Este paper tiene como propósito detallar la metodología de alineamiento de enfoques de prospectiva empleada en el contexto de la planificación participativa de escenarios y consulta a expertos nacionales e internacionales en las cadenas agroindustriales de plátano, lácteos, cafés especiales, frutales de clima frío, cítricos y cuero en el departamento del Quindío-Colombia bajo un proyecto cofinanciado con recursos del Sistema General de Regalías de Colombia, el documento se divide en varias secciones, en la primera se presenta la introducción y el marco teórico donde se analizan las principales escuelas/enfoques/corrientes de prospectiva, en la segunda sección se detalla la metodología llevada a cabo en escenarios y el método Delphi a dos rondas, en la tercera sección se presentan los principales resultados consolidados en las 6 cadenas o sectores agroindustriales, así como los principales ejes de discusión, en la cuarta y última sección se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

ESCENARIOS

De acuerdo con [4] Los escenarios son una visión de un posible estado futuro del mundo y su entorno relevante.

Los escenarios son una rica descripción de un futuro posible construido para explorar cómo se podría desarrollar una innovación tomando supuestos particulares [5].

El análisis de escenarios se ha aplicado en diferentes ámbitos. Para predecir tendencias en tecnología se han propuesto diferentes métodos de análisis de escenarios [6]. En el proceso de planificación, el portafolio de tecnología se utiliza para ayudar en la estrategia de decisión y encontrar planes de asignación de recursos que se ajusten a los objetivos de la organización. El análisis de escenarios se utiliza para desarrollar condiciones futuras y así facilitar procedimientos de acción estratégica y proponer visiones de futuro [7].

Por otro lado, el método Delphi se basa en un mínimo de dos rondas de consulta con un grupo de expertos o stakeholders altamente cualificados sobre determinadas cuestiones relacionadas con un tema concreto. Los miembros del grupo de expertos permanecen anónimos y los resultados

generales de cada ronda se proporcionan a todos los participantes como retroalimentación [8].

En la actualidad existen diferentes estudios que trabajan con la metodología de escenarios y sus diferentes técnicas, tal es el caso de [9], [10], [11], [12]

DELPHI METHOD

El método Delphi es parte del grupo de técnicas de prospectiva, en el que el conocimiento experto sobre un tema de interés se recopila sistemáticamente a través de encuestas iterativas combinadas con procesos para proporcionar comentarios estructurados a los participantes [13].

“El método Delphi es usado para obtener información sobre temas marcados por la incertidumbre y para los cuales el conocimiento de los expertos es accesible” Por medio de iteraciones, se busca estabilidad en las respuestas de los expertos y así reducir la incertidumbre en el tema analizado.

El método Delphi ha tenido aplicaciones en diversos sectores, regiones, países y organizaciones alrededor del mundo, con un marcado énfasis en los estudios de futuro en tecnología e innovación [14], [15]. Sin embargo, desde sus inicios en los años 40 del siglo pasado, el método ha sufrido cambios en su metodología hasta tal punto que las aplicaciones presentadas en los últimos años corresponden más a un "Delphi modificado", caracterizado por el anonimato, la presentación de alternativas a consenso, y menor número de rondas, entre otros aspectos [16].

Autores como [17] mencionan un conjunto de etapas o fases del método Delphi: delimitación, documentación, propuesta de variables, revisión por el coordinador, elaboración, envío y recepción de respuestas al primer cuestionario, análisis estadístico intermedio, elaboración, envío y recepción de respuestas al segundo cuestionario, análisis estadístico final e informe.

III. DESARROLLO METODOLÓGICO

Este estudio de prospectiva se estableció bajo el criterio de alineamiento de métodos, técnicas y herramientas desde dos corrientes o enfoques de pensamiento, la corriente francesa que implica el desarrollo de métodos como Micmac, Mactor y Smic-Prob Expert y por otra parte la corriente anglosajona con el método Delphi a dos rondas con énfasis a consulta a Stakeholders, la metodología a nivel general se presenta en la figura 1.

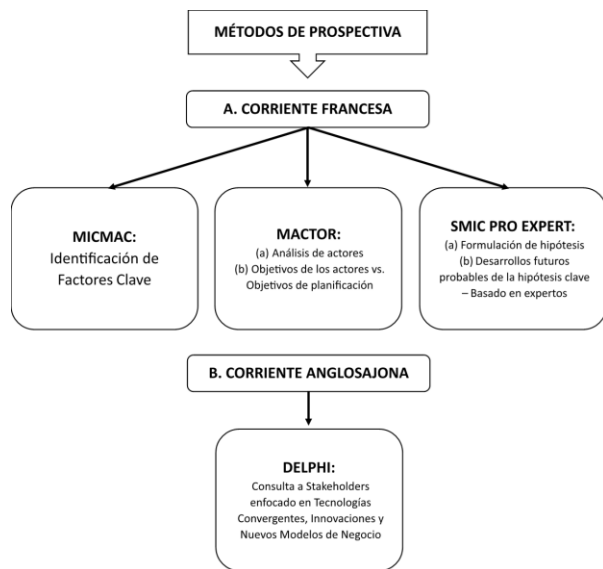


Fig. 1 Modelo de análisis de escenarios empleados

A. Enfoque/Corriente Francesa

El primer método usado fue El Método MICMAC el cual corresponde al análisis estructural que se lleva a cabo por un equipo compuesto por actores y expertos con experiencia probada y la revisión por parte de asesores externos.

Se efectúa la revisión de relaciones entre variables. Desde una perspectiva sistémica, cada variable existe en función de su relación con otras variables. Este proceso cualitativo evalúa la influencia directa entre las variables, asignando valores de 0 (ausencia de influencia) a 3 como alta influencia, incluyendo la P como influencia potencial.

Finalmente se realiza la evaluación de variables clave con el software MICMAC. Esta etapa implica la identificación y evaluación de variables clave o Drivers.

Posteriormente se utilizó el Método MACTOR o Matriz de Alianzas, conflictos, tácticas, objetivos y recomendaciones/resultados, el cual tiene como propósito evaluar las dinámicas de poder entre los actores y examinar sus puntos de convergencia y divergencia en relación con una serie de posturas y objetivos asociados.

Por último se aplicó el Método SMIC-PROB EXPERT, o sistemas de matrices de impacto cruzado – Probabilidad de expertos o también conocido como Método de Impactos Cruzados Probabilístico, tienen como objetivo determinar las probabilidades simples y condicionales de hipótesis o eventos, así como las probabilidades de combinaciones de estos eventos, teniendo en cuenta las interacciones entre ellos.

B. Enfoque/Corriente Anglosajona

El proceso Delphi es iterativo y se divide en varias rondas. En la primera ronda, un grupo de expertos seleccionados responde a un cuestionario o serie de preguntas

relacionadas con el tema en estudio. Las respuestas se recopilan y analizan para identificar patrones y tendencias.

En la segunda ronda, se presenta un resumen de las respuestas de la primera ronda a los expertos, quienes son solicitados a reevaluar sus opiniones hasta que se alcance un cierto grado de consenso o precisión en las predicciones.

IV. HALLAZGOS

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos bajo las dos corrientes/enfoques:

Resultados Escenarios

La generación de escenarios posibles, probables, deseables y apuesta, en cada cadena fue posible a través de la aplicación de varios métodos y técnicas como se muestra a continuación:

Método MICMAC

Para obtener las problemáticas y variables se construyó una encuesta en Forms (<https://forms.office.com/r/xJDzk9snZw>) la cual fue enviada a actores o Stakeholders relacionados con las seis cadenas agroindustriales, obteniendo 81 variables Cafés especiales, 36 variables en Cítricos, 45 variables en Cuero, 67 variables en frutales de clima frío, 45 variables en lácteos y por último 100 en plátano.

El informe del Método MICMAC entrega el listado de variables clave de los planos directo, indirecto, directo potencial e indirecto potencial, derivado del procesamiento de la información de la cadenas agroindustriales de Cafés Especiales, Cítricos, Cuero, Frutales de Clima Frío, Lácteos y Plátano.

Las variables obtenidas son el insumo para construir la MIC o matriz de impacto cruzado como se observa en la Tabla I. Es importante aclarar que esta lista de variables se actualizó en la medida en que los stakeholders de cada cadena validaron en talleres presenciales su inclusión en la matriz definitiva.

TABLA I

Matriz de Influencia directa (MDI)

Indicador	Cafés Especiales	Cítricos	Cuero	Frutales de Clima Frío	Lácteos	Plátano
Tamaño de la matriz (Total variables validadas)	47	36	44	34	39	25

Después del tratamiento de los datos, se observa el Mapa de Influencia o Dependencia Directa así: Cafés Especiales, Figura 2; Cítricos, Figura 3; para los otros 4 sectores se obtuvieron los mismos planos.

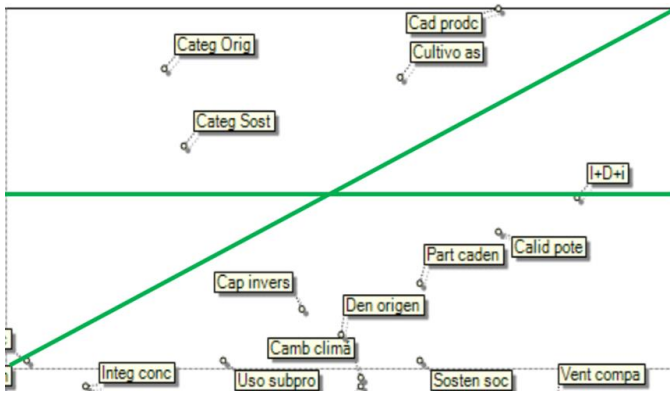


Fig. 2 Mapa de Influencia o Dependencia Directa de Cafés Especiales – cuadrante superior derecho

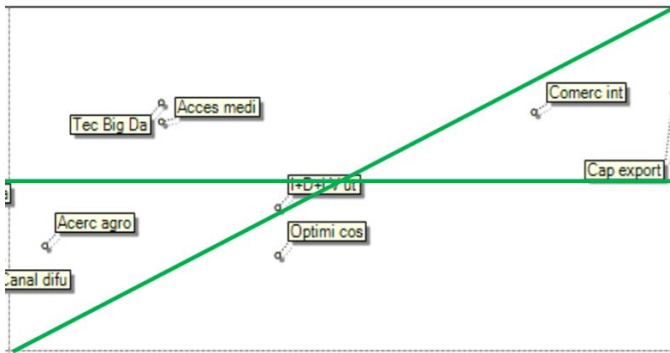


Fig. 3 Mapa de Influencia o Dependencia Directa de Cítricos – cuadrante superior derecho

La Matriz de las Influencias Indirectas (MII) corresponde a la Matriz de las Influencias Directas (MID) potenciada por iteraciones sucesivas. A partir de esta matriz una nueva clasificación de las variables enfatiza las variables más importantes del sistema.

De hecho, se detectan las variables ocultas, gracias a un programa de multiplicación de matrices aplicado a una indirecta clasificación.

Además del análisis Directo e Indirecto, el software MICMAC permite obtener variables a partir de MPDI e MPII.

La Matriz de Influencia Directa Potencial (MPDI), se obtuvo al reemplazar la calificación “P” de la MICMAC inicial por el número 3, de esta forma se evidencian en la sumatoria de filas y columnas influencias y dependencias futuras, lo que se obtiene son nuevas variables clave o Driver que van conformando el consolidado final en cada cadena.

Por otro lado, Matriz Influencias Indirectas Potenciales (MPII) corresponde a la Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) potenciada en potencia, por iteraciones sucesivas, 6 en este caso.

A continuación, se presenta el resumen de todas las variables clave o Drivers por sector obtenidas en los 4 planos motricidad – dependencia:

- Cadena Agroindustrial de los Cafés Especiales: las variables clave o Drivers en los cuatro planos fueron:

Cooperativas, Asociaciones para el proceso
Categoría – Origen
Categoría – Sostenibles
Cadenas productivas
Cultivo asociativos
I+D+i
Calidad potencial

- Cadena Agroindustrial de los Cítricos: se obtuvieron las siguientes variables clave o Drivers en los cuatro planos:

Diferenciar la producción de cítricos en el país por especies
Interacción entes públicos y privados
Modelos productivos que incorporen prácticas de contención, superación de plagas, enfermedades.
Promover procesos de comercialización asociativa
Propagación de material vegetal certificado de mayor productividad
Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo
Acceso a tecnologías de agregación de valor
Comercialización interna
Capacidad exportadora
Producción de encadenamiento Agroindustrial
Plataforma de comunicación entre los distintos eslabones de la cadena

- Cadena Agroindustrial del Cuero: las variables clave o drivers identificados en los cuatro cuadrantes fueron:

Normatividad vigente
Incorporación de planeación
Diversidad de productos
Oferta
Precio de venta
Marroquinería
Enfoque internacional de empresas
Exportaciones
Posicionamiento de marca
Estatutos tributarios
Adaptabilidad al entorno del mercado

- Cadena Agroindustrial de los Frutales de Clima Frío: en esta cadena se obtuvieron las siguientes variables clave o Drivers:

Variables macroeconómicas: precio del dólar
Construcción de encadenamiento agroindustrial
Economías de escala
Transformación y aprovechamiento: Transformación primaria de los productos, Nivel de transformación, Aprovechamiento de subproductos
Políticas para el desarrollo rural

Incentivos
Articulación de planes de desarrollo local, regional y nacional
Paquete tecnológico, Sistemas de siembra y sistemas de riesgos
Seguridad alimentaria: tecnologías de conservación, empaques, inocuidad, sellos y certificaciones, bienestar social

- Cadena Agroindustrial de los Lácteos: las variables clave o Drivers fueron:-

Cambio climático
Biotecnología
E-Commerce
Infraestructura
Emprendimiento rural
Productos sustitutos
Inversiones
Gestión de Investigación y Desarrollo
Innovación
Nuevos mercados
Nuevo consumidor: Prosumidor
Producción limpia
Innovación
Mano de obra calificada
Sabores ancestrales
Diversidad de productos
Empaques Inteligentes/activos

- Cadena Agroindustrial del Plátano: en este sector, los Drives o variables claves obtenidas bajo la metodología MICMAC - Análisis estructural fueron:

Clima
Orden Territorial
Enfoque social
Políticas públicas

Método MACTOR

Los stakeholders proponen los objetivos y se presentan los actores que están a favor - influyentes, o en contra de los objetivos, los objetivos fueron analizados y validados a través de múltiples talleres presenciales con Stakeholders, a continuación, se presentan los Objetivos de cada cadena agroindustrial:

Cafés Especiales: como objetivos de la cadena se establecieron:

- Sistemas de producción sostenibles
- Estructurar la organización de la cadena regional del café.

Los actores internos del sistema como Productores, Universidades de la Región, Plantas tostadoras (Liofilizadoras de café), Compradores, Federación Nacional de Cafeteros, Trilladoras, Tiendas Especializadas de café, Transformadores, y Asociaciones son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores la Gobernación del Quindío es el más débil.

Cítricos: como objetivos de la cadena se eligieron:

- Impulsar una nueva manera de cultivar para beneficio de la biodiversidad, el medio ambiente y con valor social.
- Desarrollar biorrefinerías capaces de procesar subproductos derivados de la producción y procesamiento de los frutos cítricos.
- Estructurar la organización de la cadena regional de cítricos.

Los actores internos del sistema como Exportadores, Ministerio de Agricultura, la Gobernación del Quindío y las Universidades son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA- es el más débil.

Cuero: como objetivos de la cadena se establecieron:

- Implementación de tecnologías limpias.
- Centro de desarrollo, nuevos productos.
- Creación centro de I+D+i, transformación productiva.

Los actores internos del sistema como Productores, Comercializadores, Industrias de Procesamiento y los Exportadores son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores los Gestores de Residuos con enfoque en Eco son el más débil.

Frutales de Clima Frío: Los objetivos fueron:

- Desarrollar tecnología que mantenga el reposo invernal en terrenos donde el clima presenta variación en la temperatura con sistemas de sensores térmicos.
- Crear un prototipo de semilla frutal de mediano crecimiento para optimizar pequeñas extensiones de tierra con mayor productividad a través de insumos orgánicos.
- Aprovechar las tecnocomunicaciones para la divulgación y comercialización tanto de los frutos como del proceso de transformación en el ciclo de la siembra (asesoría y capacitación para aprendices).

Los actores internos del sistema como el SENA, Mipymes y los Productores son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores el INVIMA es el más débil.

Lácteos: En esta cadena, los objetivos elegidos fueron:

- Especialización sostenible de la producción del forraje.
- Masificación y estandarización en los centros de acopio.

Los actores internos del sistema como el Gremios de la cadena láctea, el ICA, Productores Primarios, Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidades y Agrosavia son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores el Departamento Nacional de Planeación es el más débil.

Plátano: Los objetivos establecidos fueron:

- Mejorar la genética a partir de la reproducción in vitro de plántula.
- Incremento en la productividad de plátano por hectárea a partir de la renovación del material vegetal y mejora en los procesos productivos.
- Regulación en la venta del material vegetal.
- Tecnificación de fincas - Transformación.

Los actores internos del sistema como los Exportadores, Proveedores de Insumos, Asociaciones y la secretaría de Agricultura son los eslabones más fuertes del juego de actores, así mismo se estableció que entre los actores la Corporación Regional del Quindío -CRQ- es el más débil.

Resultados SMIC PROBexpert

Se generaron los escenarios en cada cadena agroindustrial, de este modo se estableció como escenario apuesta aquel que fuera posible, probable y deseable y que estuviera en el grupo que sumara el 80% de las probabilidades en cada una de las cadenas, a continuación, se presenta un resumen del escenario apuesta en cada cadena agroindustrial:

Escenario apuesta Cafés Especiales:

En el departamento del Quindío en el 2035 se triplicará el porcentaje del presupuesto en investigación, desarrollo e innovación I+D+i, se llegará al 60 - 80% en la categoría de cafés especiales, además entre el 1 y el 5 % de los cultivos de café estarán asociados, entre el 80 y el 90 % de los cafés especiales se encontrarán en escala SCAy existirán cooperativas con beneficios financieros para los asociados.

Escenario apuesta Cítricos:

En el Departamento del Quindío en el 2035 el 75% de las especies de cítricos se encontrarán diferenciadas en el país por especies y el 75 % del material vegetal estará certificado, así mismo el 50% de los cultivos harán uso de las IoT y tendrán acceso a la tecnología y uso de plataformas, también el 50% de la cadena de cítricos trabajará asociativamente y contará con comercialización interna y con capacidad exportadora,

además, el 100% de los actores públicos y privados estarán interactuando en cada uno de los eslabones de la cadena por último la cadena productiva de cítricos estará encadenada en un 40%.

Escenario apuesta Cuero:

En el Departamento del Quindío en el 2035 el 100% de las empresas estarán legalizadas, con facturación electrónica y con la normatividad ambiental, así mismo se tendrán al menos 20 diseños de productos nuevos en cuero, por otro lado, se aumentará el precio de venta del cuero entre un 30 y 40%, también se aumentará en un 20% las exportaciones y se contará con estrategia corporativa y competitiva en las empresas.

Escenario apuesta Frutales de Clima Frío:

En el Departamento del Quindío en el 2035 se tendrá estabilidad de los precios en la cadena de suministro y la comercialización del producto, existirá disponibilidad de tecnología para la siembra y producción, así mismo se tendrá priorización de la cadena con un apoyo del 4% del presupuesto Departamental, adicionalmente se contará con la existencia de 8 proyectos relacionados con investigación, desarrollo e innovación en los frutales de clima frío, por último la cadena de frutales de clima frío estará articulada en un 30%.

Escenario apuesta Lácteos:

En el Departamento del Quindío en el 2035 entre un 40 y 45% de los productores implementarán tecnologías con buenas prácticas ganaderas y será una ganadería sostenible, la cadena productiva gestionará entre un 30 y 49% de su presupuesto en proyectos de I+D+i, así mismo entre un 40 y 59% de los productores de la cadena de ganadería sostenible se integrarán en organizaciones de economía solidaria, por último entre un 40 y 59% de los productores implementarán procesos de agroindustria, mecanización (automatización), mejora de proceso productiva, nutrición, genética, manejo, en cooperación con fuentes de créditos bancarios, SENA, MADR, gobernación, alcaldía.

Escenario apuesta Plátano:

En el Departamento del Quindío en el 2035 máximo el 15% de las hectáreas de plátano se verán afectadas por el clima, existirá por parte del gobierno una financiación de mínimo 40 proyectos así como una cobertura de políticas públicas en protección de tierras de mínimo el 70%, así mismo, el fortalecimiento del clúster incluirá un agrupamiento del 70% de los productores del sector agroindustrial, también se contará con al menos 2 variedades resistentes y 2 estrategias de mejoramiento de cultivo, por último, existirá un fortalecimiento en el clúster del plátano superior al 80% así como una disponibilidad superior al 90% de materia prima y al menos 4 estudios de vigilancia tecnológica por año.

Resultados Método Delphi a dos rondas

Haciendo uso del Método Delphi se reunieron expertos de siete (7) países: Colombia, Estados Unidos de América, Chile, Uruguay, México, España y Australia, en búsqueda de sus opiniones para establecer en consenso su predicción acerca de las cadenas agroindustriales. Se obtuvieron entre las dos rondas 172 respuestas.

V DISCUSIÓN

Validación y análisis complementario con Inteligencia Artificial y librerías especializadas de Python

Aunque se han realizado diversos estudios de prospectiva en sectores agroindustriales como el de [18], [19], [20], [21], [22] ninguno de ellos utilizó técnicas de inteligencia artificial para validar o complementar metodologías y resultados, en esta investigación se utilizaron algunas librerías de Python para validar los resultados de MICMAC, en este caso se codificó un notebook que calcula la media de similitud para cada elemento de la matriz, luego se creó un set de datos en orden descendente según la media de similitud, el resultado final muestra los elementos ordenados por su similitud promedio, donde los más similares están en la parte superior del set de datos.

Los resultados a través del software MICMAC de Lipsor utilizando sumatorias de filas y columnas y algebra matricial son iguales al aplicar Python, a continuación, se presenta el resumen comparativo de variables clave o drivers en dos de las seis cadenas agroindustriales:

Cafés Especiales:

	Average Similarity
Cad prod	2.297872
Categ Orig	2.234043
Cultivo as	2.127660
Coop Asoc	2.085106
Categ Sost	1.957447
I+D+i	1.829787
Cult asoci	1.787234
Calid pote	1.744681
Part caden	1.617021
Cap invers	1.553191
Cont prote	1.531915
Serv proce	1.531915
Den origen	1.489362

Fig. 4. Variables clave/drivers en cafés especiales

Como se observa en la figura 4 las primeras 9 variables priorizadas en Python coinciden en un 100% con las variables obtenidas por MICMAC, lo que se constituye en una oportunidad de continuar utilizando Inteligencia Artificial a través de la librerías de Python para validar variables clave/drivers sin necesidad de instalar en paquete informático MICMAC de LIPSOR.

Plátano:

	Average Similarity
Enf social	2.36
Clima	2.28
Orde Terri	2.12
Poli publi	1.96
Políticas	1.80
Arti produ	1.80
Comer vent	1.76
Etica comp	1.68
Tecn e inn	1.68
Logística	1.60
Vías y com	1.60
Labor Cult	1.60
Normativid	1.56
TICS	1.56
Incen subs	1.48
Agroindust	1.40

Fig. 5. Variables clave/drivers en Plátano

De la misma manera en la figura 5 se presentan en la cadena agroindustrial de plátano las variables clave/drivers obtenidas con Python a través de similitud de promedios, se obtuvo un ranking de variables que coincide en un 100% con los drivers obtenidos por MICMAC a través de análisis estructural, sumatorias de filas y columnas y elevación de matrices a la potencia n, una vez más se muestra la oportunidad de utilizar las librerías matemáticas y estadísticas de Python para identificación de drivers y generación de escenarios futuros.

Por otro lado, para complementar los resultados del Delphi en cuanto a comentarios o retroalimentaciones de los expertos, se utilizó la biblioteca WordCloud junto con otras herramientas como NLTK y Matplotlib para generar y visualizar una nube de palabras.



Fig. 6. Nube de palabras Cafés especiales en Python

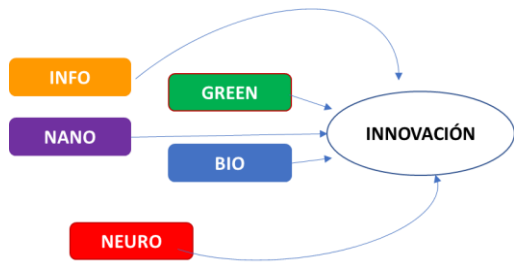


Fig. 11. Convergencia de orden 5 entre Nano Bio, Info, Neuro y Green

Los resultados obtenidos en los 6 estudios de prospectiva presentados en este paper pueden alinearse con las decenas de posibilidades en tecnología e innovación a partir de los 5 agrupadores de tecnologías convergentes establecido previamente por el Tech Foresight del Imperial College donde se presentan imágenes de futuro presentes, probables y posibles a 2030, las cuales pueden ser nuevas fuentes de ideas para proyectos de I+D+i no solo en las 6 cadenas agroindustriales sino en escuelas, facultades y programas de Ingeniería dedicados a la enseñanza y aprendizaje de los diversos sectores agroindustriales y de alimentos.

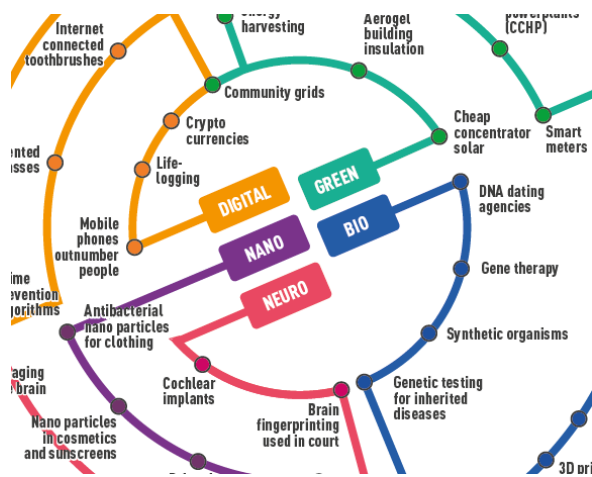


Fig. 12. Emerging Technologies Imperial College

La grafica 12 que se puede consultar en: <https://rossdawson.com/timeline-emerging-science-technology-visual-framework/>, se constituye en una línea de tiempo de referencia para ciencia, tecnología e innovación emergente que puede tenerse en cuenta por los stakeholders de las cadenas agroindustriales, los encargados de política pública en Ciencia, Tecnología e Innovación, líderes de convocatorias, empresarios, grupos y centros de investigación así como docentes e investigadores de Universidades con programas de ingeniería y afines.

IV CONCLUSIONES

De acuerdo con lo obtenido en el estudio a través de la metodología de escenarios y el método DELPHI a dos rondas se pueden construir de manera colectiva, las estrategias y proyectos que deberán llevarse a cabo en los próximos años en Quindío con el fin de llegar al escenario apuesta de cada sector, un insumo para estas estrategias y actividades es llevar a cabo proyectos concretos apoyados en estudios de Vigilancia e Inteligencia en las tecnologías e innovaciones prioritarias en los Delphi, que contemple no solo componentes científicos y tecnológicos sino aspectos complementarios en cuanto a vigilancia de mercados, competitiva y de proveedores.

En cuanto a las KET's y Tecnologías convergentes priorizadas, se pueden realizar talleres, sesiones de ideación en las regiones y países donde estos sectores agroindustriales sean prioritarios, que permitan aplicar los conceptos de convergencia Nano, Bio, Info, Cogno y Green con el fin de generar innovaciones incrementales, radicales, sostenibles y en lo posible innovaciones regenerativas en las seis cadenas. Estos 5 grandes grupos temáticos o Tecnologías Convergentes pueden ser el origen innovaciones con convergencia entre dos de ellos, por ejemplo, Nano y Bio, entre tres de ellos como en el caso de Nano, Bio, Info, cuatro de ellos y hasta los cinco agrupadores, esto podría constituirse en el origen de innovaciones tecnológicas que se comporten como innovaciones convergentes que pueden constituirse en focos de análisis para proyectos futuros.

En cuanto a los 17 objetivos de futuro elegidos y las Tecnologías e Innovaciones priorizadas en los 6 Delphi se pueden convertir en insumo para Escuelas y Programas de Ingeniería con el fin de retroalimentar sus apuestas de investigación, actualizar sus currículos, generar proyectos de I+D+i, proponer cursos de extensión, programas de formación continua y de transferencia en los temas/tecnologías/innovaciones ganadoras en las dos rondas Delphi y los nuevos temas prioritarios de la 2da ronda Delphi de cada cadena agroindustrial.

RECONOCIMIENTOS

Al Sistema General de Regalías de Colombia (SGR) y a Minciencias por su contribución económica, además de expresar su reconocimiento a la Universidad Alexander von Humboldt de Armenia y a la Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío por su cooperación en la realización del proyecto. Así mismo, a los diferentes grupos de apoyo en cada una de las actividades realizadas.

REFERENCIAS

- [1]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013). Agroindustrias para el desarrollo, Roma
- [2]. FAO (2010). Las biotecnologías en la agroindustria en los países en desarrollo. Consultado el 14 de septiembre de 2022.

Disponibile en: <https://www.fao.org/biotech/sectoral-overviews/agro-industry/es/>

- [3]. Balboa, B., Mayumi, Y. (2017). Influencia de la gestión de calidad en el nivel de la rentabilidad de la asociación agroindustrial Oliverera de Sama, período 2015. Tesis. Tacna – Perú.
- [4]. Graham, G., Mehmood, R., & Coles, E. (2015). Exploring future cityscapes through urban logistics prototyping: a technical viewpoint. *Supply Chain Management*, 20(3), 341-352. <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2014-0169>
- [5]. Drew, S. (2006). Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation. *European Journal of Innovation Management*, 9(3), 241-257. <https://doi.org/10.1108/14601060610678121>
- [6]. Mietzner, D. and Reger, G. (2005) ‘Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight’, *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, Vol. 1, No. 2, pp.220–239.
- [7]. Weng, W.H. and Lin, W.T. (2015) ‘A mobile computing technology foresight study with scenario planning approach’, *International Journal of Electronic Commerce Studies*, Vol. 6, No. 2, pp.223–232.
- [8]. J. W. Zartha Sossa, W. Halal, and R. Hernandez Zarta, “Delphi method: analysis of rounds, stakeholder and statistical indicators,” *Foresight*, vol. 21, no. 5, pp. 525–544, Sep. 2019, doi: 10.1108/FS-11-2018-0095.
- [9]. Jayyousi, O., & Aldhmour, F. (2022). Re-imagining the Futures of University: Foresight for Higher Education Using Innovation Labs Learning Space. *International Conference on Business and Technology*. <https://www.springerprofessional.de/en/re-imagining-the-futures-ofuniversity-foresight-for-higher-educ/23260498>
- [10]. Bootz, J., Michel, S., Pallud, J., & Monti, R. (2022). Possible changes of Industry 4.0 in 2030 in the face of uberization: Results of a participatory and systemic foresight study. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121962. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121962>
- [11]. Spaniol, M., & Rowland, N. (2022). Business ecosystems and the view from the future: The use of corporate foresight by stakeholders of the Ro-Ro shipping ecosystem in the Baltic Sea Region. *Technological Forecasting and Social Change*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121966>
- [12]. Agyemang, P., Kwofie, E., & Fabrice, A. (2022). Integrating framework analysis, scenario design, and decision support system for sustainable healthy food system analysis. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133661. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133661>
- [13]. G. I. Pereira, P. Da Silva y D. Soule, «Policy-adaptation. for a smarter and more sustainable EU electricity distribution industry: a foresight analysis.» *Environment*.
- [14]. Van Der Duin, P, A. (2006). *Qualitative Futures Research for Innovation*. Eburon B V
- [15]. Castelló, M., Callejo, J. (2000). La prospectiva tecnológica y sus métodos. *Observatorio de Prospectiva Científica Y Tecnológica de Argentina - SeTCIP*
- [16]. Cabero, J. (2013). Formación del profesorado universitario en tic. Aplicación del método Delphi para la selección de los contenidos formativos. *Educación XX1*, 17(1), 21. <https://doi.org/http://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10707>
- [17]. Cancelo, M. J., Neyro, J. L., Baquero, J. L. (2013). Probiotics as adjuvant therapy for vaginitis. Agreement based on the Delphi method. *Progresos de Obstetricia Y Ginecología*. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.pog.2013.07.002>
- [18]. Zartha, J., Montes, J., Toro, I., Villada, H. (2014). Método Delphi - Propuesta para el cálculo del número de expertos en un estudio Delphi sobre empaques biodegradables al 2032. *Revista Espacios*. 35(13).
- [19]. Grass, J., Camacho, R., Zartha, J. (2023). Innovations and trends in the coconut agroindustry supply chain: A technological surveillance and foresight analysis. *Frontiers in sustainable food systems*. Vol 7.
- [20]. Meza, D., Quintero, J., Zartha, J., Hernández, R. (2020). Estudio de prospectiva del sector cacao al año 2032 como base de programas de capacitación universitaria en el sector agroindustrial. *Aplicación del método Delphi*. 31(3).
- [21]. Suarez, L., Agudelo, D., Zartha, J., Orozco, G. (2021). La cadena productiva de mora en el Departamento Risaralda en el marco de un estudio de prospectiva a 2032. *Scientia et Technica*.
- [22]. Zartha, J., Palacio, J., Orozco, G., Hincapié, C., Ríos, A., Álcarez, C. (2023). Prospectiva de la ingeniería agroindustrial en Iberoamérica al 2035: aplicación de la metodología de escenarios y el método Delphi. 24(1)