

**PLAN DE ORDENAMIENTO PRODUCTIVO**  
**ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LA**  
**CADENA PRODUCTIVA DEL ARROZ**

Bogotá, Abril de 2020

Iván Duque Márquez  
**Presidente de la República de Colombia**

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR**

Rodolfo Enrique Zea Navarro  
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Marcela Urueña Gómez  
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

Juan Camilo Restrepo  
Viceministro de Desarrollo Rural

**Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA**

Felipe Fonseca Fino  
Director General

Mercedes Vásquez De Gómez  
Secretaria General

Dora Inés Rey Martínez  
Directora Técnica de Ordenamiento Social de la Propiedad y Mercado de Tierras Rurales

Daniel Alberto Aguilar Corrales  
Director Técnico Uso Eficiente del Suelo Rural y Adecuación de Tierras

Luz Mery Gómez Contreras  
Jefe de la Oficina de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

**Supervisión**

Yadira Peña, Profesional especializado DUESAT  
Luis Sandoval, Profesional especializado OSP  
Oscar Romero, Profesional especializado OSP

**Autores**

**Coordinación técnica**

Andrea Carolina González Cárdenas

**Equipo Análisis Situacional y Prospectiva**

Luis Eduardo Quintero  
Henry Alirio Samacá  
Jhon Alexander Giraldo  
Mariana Ríos Ortigón  
Isabel Cristina Becerra  
Alexis V. Maluendas  
Ana María Díaz  
Diana Milena Reina  
Juan Sebastián Viveros  
Ricardo Arguello  
David Alvarez  
Luis Fernando Parra  
Edwin Garcia

**Apoyo MADR**

Andrés Silva Mora - Director de Cadenas Agrícolas y Forestales  
Wilson Rivera – Secretario Técnico Cadena Productiva de Arroz

## Consejo Nacional del Arroz

La UPRA resalta el compromiso de trabajo de todas las organizaciones y personas que participaron en el proceso de análisis prospectivo y agradece los aportes que ellos hicieron para mejorar el texto que se presenta. Se hace un reconocimiento especial a los siguientes actores:





Asopromojana



Este documento es propiedad intelectual de la UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA (UPRA). Solo se permite su reproducción parcial cuando no se use con fines comerciales, citando este documento así: Apellido del autor, Inicial del nombre. (2020). *Título del documento*. Bogotá: UPRA. Recuperado de <URL de ubicación del documento>.

## **RESUMEN**

En este trabajo se aplica para la cadena del arroz en Colombia la metodología para la formulación de planes de ordenamiento productivo basada en la literatura de modelos de prospectiva estratégica (Mojica, 2005) y en la guía metodológica para la formulación de los planes de ordenamiento productivo diseñadas por UPRA (Andrade, G; Quintero, L; Samacá, H, 2017). Los escenarios prospectivos se construyeron a través de las siguientes etapas: 1) análisis situacional de la cadena del arroz e identificación de desafíos; 2) Entrevista a expertos; 3) formulación de modelos de oferta y demanda y de equilibrio parcial y 4) Construcción de escenarios prospectivos. Con base en estos desarrollos, se propone un escenario apuesta del sector del arroz en Colombia al 2038.

Se identificaron 24 variables estratégicas de las cuales se priorizan 18 siguiendo la metodología de análisis relacional. Con estas se plantearon y calificaron las hipótesis (tendencial, optimista y pesimista) con visión al 2038. Con las hipótesis de mayor probabilidad de ocurrencia se formuló el escenario apuesta, base para formular los lineamientos estratégicos y el consecuente plan de acción para el ordenamiento productivo del arroz en Colombia.

Para el 2038 Colombia requerirá entre 3,5 y 3,8 millones de toneladas de arroz paddy seco para atender las necesidades de alrededor 60 millones de personas. Para cumplir este requerimiento en condiciones de mercados globales, los productores deberán incrementar la productividad por lo menos en el 50% para mantener un nivel de suficiencia del 85%, en un mercado de doble vía con presencia de importaciones y de exportaciones de arroz. Como consecuencia de los aumentos de la productividad, la superficie arrocera estará en alrededor de 440,000 hectáreas, con una participación creciente de los sistemas de secano.

### **Palabras clave:**

Prospectiva, escenarios, arroz, cadenas, ordenamiento productivo.

## **ABSTRACT**

In this work, the methodology for the formulation of productive management plans is based on the literature of strategic prospective models (Mojica, 2005) and on the methodological guide for the formulation of production management plans applied for the rice chain in Colombia designed by UPRA (Andrade, G; Quintero, L; Samacá, H, 2017). The prospective scenarios were constructed through the following stages: 1) situational analysis of the rice chain and challenges; 2) Expert consultation; 3) formulation of supply, demand and partial equilibrium models; 4) Construction of prospective scenarios. Based on these developments, a betting scenario of the rice sector in Colombia is proposed to 2038.

Twenty-six strategic variables were identified and eighteen were prioritized following the relational analysis methodology. Based on these, hypotheses of its future behavior (trend, optimistic and pessimistic) were raised and qualified allow us to achieve a vision of the rice sector to 2038. With the hypothesis of greater probability of occurrence, the bet scenario was formulated, the basis for

formulating the strategic guidelines and the consequent action plan for the productive order of rice in Colombia.

By 2038 Colombia will require between 3.5 and 3.8 million tons of dry paddy rice to meet the needs of around 60 million people. To achieve this requirement under global market conditions, Colombian producers must increase productivity by at least 50% to maintain a level of sufficiency of 85%, in a two-way market with the presence of rice imports and exports. As a result of productivity increases, the rice area will be around 440,000 hectares, with an increasing share of rainfed systems.

**Keywords:**

Prospective, scenarios, rice, chains, productive management.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	10
GLOSARIO	11
LISTA DE ABREVIATURAS	13
INTRODUCCIÓN	14
1. ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS A EXPERTOS	15
2. SISTEMA DE MODELACIONES ECONÓMICAS	18
2.1 Proyecciones económicas	19
2.2 Modelación del mercado	21
2.3 Proyección de la oferta	23
2.4 Modelo de optimización	26
3 ANÁLISIS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ESCENARIOS PROSPECTIVOS	30
3.2 Identificación de las variables estratégicas	30
3.3 Priorización de las variables estratégicas	31
3.4 Elaboración de opciones de futuro	37
3.4.1 Formulación de hipótesis de las variables claves y probabilidad de ocurrencia	37
3.4.2 Construcción de los escenarios de futuro	45
4 BIBLIOGRAFÍA	48
5. ANEXO	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Table 1. Participación en el mercado de arroz de los principales abastecedores de este .....	22
Table 2. Resultados generales del modelo de optimización para la cadena del arroz .....	29
Table 3. Variables estratégicas .....	30
Table 4. Matriz relacional de las 24 variables estratégicas calificadas por un experto .....	33
Table 5. Resumen de las calificaciones de los expertos de las variables estratégicas en la matriz relacional .....	34
Table 6. Resumen de las calificaciones de los expertos de las variables estratégicas en la matriz relacional, sin la calificación "4" .....	34
Table 7. Análisis de las variables potenciales .....	36
Table 8. Hipótesis de las variables y probabilidad de ocurrencia .....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figure 1. Estructura del sistema de modelación económica de la cadena del arroz .....	19
Figure 2. Proyecciones de las tasas de crecimiento de la población y el PIB .....	20
Figure 3. Proyección de la demanda doméstica de arroz al año 2039 .....	21
Figure 4. Comportamiento de la producción doméstica de arroz por tipo de tecnología.....	24
Figure 5. Simulación con el sistema de modelación económica de la cadena de arroz.....	25
Figure 6. Localización óptima del cultivo de arroz, bajo diferentes escenarios.....	27
Figure 7. La matriz relacional .....	32
Figure 8. Las variables jalonadoras de futuro en el arroz .....	35
Figure 9. Selección final de las variables del sistema .....	37
Figure 10. Resultado probable de los escenarios para cada variable. (En rojo, el escenario prevaliente).....	45

## GLOSARIO

**Zonificación:** las zonificaciones elaboradas por la UPRA tienen como finalidad identificar las zonas del país que tienen mayor aptitud para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, forestales, acuícolas y pesqueras de carácter productivo. Se entiende como zonificación un proceso dinámico mediante el cual se identifican y delimitan áreas relativamente homogéneas, ambientalmente sostenibles, económicamente viables y socialmente justas a partir del análisis y síntesis integral de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos<sup>1</sup>.

**Cadena productiva agropecuaria:** conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario hasta su comercialización final. Está conformada por todos los agentes que participan en la producción, transformación, comercialización y distribución de materias primas, insumos básicos, maquinaria y equipos, productos intermedios o finales, en los servicios y en la distribución, comercialización y colocación del producto final al consumidor (Ley 811 de 2003).

**Competitividad:** capacidad de un territorio o agente para producir bienes y servicios que compitan exitosamente en mercados globalizados, de tal manera que genere crecimiento sostenido a largo plazo y contribuya a mejorar los ingresos y la calidad de vida de sus habitantes, sin afectar el bienestar de las generaciones futuras (UPRA, 2015)

**Escenario:** entendido como “la descripción de una situación futura y por la serie de hechos que permiten pasar de la situación original a la situación futura”. Este término se utiliza “para calificar cualquier tipo de juego de hipótesis” (Godet, M., & Durance, P., 2011).

**Gestión de conflicto de uso del suelo:** conjunto de directrices, procesos y acciones, transversales y multisectoriales, que buscan contribuir al uso eficiente del suelo rural a través de estrategias de coordinación, articulación y concertación entre los diferentes actores tanto públicos como privados. Ello teniendo en cuenta que en el territorio rural confluyen diversos intereses de otros sectores por el uso del suelo, como son el ambiental, minero energético, infraestructura y transporte, turismo, vivienda, saneamiento básico, y cultural, entre otros (Resolución 128 de 2017 [MADR]).

**Ordenamiento productivo:** proceso participativo de planificación multisectorial, de carácter técnico, administrativo y político, que busca contribuir al uso sostenible de los recursos en el territorio con el propósito de mejorar la productividad agropecuaria, la seguridad alimentaria y la competitividad local, regional, nacional e internacional bajo principios de responsabilidad social y sostenibilidad ambiental (Resolución 128 de 2017 [MADR]).

---

<sup>1</sup> Tomado de <https://upra.gov.co/uso-y-adequacion-de-tierras/evaluacion-de-tierras/zonificacion> el 13 de ago. de 19

**Organización de cadena:** es un espacio de diálogo y su misión surge de una libre decisión de sus integrantes de coordinarse o aliarse para mejorar su competitividad, después de un análisis del mercado y de su propia disposición para adecuarse a las necesidades de sus socios de cadena. Los integrantes de una organización de cadena ponen a disposición de esta, sus organizaciones y sus estrategias que se coordinan con el fin de obtener un mejor desempeño económico individual y colectivo (Ley 811 de 2003).

**Prospectiva:** conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o de predecir el futuro en una determinada materia (RAE, 2017).

**Uso eficiente del suelo,** es el resultado de un proceso planificado de ordenamiento productivo y social de la propiedad rural, el cual tiene como objetivo mejorar la productividad y competitividad del territorio en equilibrio con la sostenibilidad social, económica y ambiental de los sistemas de producción agropecuaria. Para su determinación la aptitud de la tierra es un factor determinante para el desarrollo de sistemas productivos, así como comprender las demandas de los mercados agropecuarios, el contexto socioecosistémico y socioeconómico de los territorios, la distribución equitativa de la tierra y la seguridad jurídica de la tenencia de esta (Resolución 128 de 2017 [MADR]).

**Variable:** es aquel atributo o expresión de un elemento que varía en el tiempo y es medible de manera cuantitativa, adoptando valores numéricos (por ejemplo, la producción agrícola medida en toneladas) o cualitativa (por ejemplo, baja o alta prevalencia de enfermedades en las plantas) (Andrade, G; Quintero, L; Samacá, H, 2017).

**Arroz paddy verde:** hace referencia al arroz justo después de su recolección donde el grano aún se encuentra en la cáscara y necesita un proceso de secado y trillado.

**Arroz paddy seco:** grano de arroz luego de haber pasado por procesos de secado y remoción de impurezas. Aún conserva su cáscara.

**Arroz blanco:** grano de arroz luego de haber pasado por el proceso de molinería en donde se le remueve su cáscara.

## LISTA DE ABREVIATURAS

Acosemillas: Asociación colombiana de semillas y biotecnología

Agrosavia: Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica)

AMR: Área mínima rentable

Amtec: Adopción masiva de tecnología

Andi: Asociación nacional de industriales

CIAT: Centro internacional de agricultura tropical

Colfecar: Federación colombiana de transportadores de carga por carretera

DIAN: Dirección de impuestos y aduanas nacionales

DNP: Departamento nacional de planeación

FAO: Food and agriculture organization

Fedearroz: Federación nacional de arroceros

Fenalco: Federación nacional de comerciantes

Finagro: Fondo para el financiamiento del sector agropecuario

FLAR: Fondo latinoamericano para arroz riego

ICA: Instituto colombiano agropecuario

ICR: Incentivo a la capitalización rural

Ideam: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales

Idema: Instituto de mercadeo agropecuario

Invima: Instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos

MADR: Ministerio de agricultura y desarrollo rural

OCDE: Organización para la cooperación y el desarrollo económico

SIC: Superintendencia de industria y comercio

USDA: United States department of agriculture

## INTRODUCCIÓN

En desarrollo de las políticas del Gobierno Nacional y del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la UPRA viene adelantando el proceso de formulación de planes de ordenamiento productivo para las cadenas agropecuarias con el propósito de contribuir a la formulación de políticas de largo plazo para el desarrollo competitivo de la agricultura colombiana. Como lo señala la normativa vigente, un Plan de Ordenamiento Productivo es un proceso participativo de planificación de carácter técnico, administrativo y político que busca contribuir a mejorar la competitividad de la agricultura bajo los principios de responsabilidad social y sostenibilidad ambiental (Resolución 128 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

La cadena productiva del arroz es una de las llamadas para iniciar este proceso de construcción de un plan de largo plazo. Son varios los factores que incentivan el inicio de este proceso. El hecho de que sea de los principales productos en superficie y valor de la agricultura semestral del país, que abastezca casi la totalidad de las necesidades alimentarias y que contribuya al desarrollo de las regiones productoras, pero que simultáneamente enfrente retos competitivos en mercados cada vez más abiertos, son argumentos esenciales que ameritan su formulación.

Acometer un Plan de Ordenamiento requiere de varias etapas. La primera, consiste en una revisión de la situación actual de la cadena con base en diagnósticos, cifras y estudios reconocidos en los medios técnicos y académicos que permitan fijar los principales desafíos y por ende variables que hagan parte del Plan. La segunda, requiere de un proceso de consulta a expertos y la tercera de un proceso de selección de variables claves o jalonadoras del futuro, que son la base de la construcción de escenarios de la prospectiva. Simultáneamente, el equipo técnico de UPRA desarrolló modelos de oferta, demanda y de equilibrio parcial que permiten sustentar matemáticamente los escenarios bajo estudio.

Este documento es un resumen del proceso llevado a cabo en el primer semestre de 2019. La consulta a expertos, Capítulo 1, resume los principales puntos tratados en entrevistas semiestructuradas para la prospectiva realizadas entre mayo y junio de 2019. Los resultados de los modelos económicos, Capítulo 2, corresponden a un trabajo de validación matemática realizada por el grupo de Modelos Económicos de UPRA sobre los diversos escenarios estudiados. El análisis de escenarios, Capítulo 3, explica el proceso de selección de las variables de futuro de la prospectiva. Finalmente, en el capítulo 4 se exponen los resultados de la prospectiva en términos de los escenarios de la cadena del arroz en Colombia para el 2038.

## 1. ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS A EXPERTOS

Se aplicó una entrevista semiestructurada a 19 expertos de la cadena del arroz en genética, producción, gremialidad, molinería y comercialización<sup>2</sup>. Este instrumento permitió recoger las opiniones de los entrevistados que, al analizarlas en su conjunto, permiten una visión de la cadena hacia el futuro.

Los principales temas indagados y puestos en la mesa por los entrevistados, junto con una interpretación del equipo de prospectiva, fueron:

### Tendencias y futuro del sector

1. Continuará el proceso de concentración de la industria y cambios en la comercialización. La presencia de supermercados y grandes superficies han cambiado las formas de presentación y entrega de producto a los consumidores. Continuará el proceso de modernización de la industria molinera. La modernización va a la par con la disminución de los márgenes industriales.
2. La globalización de los mercados se profundizará: la apertura comercial no tiene reversa. Los productores tendrán que competir con Estados Unidos y Argentina.
3. Continuará el desplazamiento de la producción de arroz de tierras con riego a tierras secas, con buenos regímenes de lluvia. Las tierras con riego comenzarán a dar espacio para otros cultivos más intensivos en capital.
4. La productividad está estancada, pero por los avances de la competencia, los productores no tendrán opciones diferentes a aumentar la productividad y/o ampliar el tamaño promedio de los cultivos.
5. Por consiguiente, continuará el proceso de concentración de la producción agrícola. Probablemente desaparezca una tercera parte de los productores y se quedarán lo más modernos, con capacidad de adopción de nuevas técnicas.
6. Habrá espacio para un comercio de doble vía. Por un lado, se importará arroz de calidad estándar, pero se abrirán nuevos mercados de exportación de arroces especiales y con mayor valor agregado.
7. La infraestructura del país cambiará, lo cual también permitirá el desplazamiento hacia zonas y regiones con buenos regímenes de lluvias; los rendimientos no serán tan altos,

---

<sup>2</sup> En el anexo se adjunta el formato aplicado a los entrevistados.

pero se compensarán con menores costos de producción y con la ampliación del tamaño promedio de las explotaciones, todas con mecanización de punta.

Políticas para mejorar la productividad:

1. Mejorar los sistemas de riego porque la tendencia es hacia la sustitución por otros cultivos y actividades económicas que soporten y paguen las elevadas rentas del suelo.
2. Es necesario generalizar el uso de semillas certificadas y de alta tecnología.
3. Es necesario implementar una agenda para enfrentar el cambio climático.
4. También es necesario implementar una agenda para adoptar y generalizar nuevos sistemas de asistencia técnica.
5. Se requiere de más difusión y más información sobre los resultados de las investigaciones en ciencia y tecnología.
6. Se debe investigar sobre cambios en los sistemas de rotación y nuevas prácticas de siembra.

Políticas para reducir los costos de producción:

1. La sostenibilidad ambiental del cultivo genera costos y puede frenar la competitividad. El cambio de prácticas del cultivo para cumplir con estándares ambientales y la lucha contra el cambio climático presionará los costos.
2. Los costos de arrendamiento serán compensados con la apertura de nuevas tierras y zonas productoras.
3. Los avances en infraestructura y vías contribuirán a bajar los costos de producción.
4. La meta es llegar a costos equiparables a los productores argentinos y estadounidenses.

Consumo:

1. Las exportaciones van a ser frecuentes, pero a nichos especiales de cantidades y calidades; la presentación al consumidor mejorará.
2. La relación con el sector minorista y de supermercados será más estrecha.
3. El consumo per cápita de Colombia está en su tope; no son probables cambios radicales ni hacia arriba ni hacia abajo.
4. La diversificación del consumo será lenta. Es poco probable el surgimiento de nuevos usos que diversifiquen el consumo.
5. Los temas de inocuidad, marca, origen y productos orgánicos seguirán tomando fuerza.

Relaciones con la cadena:

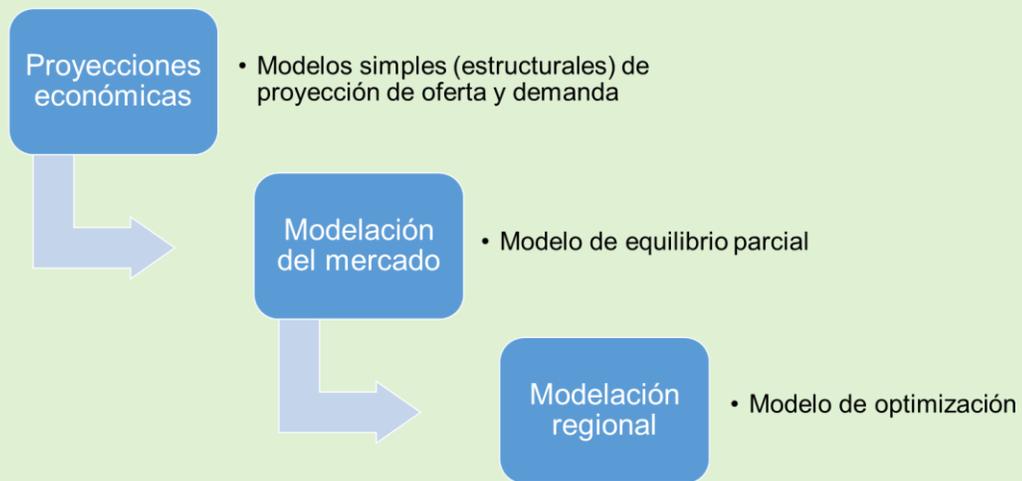
1. Los gremios de productores e industriales se concentrarán en fomentar la productividad de sus dos sectores.
2. Las entidades de control favorecerán la competitividad de la cadena.
3. La investigación y el desarrollo estará centrada en los productores y empresas privadas.

## 2. SISTEMA DE MODELACIONES ECONÓMICAS

Con el propósito de apoyar el análisis del comportamiento futuro del mercado primario de la cadena del arroz y generar escenarios plausibles sobre su desenvolvimiento, se desarrolló un sistema de modelación basado en la teoría económica y en métodos cuantitativos. El sistema hace parte de un esfuerzo mayor orientado a proporcionar insumos analíticos para el apoyo a los procesos de toma de decisiones del sector agropecuario, ejercicios de prospectiva, y, en particular, a los relacionados con el ordenamiento de la producción. Los objetivos del sistema de modelación económica de la cadena del arroz son (1) la realización de proyecciones de mediano y largo plazo sobre el comportamiento de la oferta y demandas domésticas, (2) la estimación del efecto que variables de política comercial y de productividad tienen sobre el funcionamiento del mercado, y (3) la exploración de alternativas de localización óptima de la producción al horizonte de planeación deseado.

Para lograr estos objetivos, el sistema está conformado por un componente de proyecciones económicas, uno de modelación del mercado y uno de modelación regional, que operan de manera secuencial. El componente de proyecciones económicas incluye dos modelos de tipo estructural que proyectan de manera independiente el comportamiento de la oferta y la demanda de arroz, en tanto que el componente de modelación del mercado consiste en un modelo de equilibrio parcial, que permite calcular el volumen resultante de producción doméstica a partir de las proyecciones de demanda originadas en el módulo de proyecciones. Por su parte el componente de modelación regional contiene un modelo lineal de optimización que permite determinar localizaciones óptimas de la producción, dado un conjunto de condiciones o restricciones. La estructura del sistema se presenta en la siguiente figura.

**Figure 1. Estructura del sistema de modelación económica de la cadena del arroz**



Fuente: UPRA, diseño del sistema de modelación económica de la cadena del arroz

## 2.1 PROYECCIONES ECONÓMICAS

La proyección de la demanda por arroz se hace a partir del comportamiento de tres variables estructurales: el crecimiento de la población nacional, el crecimiento del ingreso per cápita en el país y las preferencias de los consumidores, representadas por la forma como su gasto en arroz cambia a medida que sus ingresos cambian (elasticidad ingreso de la demanda por arroz). La consideración de distintos comportamientos de estas variables permite la generación de diferentes escenarios para el comportamiento de la demanda. La siguiente figura muestra los comportamientos asumidos para el crecimiento de la población y para la evolución del PIB nacional.

**Figure 2. Proyecciones de las tasas de crecimiento de la población y el PIB**



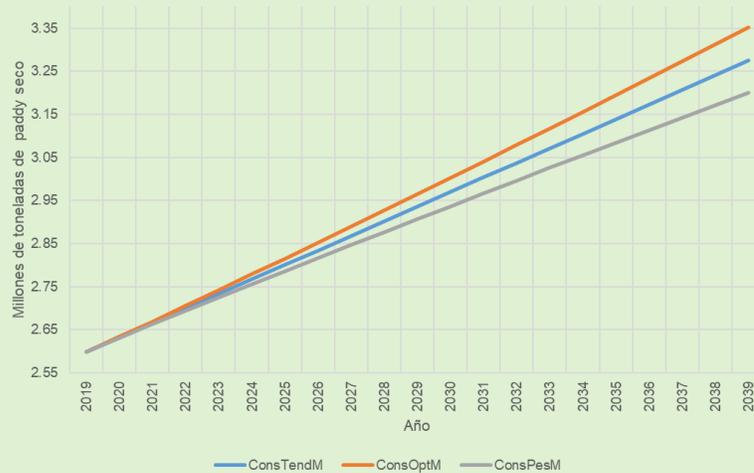
Fuente: Elaboración propia con base en datos DANE, FAO; DNP.

A partir de estos datos y de un valor de 0.11 para la elasticidad ingreso de la demanda, se obtienen las proyecciones de demanda que se muestran en la siguiente figura<sup>3</sup>. La tasa de crecimiento media asumida para el PIB genera el comportamiento tendencial de la demanda, mientras que las tasas de crecimiento optimista y pesimista dan lugar a los comportamientos que llevan esas mismas denominaciones. En el escenario tendencial, el consumo aparente de arroz paddy seco en toneladas llegaría a 3,3 millones de toneladas en el año 2039, que equivaldrían a 1,9 millones de toneladas de arroz blanco.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> El valor usado para la elasticidad proviene del examen de la literatura relevante.

<sup>4</sup> Usando un factor de conversión de 0.59.

**Figure 3. Proyección de la demanda doméstica de arroz al año 2039**



Fuente: Elaboración propia con base en datos DANE, FAO; DNP.

## 2.2 MODELACIÓN DEL MERCADO

Como se mencionó, la simulación del comportamiento del mercado doméstico del arroz se realiza con un modelo de equilibrio parcial. En éste, se tienen ecuaciones que representan los comportamientos de la oferta nacional y la de cada uno de los proveedores a nuestro mercado (en este caso Estados Unidos, MERCOSUR, CAN, Unión Europea y el Resto del Mundo), el comportamiento de la demanda, la determinación del precio del mercado y el equilibrio de este. Los datos de entrada al modelo corresponden al promedio de los observados entre 2012 y 2014, justo antes de iniciar la implementación del acuerdo de libre comercio con Estados Unidos y asumen un nivel elevado de sustituibilidad en el consumo entre los productos de los diferentes orígenes y niveles elevados de respuesta de la oferta frente a los precios para los principales oferentes y moderado para la producción nacional (de acuerdo con los estimativos disponibles para el país).

Las condiciones de mercado que se simulan con el modelo son las siguientes: (i) eliminación completa de los aranceles a las importaciones provenientes de Estados Unidos y MERCOSUR y eliminación de las

cuotas asignadas a la CAN, y (ii) cambios continuados en los niveles de productividad de la producción doméstica y de la de Estados Unidos. En particular, se asume un escenario tendencial en el que la productividad de Estados Unidos aumenta en aproximadamente 24% hacia el año 2039, mientras que la colombiana lo hace en 4%. Complementariamente, se construyen un escenario optimista y uno pesimista, definidos sobre la base que la productividad nacional aumenta 50% o cae en un 30%, respectivamente (en tanto que la de Estados Unidos aumenta siempre 24%). Estos cambios en productividad se basan en un análisis del comportamiento de las variables determinantes de la misma a nivel nacional, a partir del trabajo realizado en el componente de análisis situacional y de prospectiva estratégica.

En resumen, el modelo simula de manera simultánea la liberalización del comercio de arroz y los cambios en productividad mencionados antes, generando tres posibles escenarios (tendencial, optimista y pesimista) a partir de los cambios de productividad listados arriba. Como es de esperar, con la eliminación de aranceles (más los aumentos en productividad) el precio del mercado cae, con lo cual el tamaño absoluto del mismo aumenta. En el escenario optimista el tamaño del mercado crece 15%, en la tendencial crece 9% y en la pesimista crece 6%. Sin embargo, la forma como se satisface la demanda varía de manera importante cuando se comparan los tres escenarios. Como se muestra en la siguiente tabla, las participaciones en el mercado para los diferentes orígenes muestran aumentos significativos para el arroz procedente de Estados Unidos, disminuciones significativas para el arroz de producción nacional y disminuciones significativas para el arroz originario de la CAN, bajo todos los escenarios.

**Table 1. Participación en el mercado de arroz de los principales abastecedores de este**

Origen	Participación en el mercado en escenario (%):			
	Año base	Optimista	Tendencial	Pesimista
Doméstico	92	87	71	52
Estados Unidos	6	12	28	46
CAN	2	1	1	2

Fuente: Simulación con el modelo de equilibrio parcial. Cálculos UPRA.

De acuerdo con esto, la producción doméstica perdería cinco puntos porcentuales de participación en el escenario optimista, 21 puntos en el tendencial y 40 puntos en el pesimista. Estos cambios en participación

equivalen a caídas, con respecto al año base, del orden de 14% y 36% en la producción nacional bajo los escenarios tendencial y pesimista y a un aumento del 9% en el caso del escenario optimista. Debido a que los precios disminuyen significativamente en todos los escenarios, esto conlleva a una caída en el valor de la producción nacional (aún en el caso del escenario optimista en el cual el volumen de producción aumenta), que se sitúa en el orden de 31%, 34% y 44% para los escenarios optimista, tendencial y pesimista, respectivamente.

### 2.3 PROYECCIÓN DE LA OFERTA

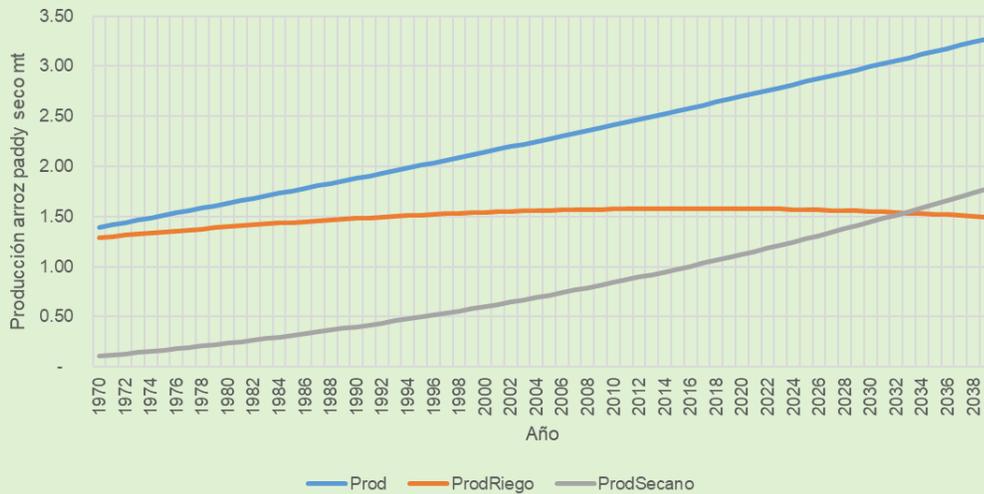
Utilizando los resultados del modelo de proyección de demanda y del modelo de equilibrio parcial, se puede estimar el volumen de oferta nacional que requiere el mercado al horizonte de simulación deseado. Como se recordará, las proyecciones de demanda se hicieron bajo tres escenarios, por lo que al combinarlas con los escenarios generados con el modelo de equilibrio parcial darían lugar a nueve escenarios posibles. Sin embargo, por simplicidad y con sentido práctico, el cálculo de la oferta nacional se hace a partir del escenario tendencial de demanda y de los tres escenarios de simulación del comportamiento del mercado arriba discutidos.

Adicionalmente, el ejercicio de prospectiva definió como escenario apuesta una situación de mercado que corresponde a la resultante de utilizar el escenario optimista producido con el modelo de equilibrio parcial, por lo que limitamos este texto a la presentación y discusión de este resultado. En estas condiciones, el escenario tendencial (escenario tendencial de proyección de demanda más escenario tendencial de comportamiento del mercado) genera un nivel de producción doméstica de aproximadamente 2,5 millones de toneladas de arroz paddy seco, en tanto que el escenario optimista (escenario tendencial de proyección de demanda más escenario optimista de comportamiento del mercado) genera un nivel de producción de 3,3 millones de toneladas.

En estas condiciones, la pregunta a resolver es con qué combinación de tecnologías de producción podrían generarse estos volúmenes de producción. Para resolver esta cuestión, el sistema de modelación usa la estructura del modelo de proyección de oferta, que se basa en dos variables centrales: la variación en el área sembrada y cosechada y la variación en rendimientos. En el caso particular del escenario optimista, la producción objetivo se obtiene como una combinación de dos tecnologías de producción, riego y secano mecanizados, de suerte que se deben tomar en consideración las variaciones en área y en rendimientos

para los dos sistemas. El comportamiento de estos dos sistemas a lo largo del tiempo se simula a partir de los parámetros de cambio técnico producidos en el proceso de prospectiva estratégica que son consistentes con el escenario optimista. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación.

**Figure 4. Comportamiento de la producción doméstica de arroz por tipo de tecnología.**



Fuente: Simulación con el sistema de modelación económica de la cadena de arroz. Cálculos UPRA.

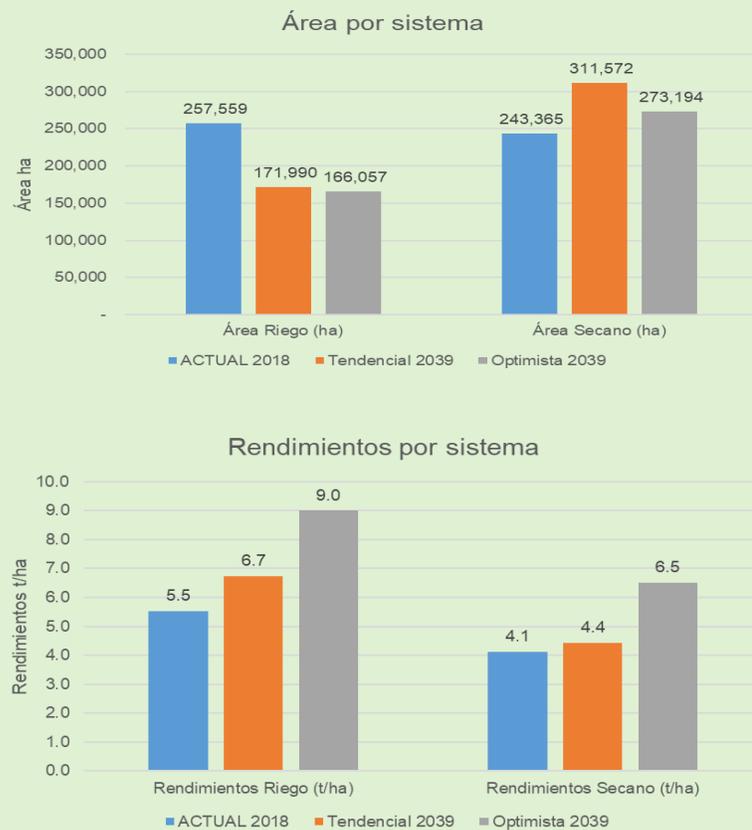
Como se desprende de la ilustración, la producción de arroz bajo riego se sitúa en casi 1,5 millones de toneladas de paddy seco en 2039, lo que supone un aumento de más de 22% con respecto a la situación tendencial. Por su parte, la producción bajo la tecnología de secano se sitúa en el orden de 1,8 millones de toneladas de paddy seco, implicando un aumento de 22,6% con respecto a la situación tendencial. Esta situación generaría unas participaciones dentro de la producción nacional, de 46% para el arroz riego y 54% para el arroz de secano.

Los niveles de producción mencionados se obtienen del comportamiento de áreas sembradas y cosechadas y rendimientos que se presenta en la siguiente figura. Como se observa allí, el área sembrada con tecnología de riego asciende a poco más de 166.000 hectáreas, por lo que registra una disminución del 36% con respecto al área sembrada en 2018 y del 3% con respecto a su situación tendencial. Por lo que respecta al área sembrada con tecnología de secano, ésta se sitúa en el orden de 273.000 hectáreas,

suponiendo un incremento del 12% con respecto a la registrada en 2018 y una disminución del 14% con respecto a su situación tendencial.

En términos de producción, la caída en el área sembrada es más que compensada por un aumento en los rendimientos, que los lleva de un promedio de 5,5 toneladas por hectárea a 9 toneladas por hectárea (34% por encima de su tendencia). La situación de la producción bajo la tecnología de secano mecanizado es similar en tanto que los rendimientos ascienden a 6,5 toneladas por hectárea, en comparación con un promedio de 4,1 toneladas por hectárea en 2018 (48% por encima de su tendencia), con la diferencia que el área sembrada también registra un aumento, por lo que su participación en la producción se hace mayor. En síntesis, el área total sembrada y cosechada caería en 12% con respecto a la registrada en 2018 y en 9% con respecto a su tendencia, en tanto que los rendimientos aumentarían en 51% con respecto a los calculados para 2018 y en 42% con respecto a su tendencia.

**Figure 5. Simulación con el sistema de modelación económica de la cadena de arroz**



Fuente: Cálculos UPRA.

## 2.4 MODELO DE OPTIMIZACIÓN

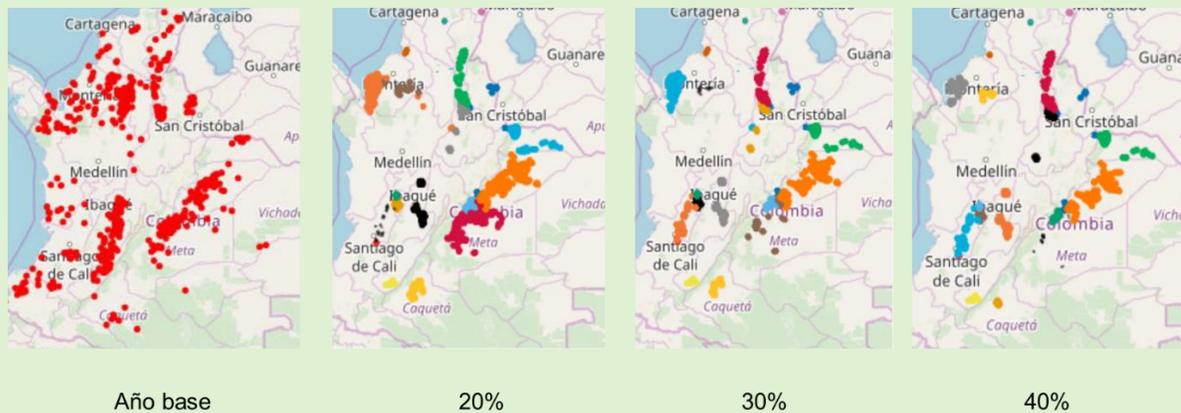
El abastecimiento doméstico de la demanda proyectada puede obtenerse mediante diferentes configuraciones de la producción, tanto en términos de su localización como del tipo de tecnología empleada. La forma como el sistema de modelación genera patrones de localización es mediante el uso de un modelo de optimización que opera bajo los siguientes principios. El criterio optimizador del sistema es la minimización de los costos de producción y suministro del producto al mercado nacional, bajo los supuestos que el consumo final se distribuye geográficamente de acuerdo con la población, en tanto que el consumo per cápita varía por región y zona (rural o urbana); que existe un conjunto de plantas de procesamiento (molinería) cuyo número y localización están dados y permanecen fijos, pero cuyas capacidades de procesamiento son desconocidas (el modelo determina las capacidades requeridas); que la producción inicial está localizada en un conjunto de veredas específicas (determinadas de acuerdo con los datos del Censo Agrícola); y que la localización de la producción potencial (optimizada) está determinada por los estudios de aptitud de la UPRA (zonas con aptitud alta para el cultivo).

El modelo se emplea de dos formas. Primero, para calcular el costo de operación óptima del sistema de producción en el año base (2013/4), tomando como dadas la producción en el mismo y su localización a nivel de vereda, con el fin de generar un patrón de comparación. Segundo, para generar patrones de localización óptima del cultivo, de forma que la producción sea la requerida para satisfacer el tamaño de mercado calculado por los procedimientos descritos arriba para el horizonte de planeación, asumiendo los cambios en productividad considerados en el modelo de equilibrio parcial (originados en el ejercicio de prospectiva).

Los patrones de localización resultantes se presentan en la siguiente figura. En esta, el mapa en el extremo izquierdo muestra la localización de los cultivos en el año base, en tanto que los restantes presentan la localización generada por el modelo para tres situaciones hipotéticas: uso de hasta un máximo del 20% del área de aptitud alta por vereda para el cultivo, uso de hasta un máximo del 30% del área y uso de hasta un 40% del área. Por lo tanto, como se observa, a medida que se permite que las veredas con aptitud alta

tengan una mayor utilización de su área para el cultivo de arroz (en detrimento de otros usos), la producción tiende a una mayor concentración espacial (y a una mayor reducción de costos).

**Figure 6. Localización óptima del cultivo de arroz, bajo diferentes escenarios**



Fuente: Cálculos UPRA.

Los resultados generales del modelo se presentan en la siguiente tabla. Como se observa, por definición, en el año base la producción potencial (que corresponde a la producción existente ese año) se activa completamente (comparar las filas correspondientes a hectáreas potenciales y toneladas potenciales con las correspondientes a hectáreas y toneladas asignadas), lo cual significa que se produce en las 4.063 veredas que registraron producción ese año y se utilizan los servicios de 31 de los 41 molinos existentes (un molino corresponde a un municipio que tiene molinos presentes en su territorio). En total se producen 2.47 millones de toneladas de arroz paddy verde, con un costo total de operación del sistema de 2.32 billones de pesos (el costo total corresponde a la suma del costo de producción y los costos de transporte de arroz paddy verde y blanco); en términos de arroz blanco, el costo por tonelada en el sistema es de 1.79 millones.

En el caso de los escenarios optimizados, sólo están disponibles las áreas de aptitud alta para el cultivo, estas se pueden usar con los límites registrados en el encabezado de las respectivas columnas y la producción que debe generarse es la necesaria para satisfacer el tamaño de mercado calculado mediante

los otros componentes del sistema de modelación para el año 2039. Como puede apreciarse, el número de veredas que producen se reduce a 1.131, 766, y 586, respectivamente (de un total potencial de 2.175 veredas), de manera consistente con la concentración espacial de la producción, esperable de las condiciones impuestas en el modelo. Estos patrones de producción proporcionan la guía básica para el proceso de ordenamiento productivo buscado; no obstante, no son el único elemento que debe tomarse en consideración para este propósito.

A medida que el área que se puede cultivar en cada vereda de aptitud alta aumenta del 20% al 40%, no sólo disminuye el número de veredas utilizadas, sino que el total del área cultivada disminuye (pasando de 611 mil a 565 mil y a 529 mil), dado que el modelo tiende a aumentar el uso de las zonas con mayores rendimientos (y/o menores costos de transporte). Por otra parte, el costo de producción disminuye, pasando de 2.35 billones a 2.16 y, luego, a 2.06, generando costos totales de 2.63, 2.44 y 2.32 billones y costos unitarios por tonelada de arroz blanco equivalentes a 1.3, 1.2 y 1.14 millones, respectivamente.

**Table 2. Resultados generales del modelo de optimización para la cadena del arroz**

Variables de resultado	Escenario			
	Base	20%	30%	40%
Cantidad de veredas potenciales	4063	2175	2175	2175
Cantidad de molinos potenciales	41	41	41	41
Hectareas potenciales- Riego (millones)	0.270	0.470	0.706	0.941
Hectareas potenciales- Secano (millones)	0.245	1.092	1.638	2.184
Total hectáreas potenciales (millones)	0.515	1.562	2.343	3.125
Toneladas potenciales - Riego (millones)	1.52	2.64	3.96	5.29
Toneladas potenciales - Secano (millones)	0.95	5.11	7.67	10.22
Total toneladas potenciales (millones)	2.47	7.76	11.63	15.51
Cantidad de veredas que producen	4063	1131	766	586
Cantidad de molinos que procesan	31	31	32	31
Hectáreas de riego asignadas (millones)	0.270	0.220	0.180	0.188
Hectáreas de secano asignadas (millones)	0.245	0.390	0.385	0.340
Total de hectáreas asignadas (millones)	0.515	0.611	0.565	0.529
Toneladas de arroz paddy verde producido- Riego (millones)	1.52	1.57	1.44	1.57
Toneladas de arroz paddy verde Producido- Secano (millones)	0.95	2.27	2.41	2.28
Total de toneladas arroz paddy verde producido (millones)	2.47	3.85	3.85	3.85
Costo de producción - Riego (billones)	1.34	1.01	0.86	0.92
Costo de produccion - Secano (billones)	0.85	1.34	1.30	1.14
Total costo de producción (billones)	2.19	2.35	2.16	2.06
Costo total de transporte (arroz paddy verde - billones)	0.04	0.11	0.11	0.10
Costo total de transporte (arroz blanco - billones)	0.09	0.17	0.17	0.16
Costo total (billones)	2.32	2.63	2.44	2.32

*Fuente: Simulación con el sistema de modelación económica de la cadena de arroz. Cálculos UPRA.*

### 3 ANÁLISIS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ESCENARIOS PROSPECTIVOS

#### 3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES ESTRATÉGICAS

El proceso de identificación y de priorización de las variables estratégicas partió de los desafíos más importantes del análisis situacional. El grupo de trabajo propuso una lista inicial de 47 variables. Después de un proceso de discusión y simplificación, se seleccionaron 24 variables estratégicas con su respectiva descripción.

**Table 3. Variables estratégicas**

No	Variable	Descripción
1	Dinámica de tierras	Conjunto de condiciones que caracterizan la situación jurídica de los predios, su distribución, el tamaño, el precio, y el área mínima rentable de los mismos, en los que se desarrollan actividades productivas de la cadena del arroz.
2	Conflictos de uso del suelo	Conjunto de situaciones generadas por el desarrollo de actividades productivas arroceras en áreas con condiciones biofísicas, socio-ecosistémicas y socioeconómicas particulares que pueden generar conflictos ambientales y sociales.
3	Costos de arrendamiento	Es el valor por hectárea que se cobra por hacer uso total o parcial de un predio que hace parte de la estructura de costos de producción de arroz y que puede ser determinante en la rentabilidad que percibe el productor.
4	Producción de arroz	Se refiere a las cantidades en toneladas de arroz producidas en Colombia, diferenciándolo por zonas y sistema (riego y secano mecanizado), su distribución mes a mes y su relación con el mercado internacional.
5	Costos de producción	Corresponden al valor monetario de los gastos en que se incurre, para producir una unidad de masa de arroz o una unidad de área de cultivo. Incluyen tanto los costos directos por la compra de bienes y servicios que se consumen en el proceso productivo, como los pagos a los factores de producción. Información semestral por tecnología y por zona productora.
6	Rendimiento	Se refiere a las cantidades de arroz producidas por hectárea en Colombia, por zonas, por sistema y sus fluctuaciones entre años, así como la comparación con otros países.
7	Política Comercial	Se refiere a las condiciones comerciales actuales que definen la política exterior para arroz tales como plazos de desgravación, contingentes de importaciones para los próximos años, programas de liberación comercial, volumen de importaciones, nivel de protección.
8	Precios y márgenes en la actividad	Se refiere a los precios del arroz al productor, al molino y al consumidor, comparándolos con el mercado internacional
9	Consumo	Se refiere a la demanda de producto en Colombia y a su referenciación frente a otros países
10	Sanidad	Es el conjunto de acciones que se aplican para prevenir, controlar y erradicar los agentes bióticos y abióticos causantes de enfermedades en el cultivo del arroz.
11	Semilla	Clase de semilla utilizada y precio relativo de la semilla certificada.
12	Financiamiento, incentivos y gestión de	Valor del capital de trabajo e inversión financiado, incentivos y subsidios vinculados al crédito otorgados por el sistema financiero institucional.

	riesgos agropecuarios	
13	Infraestructura para el beneficio	Conjunto de inmuebles, máquinas y equipos que permiten secar, limpiar, almacenar, molinar, procesar, seleccionar y empacar el arroz. Capacidad instalada y utilización, por zonas productoras.
14	Mecanización	Disponibilidad y calidad de la maquinaria y equipo necesaria para el cultivo de arroz
15	Buenas prácticas de producción arroceras BPPA	Conjunto de actividades y procedimientos aplicados a la producción agrícola del arroz, con el fin de obtener grano de alta calidad e inocuidad, con responsabilidad social y ambiental, bajo un enfoque empresarial.
16	Institucionalidad arroceras	Conjunto de normas, ideas, valores, creencias, principios, representaciones colectivas, estructuras y relaciones que condicionan las conductas de los agentes que integran la cadena productiva de arroz. Incluye las normas y organizaciones, públicas y privadas.
17	Información	Información organizada, continua, veraz y oportuna de las variables más importantes del sector arroceras. Incluye el acopio o generación, procesamiento, análisis y difusión. Se mide respecto de la información contenida, su veracidad, oportunidad y uso de la información.
18	Investigación, desarrollo tecnológico	I & DT= Actividades creativas sistemáticas, encaminadas a aumentar los conocimientos científicos y técnicos, al igual que a facilitar la utilización de esos resultados. Comprende la investigación básica, la aplicada y el desarrollo tecnológico.
19	Asistencia Técnica	AT= Servicios profesionales o especializados que apoyan a los productores de la cadena productiva del arroz para fortalecer las capacidades productivas, comerciales y de gestión con el fin de mejorar su gestión empresarial.
20	Variabilidad y cambio climático	Mitigación de las emisiones GEI y adaptabilidad de la actividad arroceras frente a eventos climáticos atípicos.
21	Apropiación y gestión de recurso hídrico	Aprovechamiento del agua de la actividad de arroceras e implementación de técnicas de uso adecuado y racional del recurso hídrico.
22	Gestión y uso del suelo	Efectos y contaminación por la actividad arroceras sobre las características físicas y bioquímicas, así como su compatibilidad con el uso y manejo adecuado del suelo.
23	Relevo generacional	Mide la edad de los productores e indica si se están relevando las generaciones mayores con población joven o, por el contrario, se está envejeciendo la población productora.
24	Formalidad laboral	Porcentaje de trabajadores agrícolas que tiene vinculación laboral formal y reciben el sueldo, las prestaciones sociales, están afiliados al sistema de salud y pensión y demás prescripciones legales.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 PRIORIZACIÓN DE LAS VARIABLES ESTRATÉGICAS

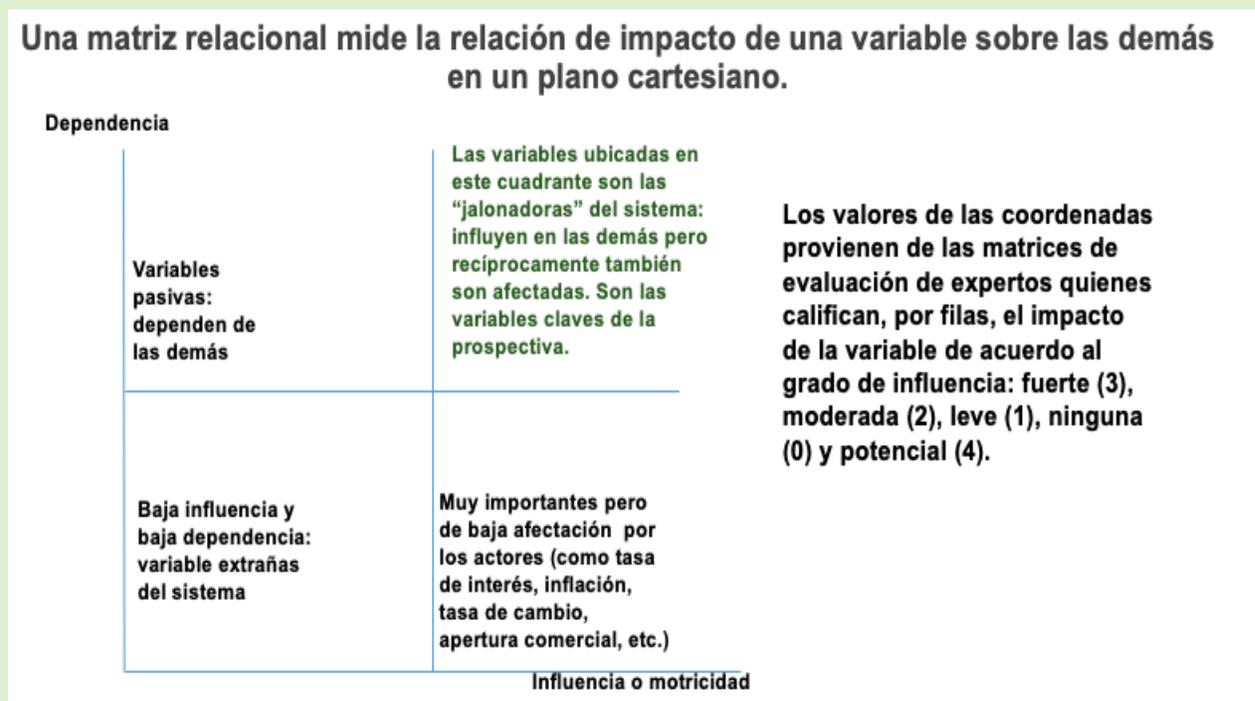
Partiendo de las 24 variables identificadas, se aplicó el Análisis Estructural que consiste en calificar la influencia directa de cada variable sobre las demás, en una tabla de doble entrada, solicitando a los expertos la siguiente calificación por filas:

- 0: si no existe relación;
- 1: si la influencia es débil;
- 2: si la influencia es media;

- 3: si la influencia es fuerte
- 4: si la influencia es potencial: es decir, cuando se prevé que el futuro si tendrá influencia.

El ejercicio de calificación se realiza por filas; de esta manera, el calificador va asignando valores de influencia de una variable sobre cada una de las demás ubicadas por columnas. Al final, se obtendrá una calificación promedio del grado de total de influencia de la variable analizada; igualmente, por columnas se obtiene un valor promedio de la variable afectada o grado de dependencia. Este par de valores se dibujan en un plano cartesiano en donde el valor de las abscisas, o el valor x, corresponden al resultado por filas y el valor de las ordenadas, o el valor y, corresponde al resultado de la columna.

Figure 7. La matriz relacional



Fuente: Elaboración propia.

A manera ilustrativa, en la siguiente tabla se presenta las calificaciones de un experto. Así, por ejemplo, para la variable 20, "Cambio climático" el experto asignó un valor de influencia promedio de 1,7, el valor promedio de la fila; a su vez, esta variable resultó con un valor de afectación o dependencia de 1,0, que es

el promedio de la columna. El par (1,7 1,0) va a un plano cartesiano junto con los pares de todas las variables, correspondiendo el primer valor a la abscisa y el segundo a la ordenada.

**Table 4. Matriz relacional de las 24 variables estratégicas calificadas por un experto**

Calificar por filas la influencia directa de la variable de la columna B en las variables de las columnas C a la Z																									
0: si no existe relación; 1: si la influencia es débil; 2: si la influencia es media; 3: si la influencia es fuerte; 4: si la influencia es potencial; se prevé que en el futuro si tendrá influencia																									
No. Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total
	Dinám	Conflir	Costo	Produ	Costo	Rendi	Politic	Precio	Const	Sanid	Semill	Crédit	Infrae	Mecar	Buenz	Institu	Inform	Invest	Asiste	Variat	Aprop	Gestic	Relev	Forma	
1 Dinámica de tierras	3	3	2	1	1	0	0	0	0	2	2	3	1	2	2	0	0	1	2	0	2	2	0	0	1,3
2 Conflictos de uso del suelo	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	3	3	2	1	1	0	0	1	3	1	1	0	0	0	1,1
3 Costos de arrendamiento	3	2	2	3	2	0	3	1	2	2	2	0	1	1	1	0	0	2	1	2	2	0	0	0	1,4
4 Producción de arroz	2	1	2	2	2	1	0	3	3	0	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	1	1	0	0	1,8
5 Costos de producción	3	2	2	3	2	0	3	1	2	2	2	0	2	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0	1,3
6 Rendimiento	2	1	2	3	3	1	3	1	1	2	1	2	1	0	0	0	3	3	0	1	1	0	0	0	1,3
7 Política Comercial	2	1	3	3	2	1	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1,4
8 Precios y márgenes en la actividad	3	2	3	3	2	1	3	3	1	2	3	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1,5
9 Consumo	0	0	0	3	1	1	3	3	0	2	0	1	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0,8
10 Sanidad	0	0	1	3	3	3	0	3	0	3	3	1	0	2	3	2	2	3	3	1	2	2	0	0	1,6
11 Semilla	0	0	0	3	3	3	1	3	3	3	3	0	1	1	2	2	2	3	3	0	0	1	0	0	1,5
12 Crédito Institucional, incentivos y Seguros	2	1	0	2	3	1	0	2	0	2	2	3	3	3	2	0	2	0	3	0	2	2	0	0	1,4
13 Infraestructura para el beneficio	1	1	2	1	3	1	0	3	2	1	2	0	2	2	1	3	2	0	2	0	0	0	0	0	1,3
14 Mecanización	0	0	0	2	3	3	0	0	1	2	2	0	3	3	1	0	3	3	3	0	3	3	0	0	1,5
15 Buenas prácticas de producción arrocerá	2	2	0	2	2	2	1	2	1	3	2	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3	0	2	2	1,9
16 Institucionalidad arrocerá	2	1	2	2	2	1	3	2	2	2	3	2	2	2	1	3	3	3	1	2	2	2	2	2	2,0
17 Información	1	1	2	3	2	2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1,9
18 Investigación, desarrollo tecnológico	1	2	0	3	3	3	0	3	1	3	3	1	3	3	3	1	1	3	2	3	3	0	0	0	2,0
19 Asistencia Técnica	1	1	1	3	3	3	0	1	0	3	3	3	1	3	3	1	2	2	3	3	0	1	1	1	1,8
20 Variabilidad y cambio climático	2	2	2	3	3	3	0	1	0	3	3	2	0	1	2	0	0	3	3	3	2	0	0	0	1,7
21 Apropiación y gestión de recurso hídrico	1	1	2	1	2	2	0	0	2	1	1	0	2	2	0	0	2	2	1	2	2	0	0	0	1,0
22 Gestión y uso del suelo	0	0	0	1	2	2	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	1	2	2	0	0	0	0,8
23 Relvo generacional	1	0	0	2	0	0	0	0	2	2	1	0	2	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0	1	0,9
24 Formalidad laboral	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0,4
TOTAL	1,3	1,0	1,3	2,3	2,3	1,7	0,7	1,8	1,0	1,8	2,0	1,4	1,3	1,9	1,7	0,9	1,0	1,7	2,0	1,0	1,6	1,6	0,2	0,3	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las calificaciones de los expertos; en las dos últimas columnas aparece el resultado consolidado. Esta tabla incluye las calificaciones “4”; es decir, las “potenciales”. Es preciso aislar en esta etapa estos valores para encontrar los pares de variables que no están afectadas por efectos potenciales que, por definición, son probables en el futuro, y no en el momento actual. En la Tabla 6 se presentan los resultados de las calificaciones sin los efectos potenciales.

**Table 5. Resumen de las calificaciones de los expertos de las variables estratégicas en la matriz relacional**

Nº Variable	Experto 1		Experto 2		Experto 3		Experto 4		Experto 5		Experto 6		CONSOLIDADO	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1 Dinámica de tierras	0,91	1,17	0,96	1,13	1,26	1,35	0,48	1,43	2,74	2,78	1,83	1,70	1,36	1,59
2 Conflictos de uso del suelo	1,00	1,00	1,00	0,87	1,13	1,04	1,30	1,70	2,83	2,78	1,30	1,43	1,43	1,47
3 Costos de arrendamiento	0,61	0,74	0,48	0,78	1,39	1,35	0,91	1,57	2,91	2,87	0,91	1,04	1,20	1,39
4 Producción de arroz	1,22	2,70	0,91	2,65	1,78	2,26	1,91	2,13	2,87	2,91	1,57	2,78	1,71	2,57
5 Costos de producción	1,52	2,04	0,83	1,87	1,35	2,26	2,04	2,22	2,91	2,96	1,22	2,09	1,64	2,24
6 Rendimiento	1,57	2,09	1,00	2,13	1,35	1,74	1,74	1,87	2,91	2,96	0,91	1,83	1,58	2,10
7 Política Comercial	1,30	0,91	0,91	0,87	1,43	0,65	1,70	1,48	2,91	2,96	1,04	0,87	1,55	1,29
8 Precios y márgenes en la actividad	1,17	2,35	0,61	1,96	1,52	1,78	2,04	1,96	2,91	2,96	1,83	2,13	1,68	2,19
9 Consumo	0,87	1,00	0,26	0,61	0,83	1,00	1,48	0,52	2,83	2,61	0,61	1,04	1,14	1,13
10 Sanidad	2,48	1,43	1,17	1,04	1,61	1,78	1,74	2,04	2,61	2,61	1,39	1,61	1,83	1,75
11 Semilla	1,87	1,70	0,91	1,22	1,48	1,96	1,61	1,74	3,00	3,00	1,09	1,04	1,66	1,78
12 Crédito Institucional, incentivos y Seguros	1,43	1,04	1,13	1,04	1,39	1,43	1,39	1,57	3,00	3,00	1,09	0,74	1,57	1,47
13 Infraestructura para el beneficio	1,13	1,00	0,70	0,87	1,26	1,30	1,26	1,09	3,00	3,00	0,83	0,78	1,36	1,34
14 Mecanización	1,57	1,30	0,91	0,57	1,48	1,91	2,04	1,96	3,00	3,00	1,70	1,13	1,78	1,64
15 Buenas prácticas BPPA	2,04	2,13	1,39	1,17	1,87	1,70	1,61	2,09	3,00	3,00	1,78	1,91	1,95	2,00
16 Institucionalidad arrocera	1,83	0,78	1,65	0,61	2,04	0,91	2,35	2,13	3,00	3,00	1,83	0,91	2,12	1,39
17 Información	2,39	1,26	2,61	0,30	1,91	0,96	1,70	1,35	3,00	3,00	1,96	1,96	2,26	1,47
18 Investigación, desarrollo tecnológico	1,65	2,17	1,43	1,09	1,96	1,65	1,78	1,96	2,87	2,87	1,83	2,22	1,92	1,99
19 Asistencia Técnica	1,74	1,70	1,43	1,13	1,83	2,00	1,48	1,78	2,87	2,87	1,74	1,78	1,85	1,88
20 Variabilidad y cambio climático	1,65	1,13	1,57	0,65	1,65	0,96	2,13	0,57	3,00	3,00	2,26	1,43	2,04	1,29
21 Apropiación y gestión de recurso hídrico	1,61	2,09	1,52	0,91	1,04	1,57	1,87	1,70	3,00	3,00	1,91	1,78	1,83	1,84
22 Gestión y uso del suelo	1,52	2,09	1,22	1,22	0,78	1,61	1,61	1,91	2,91	2,96	1,91	2,26	1,66	2,01
23 Relevo generacional	1,04	0,57	1,13	1,00	0,91	0,22	1,39	0,91	2,91	2,91	1,87	0,35	1,54	0,99
24 Formalidad laboral	0,57	0,30	0,57	0,61	0,43	0,30	1,09	1,00	2,91	2,91	0,70	0,26	1,04	0,90

Fuente: Elaboración propia.

**Table 6. Resumen de las calificaciones de los expertos de las variables estratégicas en la matriz relacional, sin la calificación "4"**

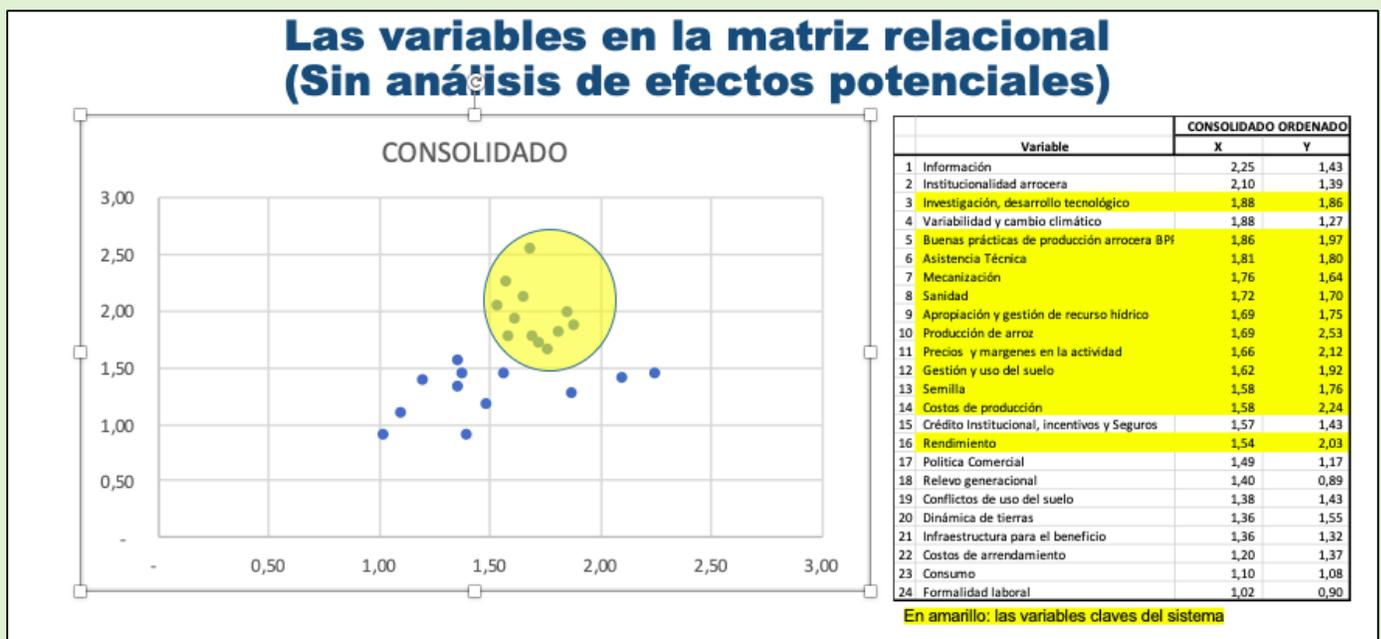
Nº Variable	Experto 1		Experto 2		Experto 3		Experto 4		Experto 5		Experto 6		CONSOLIDADO	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1 Dinámica de tierras	0,91	1,05	0,96	1,13	1,26	1,35	0,48	1,32	2,74	2,78	1,83	1,70	1,36	1,55
2 Conflictos de uso del suelo	1,00	1,00	0,71	0,87	1,13	1,04	1,30	1,48	2,83	2,78	1,30	1,43	1,38	1,43
3 Costos de arrendamiento	0,61	0,74	0,48	0,78	1,39	1,35	0,91	1,45	2,91	2,87	0,91	1,04	1,20	1,37
4 Producción de arroz	1,09	2,50	0,91	2,59	1,78	2,26	1,91	2,13	2,87	2,91	1,57	2,78	1,69	2,53
5 Costos de producción	1,29	2,04	0,68	1,87	1,35	2,26	2,04	2,22	2,91	2,96	1,22	2,09	1,58	2,24
6 Rendimiento	1,45	1,68	0,86	2,13	1,35	1,74	1,74	1,87	2,91	2,96	0,91	1,83	1,54	2,03
7 Política Comercial	1,18	0,62	0,77	0,57	1,43	0,65	1,59	1,36	2,91	2,96	1,04	0,87	1,49	1,17
8 Precios y márgenes en la actividad	1,05	2,10	0,61	1,86	1,52	1,78	2,04	1,86	2,91	2,96	1,83	2,13	1,66	2,12
9 Consumo	0,73	0,86	0,26	0,45	0,83	1,00	1,36	0,52	2,83	2,61	0,61	1,04	1,10	1,08
10 Sanidad	1,81	1,32	1,17	1,04	1,61	1,78	1,74	1,86	2,61	2,61	1,39	1,61	1,72	1,70
11 Semilla	1,42	1,59	0,91	1,22	1,48	1,96	1,61	1,74	3,00	3,00	1,09	1,04	1,58	1,76
12 Crédito Institucional, incentivos y Seguros	1,43	0,91	1,13	0,91	1,39	1,43	1,39	1,57	3,00	3,00	1,09	0,74	1,57	1,43
13 Infraestructura para el beneficio	1,13	1,00	0,70	0,73	1,26	1,30	1,26	1,09	3,00	3,00	0,83	0,78	1,36	1,32
14 Mecanización	1,45	1,30	0,91	0,57	1,48	1,91	2,04	1,96	3,00	3,00	1,70	1,13	1,76	1,64
15 Buenas prácticas BPPA	1,50	1,95	1,39	1,17	1,87	1,70	1,61	2,09	3,00	3,00	1,78	1,91	1,86	1,97
16 Institucionalidad arrocera	1,73	0,78	1,65	0,61	2,04	0,91	2,35	2,13	3,00	3,00	1,83	0,91	2,10	1,39
17 Información	2,32	1,00	2,61	0,30	1,91	0,96	1,70	1,35	3,00	3,00	1,96	1,96	2,25	1,43
18 Investigación, desarrollo tecnológico	1,43	1,53	1,43	0,95	1,96	1,65	1,78	1,96	2,87	2,87	1,83	2,22	1,88	1,86
19 Asistencia Técnica	1,52	1,35	1,43	1,00	1,83	2,00	1,48	1,78	2,87	2,87	1,74	1,78	1,81	1,80
20 Variabilidad y cambio climático	1,16	1,00	1,33	0,65	1,65	0,96	1,85	0,57	3,00	3,00	2,26	1,43	1,88	1,27
21 Apropiación y gestión de recurso hídrico	1,25	1,56	1,29	0,91	1,04	1,57	1,67	1,70	3,00	3,00	1,91	1,78	1,69	1,75
22 Gestión y uso del suelo	1,41	1,56	1,09	1,22	0,78	1,61	1,61	1,91	2,91	2,96	1,91	2,26	1,62	1,92
23 Relevo generacional	0,60	0,57	0,70	0,37	0,91	0,22	1,39	0,91	2,91	2,91	1,87	0,35	1,40	0,89
24 Formalidad laboral	0,57	0,30	0,57	0,61	0,43	0,30	0,95	1,00	2,91	2,91	0,70	0,26	1,02	0,90

Fuente: Elaboración propia.

Al ubicar los pares de las variables en el plano cartesiano, se priorizan las que se ubican en el cuadrante superior derecho. Estas variables son las *jalonadoras* de futuro del sistema, como se describe en la siguiente figura. Como se indicó antes, en esta etapa se seleccionaron 14 variables:

1. Investigación, desarrollo tecnológico
2. Variabilidad y cambio climático
3. Buenas prácticas de producción arrozera BPPA
4. Asistencia Técnica
5. Mecanización
6. Sanidad
7. Apropiación y gestión de recurso hídrico
8. Producción de arroz
9. Precios y márgenes en la actividad
10. Gestión y uso del suelo
11. Semilla
12. Costos de producción
13. Crédito Institucional, incentivos y Seguros
14. Rendimiento

Figure 8. Las variables jalonadoras de futuro en el arroz



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procede a hacer el análisis de las variables potenciales. Para ello, se toman los pares de las calificaciones consolidadas incluyendo la calificación “4” o “potenciales” y los pares de las calificaciones sin la calificación “4”; se restan y el resultado nuevamente se ordenan para obtener una priorización de las variables potenciales.

**Table 7. Análisis de las variables potenciales**

No	Variable	CONSOLIDADO CON POTENCIAL		CONSOLIDADO SIN POTENCIAL		EFECTO DEL POTENCIAL	
		X	Y	X	Y	X	Y
1	Dinámica de tierras	1,36	1,59	1,36	1,55	-	0,04
2	Conflictos de uso del suelo	1,43	1,47	1,38	1,43	0,05	0,04
3	Costos de arrendamiento	1,20	1,39	1,20	1,37	-	0,02
4	Producción de arroz	1,71	2,57	1,69	2,53	0,02	0,04
5	Costos de producción	1,64	2,24	1,58	2,24	0,06	-
6	Rendimiento	1,58	2,10	1,54	2,03	0,04	0,07
7	Política Comercial	1,55	1,29	1,49	1,17	0,06	0,12
8	Precios y márgenes en la actividad	1,68	2,19	1,66	2,12	0,02	0,07
9	Consumo	1,14	1,13	1,10	1,08	0,04	0,05
10	Sanidad	1,83	1,75	1,72	1,70	0,11	0,05
11	Semilla	1,66	1,78	1,58	1,76	0,07	0,02
12	Crédito Institucional, incentivos y Seguros	1,57	1,47	1,57	1,43	-	0,04
13	Infraestructura para el beneficio	1,36	1,34	1,36	1,32	-	0,02
14	Mecanización	1,78	1,64	1,76	1,64	0,02	-
15	Buenas prácticas de producción arroceras BPPA	1,95	2,00	1,86	1,97	0,09	0,03
16	Institucionalidad arroceras	2,12	1,39	2,10	1,39	0,02	-
17	Información	2,26	1,47	2,25	1,43	0,01	0,04
18	Investigación, desarrollo tecnológico	1,92	1,99	1,88	1,86	0,04	0,13
19	Asistencia Técnica	1,85	1,88	1,81	1,80	0,04	0,08
20	Variabilidad y cambio climático	2,04	1,29	1,88	1,27	0,17	0,02
21	Apropiación y gestión de recurso hídrico	1,83	1,84	1,69	1,75	0,13	0,09
22	Gestión y uso del suelo	1,66	2,01	1,62	1,92	0,04	0,09
23	Relevo generacional	1,54	0,99	1,40	0,89	0,15	0,11
24	Formalidad laboral	1,04	0,90	1,02	0,90	0,02	-

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final de este proceso es añadir a las catorce variables seleccionadas, 4 adicionales que surgen del análisis del efecto de las potenciales. El resultado se presenta en a continuación:

Figure 9. Selección final de las variables del sistema

<b>Selección final de las variables del sistema o variables de futuro: de 24 seleccionamos 18</b>	
<p><b>Resultado: variables sin efectos potenciales o variables "claves" del sistema</b></p> <p>Sin resaltar: variables con efectos potenciales.</p>	1 Apropiación y Gestión del Recurso Hídrico
	2 Asistencia Técnica
	3 Buenas prácticas de producción arrocera BPPA
	4 Conflictos de uso del suelo
	5 Costos de arrendamiento
	6 Costos de producción
	7 Crédito institucional
	8 Dinámica de tierras
	9 Gestión y Uso del Suelo
	10 Investigación, desarrollo tecnológico
	11 Mecanización
	12 Precios y márgenes en la actualidad
	13 Producción de arroz
	14 Relevo generacional
	15 Rendimiento
	16 Sanidad
	17 Semillas
	18 Variabilidad y cambio climático

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 ELABORACIÓN DE OPCIONES DE FUTURO

#### 3.4.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS DE LAS VARIABLES CLAVES Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Para cada una de las 18 variables del sistema se formularon tres hipótesis: tendencial, optimista y pesimista y se asignó una calificación de ocurrencia probable en 2038. Esta calificación corresponde a los expertos quienes tienen la opción de asignar probabilidades que no necesariamente sumen cien, es decir que son independientes. Las variables claves tienen un nuevo ordenamiento, pero con el criterio de facilitar el proceso de construcción de escenarios. Esta es la razón por la que la primera variable es "Producción" que es la variable cuatro del listado original.

En la siguiente tabla se muestra el resultado consolidado del ejercicio:

**Table 8. Hipótesis de las variables y probabilidad de ocurrencia**

Variable	Esc.	Hipótesis	Consolidado
Producción	T	La producción de arroz en el país crece acorde al crecimiento de la población colombiana y mantiene una marcada estacionalidad.	52

	O	La producción de arroz es continua y estable mes a mes, con crecimientos superiores a la población colombiana y por ende con la posibilidad de generar excedentes exportables.	31
	P	La producción de arroz en el país se reduce considerablemente en los próximos 12 años cuando hay liberación comercial en arroz para USA y MERCOSUR.	55
Precios	T	Los precios del arroz blanco se comportan acordes a las variaciones de la inflación y los márgenes de rentabilidad son estrechos. Las importaciones se incrementarán paulatinamente	38
	O	Los precios del arroz blanco en Colombia pueden competir en el mercado internacional, con posibilidades de exportar, dejando un margen adecuado	44
	P	El precio del arroz blanco cae a niveles menores del arroz importado, la relación de precios entre el arroz blanco y el paddy se mantiene en 2, disminuyendo los precios al productor y los márgenes caen en toda la cadena.	64
Costos	T	Los costos unitarios de producción se incrementan a nivel de la inflación, teniendo un comportamiento similar al de toda la economía.	54
	O	Hay una disminución anual real en los costos de producción fruto de un menor costo del arriendo, menor costo unitario por fertilización, protección al cultivo y preparación, relacionados con la implementación de tecnología.	41
	P	Los costos de producción son crecientes porque se mantienen los manejos tradicionales del cultivo, los arriendos suben, hay un impacto de la tasa de cambio en los insumos importados.	47
Rendimiento	T	Los rendimientos en el país mantienen un comportamiento similar al promedio entre 2000 al 2018.	49
	O	Hay una recuperación de los rendimientos al nivel del máximo histórico de cada zona arroceras, logrando mantener el techo de rendimientos en el país. (Período entre 2000 al 2018).	63
	P	Los rendimientos caen a los niveles más bajos en la historia de cada zona arroceras, período 2000 al 2018.	28

Crédito	T	La situación es estacionaria en competitividad. No hay cambios en la estructura del crédito así se modifique la producción. El papel de los molinos y comercializadores, que se representan en los créditos a la industria asociada, continúa también sin cambios y la industria continúa en su papel de líder de la producción.	53
	O	La actividad arrocera es competitiva y creíble para los intermediarios financieros. Los productores son sujetos de crédito y recuperan terreno en la financiación de la producción. No obstante, la industria continúa jugando un papel dinámico en la producción.	55
	P	La actividad arrocera no es competitiva y no tiene credibilidad para los intermediarios financieros.	24
Investigación	T	La I&DT actuales seguirán, contando cada vez con menos recursos en la medida en que el cultivo decrezca. La tecnología AMTEC logrará mejoras en productividad y costos, pero el riesgo de no lograr los avances suficientes	62
	O	El incremento de recursos y un buen programa para la I&DT permitirán alcanzar competitividad y el cultivo no sufrirá reducciones, incluso puede crecer. Estará preparado para enfrentar el cambio climático y podrá ser exportador de tecnología y de grano.	50
	P	Si las mejoras en productividad no se logran antes de que el cultivo sufra grandes reducciones, los recursos y el interés en apoyar la I&DT será mínima. El CIAT podrá de dejar de investigar en arroz	32
BPPA	T	No hay cultura de calidad ni incentivos para aplicar las BPPA	50
	O	Se crea cultura de BPPA, se reconoce la calidad e inocuidad y el mercado está dispuesto a pagar por el valor agregado	44
	P	El arroz blanco, como genérico, difícilmente reconoce el valor agregado por las BPPA	45
Asistencia Técnica	T	La cobertura del servicio fluctuará entre el 20 y el 65% del área, la calidad será deficiente	44
	O	El servicio cubrirá el 80% del área cultivada, su calidad permitirá reconocer la importancia en la productividad y competitividad	50

	P	La cobertura del servicio bajará del 20% del área cultivada	42
Mecanización	T	La inexistencia o insuficiencia de incentivos económicos y la lenta recuperación de la inversión hacen que la renovación y la adquisición de maquinaria y equipo modernos sean lenta o inexistente.	58
	O	Un programa de información de las bondades de la maquinaria y equipo modernos y un programa de incentivos económicos deben permitir que el país cuente con la maquinaria y equipo necesarios para aplicar tecnologías de punta, con reducción de costos y mejora de rendimientos.	48
	P	La baja importación de maquinaria y equipo para el cultivo del arroz cuando no hay disponibilidad de ICR muestra que, sin el incentivo, es muy difícil que se logre contar con un parque adecuado.	38
Sanidad	T	La inspección, vigilancia y control que se ejercen son deficientes, no permiten establecer la presencia, prevalencia, daño causado y costo de los controles. No se aplica control integrado	50
	O	Los programas de reducción de costos, mejora de rendimientos, calidad e inocuidad y preservación ambiental, harán que este factor sea considerado como prioritario y se aplique un programa de control sanitario más eficiente. Se impondrán políticas de rotación de cultivos y se exigirán prácticas agronómicas adecuadas aún a los arrendatarios de tierras.	54
	P	La inspección, vigilancia y control cuentan con muy escasos recursos que impiden aplicarlos adecuadamente, el uso de semillas de costal, el arrendamiento de tierras y las prácticas agronómicas inadecuadas hacen que cada vez sean mayores los daños y los costos de los controles sanitarios.	32
Semillas	T	El uso de semilla certificada se percibe por los agricultores como un costo excesivo y evitable, sin considera los riesgos y daños que causa el uso de semilla de costal.	54
	O	Un programa de fomento del uso de semilla certificada permitirá contar con materiales cada vez más productivos y eficientes, incentivará la investigación, reducirá los costos y facilitará el control del comercio ilícito de semillas.	40
	P	La falta de control y sanciones a los comercializadores de semilla ilegal y de un programa de estímulo al uso de semilla certificada pueden llevar caso a la desaparición de la investigación y mercado de semillas mejoradas.	36

Relevo	T	La mayor proporción de productores de arroz siga estando entre los 40 y 49 años	49
	O	Aumente la proporción de productores de arroz menores a 40 años	36
	P	Aumente la proporción de productores de arroz mayores a los 49 años	56
Uso suelos	T	Se mantendrá la presencia de cultivo de arroz en zonas de Parques Nacionales Naturales, territorios étnicos, zonas de reserva campesina y agricultura familiar.	46
	O	La producción de arroz en PNN se reducirá de manera significativa, como resultado de programas que incentiven el cambio de actividad; y la producción en ZRC y AF se realizará en zonas aptas y dentro de frontera agrícola, además aumentarán sus rendimientos y las utilidades gracias a programas que estimulen la asociatividad y promuevan la educación técnica y financiera.	58
	P	Aumentará la producción en zonas no aptas y fuera de frontera agrícola.	25
Tierras	T	La informalidad en la tenencia de predios con producción de arroz, el precio de la tierra y la inequidad en la distribución de la tierra aumentarán, así mismo, el área de los predios con cultivos de arroz se reducirá de tal modo que el número de predios por debajo del área mínima rentable será mayor; lo que significará en conjunto una disminución en la utilidad de los productores.	44
	O	Los productores de arroz con predios formales mejorarán sus utilidades; los tamaños de los predios serán tales que permitirán generar una mayor rentabilidad, y para aquellos que estén por debajo del área mínima rentable existirán programas que estimulen la asociatividad y promuevan la educación técnica y financiera.	48
	P	La informalidad en la tenencia de predios con producción de arroz, el precio de la tierra y la inequidad en la distribución de la tierra aumentarán sustancialmente, así mismo, el área de los predios con cultivos de arroz se reducirá en tal magnitud que será inviable el cultivo de arroz e impactará negativamente la competitividad de la cadena.	31
Arriendo	T	Los propietarios de la tierra continuaran intentando captar la mayor parte posible de la rentabilidad de los agricultores y el porcentaje de participación en la estructura de costos se mantendrá constante.	46

	O	El mercado se autorregulará en la medida en que se hacen más transparentes los mercados de arrendamiento para los diferentes sistemas productivos y las autoridades competentes investiguen la procedencia de capitales que pagan costos de arrendamientos a precios inviables para la rentabilidad y sostenibilidad del sistema productivo. Los productores reciben educación técnica, financiera, evaluación de proyectos y planificación de costos que les permiten desarrollar esquemas de contratación de arrendamiento de tierras a mediano plazo, que en algunos casos se complementan con un costo base más un % de participación adicional sobre mejores resultados económicos del agricultor lo que le permite mantenerse en un mismo lote y hacer inversiones y adopciones masivas de tecnología que redundan en mayor eficiencia productiva derivada de menores costos y mayores rendimientos.	56
	P	El costo del arriendo se incrementará notablemente, de la tal manera, que su participación en la estructura de costos podría ser mayor al 25 %.	25
CC	T	La productividad de los cultivos de arroz se ve afectada en un 40 a 60 % en algunas zonas por efectos del cambio climático y de variabilidad climática extrema, produciendo una huella de carbono importante debido al uso inadecuado de agroquímicos especialmente fertilizantes.	51
	O	Los cultivos de arroz se adaptan a los fenómenos de variabilidad climática mediante la optimización del riego, las buenas prácticas, adopción de tecnología y uso de semilla certificada adaptada a las condiciones locales. Disminuyendo o neutralizando su huella de carbono.	51
	P	Crisis por fenómenos variabilidad climática extrema incidiendo en mayores pérdidas de la productividad del arroz. Aumentando el uso de agroquímicos y a su vez su huella de carbono.	35
Agua	T	La demanda de agua lluvia se incrementa debido al aumento de cultivos en sistema seco en algunas zonas del país comprometiendo la sostenibilidad del recurso, la baja implementación de técnicas para el uso eficiente del recurso hídrico en los cultivos de arroz incrementa a su vez la demanda global (huella hídrica) de la misma sumado a la deficiente infraestructura asociada a distritos de riego y de igual manera el alto uso de agroquímicos repercute negativamente en la calidad del agua por escorrentía.	52
	O	La demanda de agua global de los cultivos de arroz se disminuye debido a la masificación de tecnologías para el uso eficiente del recurso hídrico en las fincas arroceras y al cambio cultural de los productores, de igual forma se optimiza el uso del agua mediante la ampliación, optimización y adecuación de la cobertura de los distritos de riego y la calidad del agua es menos afectada debido al uso racional de agroquímicos.	45

	P	La demanda de agua global de los cultivos de arroz se incrementa en relación con la oferta hídrica de cada zona generando estrés hídrico para la actividad y comprometiendo los demás usos del agua, no se implementan técnicas de uso eficiente del recurso hídrico y el uso excesivo de agroquímicos compromete la calidad del recurso.	40
Suelo	T	Incremento en la pérdida de estructura de los suelos debido al uso de técnicas convencionales de labranza y paso no controlado de maquinaria sobre las áreas de cultivo de arroz, incremento de efectos de salinización debido al mal manejo del riego sobre todo en la zona centro, incremento de la presencia de metales pesados por encima de los límites permisibles y la disminución en la diversidad microbiológica del suelo debido al uso desmedido de agroquímicos.	44
	O	Uso adecuado del suelo en los cultivos de arroz debido a la masificación de tecnologías de labranza vertical o labranza cero, paso controlado de maquinaria y agricultura de precisión, control de los efectos de salinización del suelo y disminución del impacto sobre la microbiología, así como la presencia de metales pesados del suelo debido a un mayor control de la trazabilidad de los cultivos de arroz, disminución del uso de agroquímicos y el mejoramiento de las técnicas de riego.	52
	P	Impactos significativos sobre los suelos de cultivos de arroz con mayor presencia de efectos erosivos, compactación y salinización que limitan el máximo su corrección y pierdan casi totalmente su productividad. Evidenciando mayor presencia de metales pesados impidiendo a su vez la comercialización y afectando la salud de los consumidores.	29

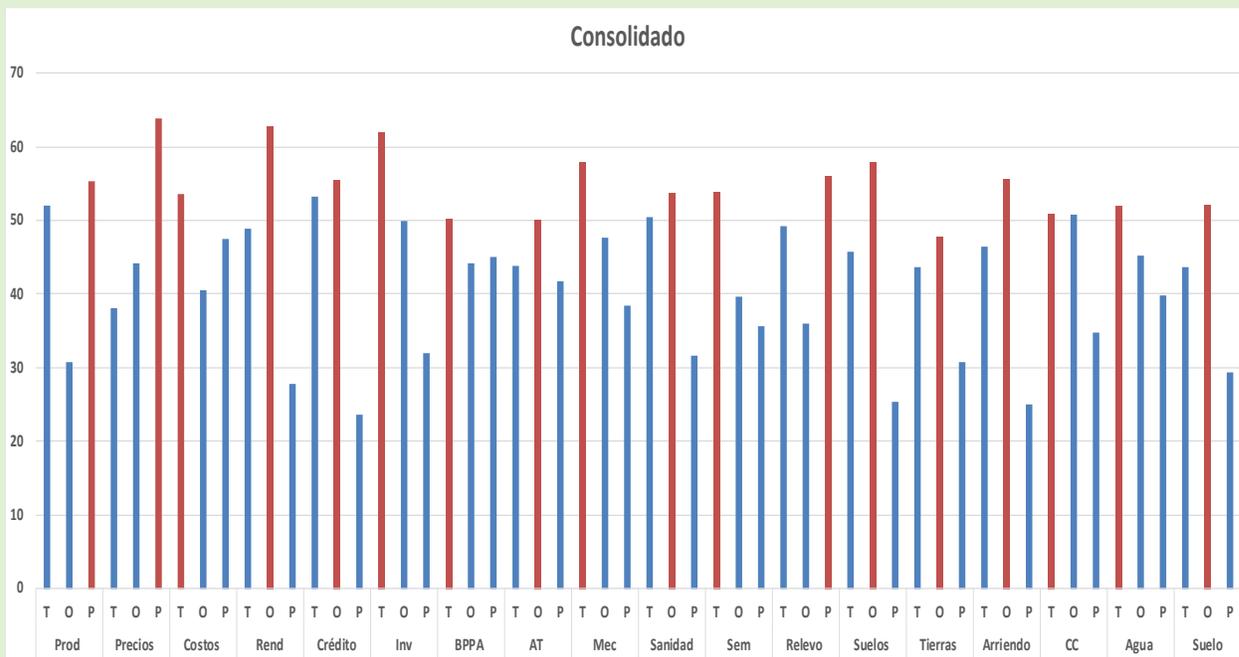
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestran los resultados consolidados para las 18 variables. La situación al 2038 para cada una de las variables es:

1. Producción, prima una visión pesimista. Los calificadores creen que al 2038 la producción será inferior a la actual.
2. Precios, prima la visión pesimista y es compatible con la visión de la variable producción.
3. Costos, prima la visión tendencia; es decir que los calificadores creen que los costos van a tender ajustes por lo menos igual a la inflación. También es compatible con la visión de la variable precios y producción. En esencia su visión es que los costos reales aumentan.
4. Rendimientos, prima la visión optimista. También es compatible con la visión de una caída en la producción pues, por regla general, cuando esta disminuye, la actividad se desplaza hacia zonas más productivas.
5. En crédito, prima una visión optimista. Los productores que queden serán más productivos y atendidos por los sistemas de crédito.

6. Investigación: prima una visión tendencial. Es decir que no se avizoran cambios importantes; tal vez sea la razón del pesimismo en el rendimiento.
7. Buenas Prácticas para la Producción de Arroz BPPA: en materia de buenas prácticas, prima la visión tendencial, es decir que sigue la cultura de no aplicar buenas prácticas;
8. Asistencia Técnica, la visión es optimista. Se terminará con amplia cobertura, aunque, recordemos, en menor área, pero más productiva.
9. Mecanización, se mantiene la situación actual o tendencial; es decir, que la renovación y modernización se mueve, pero lentamente;
10. Sanidad; la situación se prevé optimista. Se reconocen mejoras en la institucionalidad sanitaria del país.
11. Semilla: la situación continúa con la tendencia actual en donde no se presentarán cambios importantes sobre el uso de semillas modernas:
12. Relevo generacional: la percepción es pesimista. Aumenta la proporción de personas mayores.
13. Uso suelos: la percepción es optimista. El cultivo del arroz se concentra en zonas aptas.
14. Tierras: la percepción es optimista. La formalidad es generalizada y los que se quedan en la actividad son sostenibles económicamente.
15. Arriendo: La percepción es optimista. El mercado de tierras será más transparente.
16. Cambio climático: la situación es tendencial en el sentido en que los pronósticos de cambio del clima se cumplirán.
17. Agua: se prevé que la situación actual se consolidará. El cultivo será cada vez más dependiente de lluvias y se ubicará en zonas "secanas".
18. Suelo: el pronóstico es optimista. Los productores harán buen uso de los suelos.

Figure 10. Resultado probable de los escenarios para cada variable. (En rojo, el escenario prevaleciente)



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE FUTURO

Con base en la formulación de las hipótesis de las variables claves, se formuló un escenario probable y uno apuesta a 2038, a ser validado por la cadena productiva del arroz en Colombia. Dichos escenarios fueron contruidos por la UPRA junto con los diferentes actores de la cadena que participaron en las reuniones de grupo base y ampliado:

#### Escenario Probable (propuesto con base en las tendencias de la cadena a 2038):

*“La producción de arroz ha caído entre el 30% y 50% con relación a 20 años atrás, como consecuencia de la liberación de los mercados que provocó una disminución del 40% en los precios; no se dieron las inversiones necesarias para modernizar el sector y por el contrario se observan altos niveles de desinversión y de rezago en la modernización de equipo y maquinaria.*

*Los productores han mejorado marginalmente la asistencia técnica y las buenas prácticas para contrarrestar en algo los efectos del cambio climático. La industria de producción de semillas ya no participa*

*como antes en la provisión de semillas modernas y de alta tecnología. En contraste, la producción, ahora disminuida, se concentra en zonas aptas y cercanas a los centros de consumo, por la cual la productividad no registra disminuciones importantes.*

*Los productores, en su esfuerzo por sostener su actividad, manejan de forma responsable el suelo y el agua, y las instituciones encargadas del tema sanitario están ejerciendo sus funciones sin cambios con relación a la situación actual. No hay un relevo generacional porque el sector no incentiva a los jóvenes. Los costos de producción, entre ellos el arriendo, se adoptan al nuevo mapa de precios y la estructura crediticia sigue igual; es decir, continúa concentrada en los molinos.”*

**Escenario Apuesta (propuesto con base en los instrumentos de prospectiva expuestos y en particular la previsión de los actores sobre el futuro deseable para la cadena):**

*“La producción de arroz abastece regularmente el consumo nacional, que ha crecido al ritmo de la población, la productividad ha aumentado en un 50% reduciendo los costos a un nivel que permite competir con las importaciones.*

*La competitividad en costos hace que las importaciones sean estacionales, de baja magnitud y se exporte arroz de calidades especiales, participando ocasionalmente en mercados de países vecinos. Los agricultores han adoptado tecnología al reemplazar viejos equipos y participar en la agricultura de precisión; la industria de semillas abastece el 90% del mercado con semillas de alta calidad. La asistencia técnica integral hace la diferencia. Se ha facilitado el financiamiento institucional que cubre más equitativamente las necesidades de los productores y de la industria.*

*Los productores dan buen uso a los recursos naturales, sus prácticas ambientales se han incrementado de manera sostenida, las instituciones sanitarias y del ordenamiento productivo son proactivas y reconocidas internacionalmente. El relevo generacional y la transformación institucional ha sido posible; gracias a ello se incorporan rápidamente los cambios tecnológicos, los avances en la investigación y se administran eficazmente los proyectos productivos, reduciendo el riesgo por los efectos adversos del cambio climático.”*

El escenario apuesta anterior fue validado en sesión de trabajo con actores de la cadena, quienes fueron distribuidos en mesas temáticas a fin de que pudieran revisar las estadísticas, documentos y demás elementos que les permitieran llegar a consensos para reformularlo. Cada grupo validó de dos a tres variables de este escenario. Como resultado de este trabajo se obtuvo el siguiente Escenario apuesta validado, el cual se convierte en guía para el plan de acción para la cadena:

### **Escenario apuesta validado**

*“La producción de arroz nacional abastece el consumo nacional en al menos un 85%. La productividad promedio nacional ha aumentado en un 50%, reduciendo los costos unitarios a un nivel que permite competir con las importaciones y manteniendo la rentabilidad del negocio. La producción se ha concentrado en las zonas de mayor aptitud.*

*La competitividad en costos hace que las importaciones sean estacionales y de baja magnitud, y que se exporte arroz a mercados de países vecinos.*

*Al menos el 80% de los productores adoptan tecnologías para mejorar la eficiencia productiva y sostenible. Se han desarrollado variedades con alto potencial de rendimiento, adaptadas a las condiciones locales y que satisfacen los requerimientos del mercado. La industria semillista, moderna y eficiente, abastece competitivamente el 90% del mercado con material de alta calidad. Se ha facilitado el financiamiento sectorial que cubre las necesidades de los productores y la industria.*

*El arroz es reconocido por su calidad e inocuidad. Los productores y demás actores de la cadena dan un buen uso a los recursos naturales, mejoran las prácticas ambientales y agronómicas, incrementando la adaptabilidad frente a efectos negativos de cambio climático y reducen sus emisiones de GEI de acuerdo con los compromisos asumidos internacionalmente.*

*La cadena cuenta con mano de obra calificada capaz de responder a los retos de las nuevas tecnologías, y que administra eficazmente los proyectos productivos, reduciendo así los riesgos a los que está expuesta. Se cuenta con una institucionalidad funcional, efectiva, articulada, que orienta sus decisiones con información adecuada y que atiende su heterogeneidad mediante el fortalecimiento de esquemas de cooperación, lo que facilita el desempeño y sostenibilidad de sus actores.”*

## 4 BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, G; Quintero, L; Samacá, H. (2017). *Metodología para formular los planes de desarrollo de ordenamiento productivo y social de la propiedad rural de las cadenas productivas*. Bogotá D.C.
- CIAT; MADR. (2015). *Análisis Integral de Sistemas Productivos en Colombia para la Adaptación al Cambio Climático*. Bogotá: CIAT.
- DANE. (Dic de 2009). Recuperado el 15 de 05 de 2019, de Metodología Índice de Precios al Consumidor: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/metodologia\\_IPC-09.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/metodologia_IPC-09.pdf)
- DANE. (2017). *Cuenta Satélite de la agroindustria del arroz, informe 2012-2016*. Bogotá.
- DANE-Fedearroz. (2018). *Encuesta Nacional Arroz Mecanizado*. Bogotá: DANE.
- EDIAGRO. (2005). Competitividad de la industria molinera de arroz en Colombia. En E. INDUARROZ, *Competitividad de la industria molinera de arroz en Colombia*. Bogotá: Empresa Consultora.
- FAO. (2003). *Acuicultura: principales conceptos y definiciones*. Recuperado el 19 de Octubre de 2017, de <Http://www.fao.org/Spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>
- Fedearroz. (2014). *INFORME EVALUACION IMPACTO DE LA SEQUIA EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN LA SUBREGION DE LA MOJANA* . Bogotá: Fedearroz.
- Godet, M., & Durance, P. (2011). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. Unesco.
- González, M., Saldarriaga, G., & Jaramillo, O. (2014). *Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM, CAR; UDCA. (2017). *Protocolo para la identificación y evaluación de suelos por salinización*. Bogotá: IDEAM.
- Jenks, M., & Hasegawa, P. (2005). *Plant Abiotic Stress*. India: Blackwell Publishing.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramirez, J. (2013). *Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático*. Bogotá: CIAT.
- Ley 811 de 2003. (s.f.). Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación (SAT) y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 45.236 (2 de julio de 2003).
- MADR. (2012). *Perspectivas Agropecuarias primer semestre 2012*. Bogotá: MADR.
- MADR. (2016). *Prevención y Mitigación de Eventos Climáticos*. Bogota: MADR.
- Mojica, F. J. (2005). *La construcción del futuro: concepto y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- OCDE FAO. (2017). *Perspectivas agrícolas 2017-2016*.

- Prada, A., & Cortés, C. (2010). *LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ: UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL*. Villavicencio: Unillanos.
- RAE. (2017). *Real Academia de la Lengua*. Recuperado el 9 de enero de 2018, de <http://www.rae.es/>
- Resolución 128 de 2017 [MADR]. (s.f.). Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria. Diario Oficial No. 50.250 (31 de mayo de 2017).
- Sierra, J. (2009). *ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ*. Sincelejo: Universidad de Sucre.
- UPRA - Equipo Análisis Situacional y Prospectiva. (2019). *Análisis situacional cadena productiva del arroz en Colombia*. Bogotá. Recuperado de [https://www.upra.gov.co/documents/10184/101496/20190709\\_DOCUMENTO+ANALISIS+SITUACIONAL.pdf/f9051a2a6-a998-4386-8c6b-ded8309e8f4f](https://www.upra.gov.co/documents/10184/101496/20190709_DOCUMENTO+ANALISIS+SITUACIONAL.pdf/f9051a2a6-a998-4386-8c6b-ded8309e8f4f)
- UPRA. (2015). *Mercado de Productos Agropecuarios. Guía para priorización y diagnóstico*. Bogotá D.C.: UPRA.
- USDA. (2018). *Agricultural projections to 2027*.

## 5. ANEXO

### GUÍA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA PARA ACTORES CLAVE DE

#### LA CADENA DE ARROZ

##### Aspectos generales del entrevistado y de la empresa.

1. Reconocimiento al entrevistado en cuanto a su experticia y temáticas que podrá abordar: en este punto se espera que el entrevistado nos cuente de su experiencia en la actividad agropecuaria y a la cadena del arroz.

---

2. En su experiencia al interior de la cadena productiva del arroz, ¿Cuáles han sido los tres cambios más importantes que ha sufrido la actividad en los últimos 20 años?

---

---

3. ¿Cómo se ha imaginado que estará la actividad en 10 años?

---

4. ¿Cuáles variables nos conducirán a ese nuevo escenario?

---

5. ¿Cómo se ha imaginado que estará la actividad en los próximos 20 años? ¿Cuáles variables nos conducirán a ese nuevo escenario?

---

6. Se escoge la primera variable y se pregunta sobre ¿qué hará que esta variable tenga dicho comportamiento?, y/o, ¿cómo que podría estimular a esta variable para alcanzar un estado deseable en la actividad arrocera del país?, se pregunta por máximo las 6 variables escogidas en las preguntas de los 10 y 20 años.

---

7. En el caso de que no elija alguna de las siguientes variables, o no la haya mencionado de ninguna forma, aborde al entrevistado con el siguiente cuestionamiento.

Sobre la variable X, ¿qué considera que sucederá en los próximos 10 años? ¿Y en los próximos 20?

---

VARIABLES (Elija el comentario acorde a quien entrevista y al eslabón al que pertenece).

- I. PRODUCTIVIDAD: Esta variable abordará la relación de los recursos invertidos en la producción (área, capital, recurso humano) sea de el eslabón primario, la transformación o la comercialización. Tenga en cuenta los aspectos de ciencia, tecnología, transferencia tecnológica; maquinaria y equipo, y recurso humano abordados en los desafíos del documento de Análisis Situacional. No olvide abordar una breve visión acerca de AMTEC y protocolos alternativos, el uso de semilla certificada, la sanidad de los cultivos y la asistencia técnica y mecanización.

- II. **COSTOS DE PRODUCCIÓN:** Esta variable abordará los costos operativos de manera general y acorde a la tecnología implementada para cada eslabón. Es importante que se hable de las brechas en costos entre los diferentes agentes del mismo eslabón. Haga mención del asunto de precios frente al costo. Aborde en este eslabón asuntos como el arriendo, la protección al cultivo y la fertilización como componentes que generan cambios entre sistemas productivos. En lo que respecta al eslabón industrial rectifique la participación de la materia prima en los costos, y el costo de procesamiento actual en términos de eficiencia (recuerde las brechas que hay entre molinos). ¿Qué debería hacerse para alcanzar mayores niveles de eficiencia?
- III. **INFRAESTRUCTURA (RIEGO, PLANTAS DE SECAMIENTO Y PROCESAMIENTO):** Es importante que se aborde el asunto del riego (los distritos) frente a la producción de secoano. De otro lado, es necesario conocer la percepción sobre las plantas de secamiento y procesamiento existentes en términos de si son suficientes las existentes, y como se imaginaría una clusterización.
- IV. **COMERCIALIZACIÓN - CONSUMO:** Frente a este escenario tan cambiante en la última década, aborde los asuntos relacionados con comercializadores mayoristas, grandes superficies y tiendas de descuento. Pregunte respecto a los cambios importantes que ha notado en el mercadeo de ese producto en los últimos años. No olvide que dado el tipo de consumo actual se debe preguntar cómo se visualiza el consumo en el futuro. No olvide abordar los asuntos de valor agregado en la cadena del arroz.
- V. **FINANCIAMIENTO:** Dadas las características de la preponderancia del crédito extrabancario, permita que se visualice un escenario futuro de este tipo de crédito y el bancario. Visibilice las razones de la prevalencia de uno frente al otro, y los escenarios futuros que tendrá. De ser posible introduzca el aseguramiento.
- VI. **LOGÍSTICA Y TRANSPORTE:** Haga mención en términos generales de esta variable, dado que es un costo país. No obstante, en términos de impactos actuales y futuros en la cadena.
- VII. **GESTIÓN AMBIENTAL:** Cuando aborde esta variable mencione los efectos por luminosidad, gestión del recurso hídrico y características del suelo, así como de los caminos hacia la adaptación que la cadena ha adoptado al respecto. En lo que respecta a la producción industrial es importante que se interrogue sobre la cascarilla y los metales pesados.
- VIII. **TIERRA Y ORDENAMIENTO PRODUCTIVO:** aborde una pregunta general sobre la situación actual de los productores manuales o aquellas comunidades que difícilmente puede llegar a hacer parte de la cadena, en términos de las alternativas que observa para este tipo de poblaciones en cuanto a valor compartido y políticas públicas. Mencione el asunto de la informalidad en la propiedad de la tierra, mercado de tierras y arriendo.
- IX. **RELACIONAMIENTO CON AGENTES DE LA CADENA:** Aborde esta temática desde el papel de las agremiaciones, las entidades públicas, las entidades de control y otro tipo de instituciones que afecten el desempeño de la cadena.

**Síntesis: Se debe cerrar preguntando si existe algún aspecto fundamental que considere se deba abordar en la prospectiva de la cadena.**