



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

TÍTULO DE TESIS

**PROSPECTIVA ESTRATÉGICA APLICADA A LA
AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO AL 2030**

ANTONIO VILLEGAS VILCHIS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO.
2020

La presente tesis titulada: **“Prospectiva estratégica aplicada a la agroindustria de la caña de azúcar en México al 2030”**. Realizada por el estudiante: **Antonio Villegas Vilchis**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

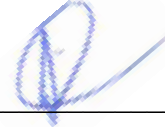
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Ph. D. DIEGO ESTEBAN PLATAS ROSADO

ASESOR



Dr. FELIPE GALLARDO LÓPEZ

ASESOR



Dr. GUSTAVO LÓPEZ ROMERO

ASESOR EXTERNO



Dr. JUAN CRISTÓBAL HERNÁNDEZ ARZABA

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 26 de octubre de 2020

PROSPECTIVA ESTRATÉGICA APLICADA A LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO AL 2030

**ANTONIO VILLEGAS VILCHIS, Dr.
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2020**

RESUMEN

En un mundo globalizado, complejo y lleno de incertidumbre, como el de hoy, es necesario que los tomadores de decisiones de cualquier agroindustria conozcan y utilicen un método fundamental para construir el futuro. Este documento presenta la aplicación de la metodología de la prospectiva estratégica en el análisis de la agroindustria de la caña de azúcar con el objetivo de diseñar los escenarios a los que se podría enfrentar diez años adelante; para lo cual, se analizaron y escogieron entre estas opciones de futuro, el escenario deseable para construirlo, teniendo en cuenta el estado del arte, las tendencias mundiales. Se realizaron cinco talleres con la participación de expertos con un alto nivel de conocimiento y decisión de la agroindustria de la caña de azúcar y son integrantes del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. La problemática de la agroindustria azucarera ha sido compleja en los últimos años ante este contexto, es necesario elaborar estrategias que orienten sus líneas de actuación a corto, medio y largo plazo que permitan la reflexión acerca de su futuro y la toma de decisiones sobre la misma. En el estado del arte se encontró que la industria refresquera utiliza el 55 % del azúcar del consumo interno del país, pero está optando por el jarabe de maíz de alta fructuosa (JMAF) que es más dulce y más barato, si la industria refresquera deja de consumir azúcar para usar JMAF, más los problemas de exportación con el acuerdo comercial T-MEC reduciendo a un 30 % la exportación de azúcar refinada y aumentando a un 70 % la exportación de azúcar estándar (cruda) para ser refinada en Estados Unidos. Lo anterior exigirá que los ingenios mexicanos

habrán de ajustar su forma de operar ya que tendrán que reducir su producción de azúcar refinada por azúcar cruda; la diferencia en precio es aproximadamente 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria. En el estudio de las tendencias mundiales se identificaron tecnologías inteligentes para mejorar los procesos de producción, disminuir costos, ampliar el mercado y ser más competitivos, las cuales la agroindustria azucarera mexicana debe de incorporar a su proceso de producción. En la aplicación del método de la prospectiva estratégica los expertos seleccionaron al escenario apuesta “agroindustria sostenible” y las estrategias para poder construirlo iniciando por la implementación de las tecnologías inteligentes que son las que modernizarían los procesos de producción, reducirán los tiempos en los procesos y bajarán los costos de producción, aumentará la producción vertical, podrán diversificar obteniendo mayor mercado siendo más competitivos.

Palabras clave: modelo prospectivo, futuro, factores de cambio, variables estratégicas.

**STRATEGICAL PROSPECTIVE APPLIED TO THE AGROINDUSTRY OF THE
SUGAR CANE IN MEXICO TO THE 2030**

**ANTONIO VILLEGAS VILCHIS, Dr.
POSTGRADUATES SCHOOL, 2020**

ABSTRACT

In a globalized world, complex and full of uncertainty, like the one of today, it is necessary that the decision makers of any agro-industry know and use a fundamental method to build the future. This document presents the application of the methodology of strategic foresight in the analysis of the sugarcane agroindustry with the objective of designing the scenarios that could be faced ten years from now; For which, the desirable scenario to build it was analyzed and chosen among these future options, taking into account the state of the art, world trends. Five workshops were held with the participation of experts with a high level of knowledge and decision of the sugarcane agribusiness and are members of the National Committee for the Sustainable Development of Sugarcane. The problem of the sugar agribusiness has been complex in recent years in this context, it is necessary to develop strategies that guide its lines of action in the short, medium and long term that allow reflection on its future and decision making on it. In the state of the art, it was found that the soft drink industry uses 55% of the sugar, of the country's internal consumption, but is opting for high fructose corn syrup (HFCS) which is sweeter and cheaper, if the soft drink industry Stop consuming sugar to use HFCS, plus export problems with the T-MEC trade agreement reducing the export of refined sugar to 30% and increasing the export of standard (raw) sugar to be refined in the United States to 70%. The foregoing will require that Mexican mills will have to adjust their way of operating since they will have to reduce their production of refined sugar for raw sugar; the difference in price is approximately \$ 100 per ton less for agribusiness. In the study of world trends, smart technologies were identified to improve production

processes, reduce costs, expand the market and be more competitive, which the Mexican sugar agribusiness must incorporate into its production process. In the application of the method of strategic foresight, the experts selected the scenario bet "sustainable agroindustry" and the strategies to be able to build it, starting with the implementation of intelligent technologies that would modernize the production processes, reduce the times in the processes and production costs will lower, vertical production will increase, they will be able to diversify obtaining a larger market while being more competitive.

Keywords: prospective model, future, factors of change, strategic variables.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme vivir esta experiencia de vida y por guiarme e iluminarme en los momentos difíciles.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz por brindarme el espacio para realizar el postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para el doctorado y la beca Mixta para la estancia doctoral en la Universidad Externado de Colombia.

A mi consejo particular quien me guió y asesoro durante el desarrollo de mi trabajo de investigación: Consejero Ph. D. Diego Esteban Platas Rosado, Asesor interno Dr. Felipe Gallardo López, Asesor interno Dr. Gustavo López Romero, Asesor externo Dr. Juan Cristóbal Hernández Arzaba, gracias por sus consejos y apoyo.

A mi cotutor de la estancia doctoral, Ph. D. Francisco José Mojica, por aceptarme como su estudiante y otorgarme desde siempre un trato amable, humano, y cálido. Además de sus consejos y apoyo incondicional que permitió la realización y conclusión de mi proyecto de tesis.

Al Dr. Luis Ramiro García Chávez Director General de la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), por su valioso apoyo en el desarrollo de la metodología que es la parte fundamental de mi tesis.

A mi familia por soportar el tiempo y el espacio que no estuve con ellos, por ser mis cómplices y apoyarme siempre en este proyecto. Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta formaron parte de esta experiencia.

DEDICATORIA

A mi esposa Inés Wendolin Tiburcio Delgado por siempre estar ahí cuando más la necesite y ser mi apoyo incondicional.

A mis hijas Keily Dailet Villegas Tiburcio y Kenia Mishel Villegas Tiburcio por ser ese motorcito que me impulsan a ser cada día mejor.

A mis padres por fincarme los valores para ser una persona de bien.

Y a todas aquellas personas que formaron parte de esta experiencia de vida.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Marco teórico conceptual	4
1.1 Tradiciones epistemológicas: La Aristotélica y la Galileana	5
1.2 Teoría general de sistemas	6
1.3 Agroecosistemas	7
1.3.1 ¿Que son los agroecosistemas?	8
1.3.2 Origen y evolución del concepto de agroecosistemas	8
1.3.3 Concepto y modelo del agroecosistema desde la visión prospectiva.....	11
1.4 Teoría económica	13
1.4.1 Ley de la oferta y la demanda	14
1.4.2 Equilibrio de mercado	16
1.4.3 Elasticidad de la oferta y elasticidad de la demanda.....	17
1.5 Teoría de la Complejidad	20
1.6 Estudios de futuro	22
1.6.1 Corrientes de pensamiento de los estudios de futuro	24
1.6.2 La escuela determinista	26
1.6.3 La escuela voluntarista	26
1.6.4 Concepto y alcances de la prospectiva estratégica	32
1.6.5 Las cuatro actitudes del futuro	37
1.6.6 Pensamiento Blondeliano filosofía de la acción	37
1.6.7 Sincronía y diacronía	38
2. Problema y pregunta de investigación	40
3. Hipótesis	42
3.1 Hipótesis general	42
3.2 Hipótesis específicas	42
4. Objetivos	42
4.1 Objetivos general	42
4.2 Objetivos específicos	42
5. Literatura citada	43
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	48
1.1 Introducción	48
1.2 Materiales y métodos	49
1.2.1 Producción mundial	49
1.2.2 Producción de azúcar mundial por regiones	50
1.2.3 Principales países productores de azúcar	51
1.2.4 Consumo, exportación e importación mundial de azúcar	52
1.2.5 Precios internacionales del azúcar	57
1.2.6 Producción de azúcar en México	58

1.2.7 Producción total de azúcar en México	59
1.2.8 Consumo	60
1.2.9 Exportación	63
1.2.10 Importación	64
1.2.11 Precios	64
1.2.12 Aportes científicos para la agroindustria de la caña de azúcar	66
1.3 Discusión	67
1.3.1 Producción	67
1.3.2 Consumo	68
1.3.3 Exportación	69
1.3.4 Importación	69
1.3.5 Precios	69
1.3.6 Investigación	70
1.3.7 Puntos críticos para el análisis en los talleres de prospectiva	71
1.4 Conclusión	72
1.5 Literatura citada	73

CAPÍTULO II. VIGILANCIA TECNOLÓGICA DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	74
2.1 Introducción.....	74
2.2 Metodología	75
2.3 Resultados y discusión	77
2.3.1 Información estructurada	77
2.3.2 Información no estructurada	79
2.3.2.1 Agricultura de precisión	79
2.3.2.2 Smart Agro	80
2.3.2.3 Inteligencia artificial	81
2.3.2.4 Red GNSS RTK	83
2.3.2.5 Apps en el sector agrícola	84
2.3.2.6 Big Data	85
2.3.2.7 Biotecnología	87
2.3.2.8 Revolución del Software Verde	89
2.4 Discusión	90
2.5 Conclusión	92
2.6 Literatura citada	93

CAPÍTULO III. PROSPECTIVA ESTRATÉGICA DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO AL 2030	94
3.1 Introducción	94
3.2 Metodología	96
3.2.1 Modelo prospectivo estratégico empleado	98
3.2.2 Fuentes secundarias	99
3.2.2.1 Estado del arte	99
3.2.2.2 Vigilancia tecnológica	100
3.2.3 Fuentes primarias	100
3.2.3.1 Primer taller: Factores de cambio	101
3.2.3.2 Segundo taller: Variables estratégicas	102
3.2.3.3 Tercer taller: Poder y estrategias de los actores sociales	107
3.2.3.4 Cuarto taller: Diseño de escenarios de futuro	110
3.2.3.5 Quinto taller: Elección y priorización de estrategias	114
3.3 Resultados	115
3.3.1 Primer taller: Factores de cambio	115
3.3.2 Segundo taller: Variables estratégicas	119
3.3.3 Tercer taller: Juego de actores	124
3.3.4 Cuarto taller: Escenarios	136
3.3.4.1 Plan vigía	147
3.3.5 Quinto taller: Estrategias	150
3.4 Resumen	152
3.5 Conclusión	153
3.6 Literatura citada	154
CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	155
1. Contrastación de hipótesis	155
2. Conclusiones por capítulos	156
2.1 Estado del arte	156
2.2 Vigilancia tecnológica	157
2.3 Prospectiva estratégica	157
2.4 Conclusión general	158
3. Recomendaciones.....	159
ANEXOS	160
Anexo 1	160
Anexo 2	161
Anexo 3	162

Lista de cuadros

	Página
Cuadro 1. Principales empresas demandantes de azúcar en México por tipo de industria	61
Cuadro 2. Precios de azúcar	65
Cuadro 3. Puntos críticos para el análisis en los talleres de prospectiva	71
Cuadro 4. Relación de expertos participantes en los talleres ..	101
Cuadro 5. Factores de cambio de la dimensión económica	116
Cuadro 6. Factores de cambio de la dimensión social	117
Cuadro 7. Factores de cambio de la dimensión ambiental	117
Cuadro 8. Factores de cambio de la dimensión política	118
Cuadro 9. Factores de cambio de la dimensión tecnológica	118
Cuadro 10. 25 Factores de cambio más relevante e importantes.	119
Cuadro 11. Resultados de las calificaciones de los expertos en matriz	121
Cuadro 12. Relación de actores sociales	124
Cuadro 13. Calificaciones de actor por actor de acuerdo al grado de influencia	125
Cuadro 14. Calificaciones de actor por reto	130
Cuadro 15. Metas por variables estratégica	137
Cuadro 16. Escenario 1 Agroindustria sostenible	138
Cuadro 17. Escenario 2 Contra corriente	139
Cuadro 18. Escenario 3 Un dulce futuro.....	140
Cuadro 19. Escenario Apuesta	142
Cuadro 20. Ponderación del 70 % para elaborar el plan vigía ...	147
Cuadro 21. Estrategias para construir el escenario apuesta	150
Cuadro 22. Resultados de la priorización de las estrategias	151

Lista de figuras

		Página
Figura 1	Modelo conceptual del AES con caña de azúcar	12
Figura 2	Modelo de la teoría económica	13
Figura 3	Curva de la demanda	15
Figura 4	Curva de la oferta	15
Figura 5	Punto de equilibrio	16
Figura 6	Modelo de equilibrio del mercado elaboración propia...	17
Figura 7	Coefficiente del precio de la oferta de elasticidad de la caña de azúcar	18
Figura 8	Coefficiente del precio de la demanda de elasticidad de la caña de azúcar	19
Figura 9	Concepción del futuro como una realidad múltiple	28
Figura 10	Triángulo griego	29
Figura 11	Fenómenos complejos llenos de incertidumbre	31
Figura 12	Estrategias y cuestionamientos fundamentales de la prospectiva	34
Figura 13	Producción mundial de azúcar periodo 2000-2019	50
Figura 14	Producción mundial de azúcar por regiones, 2000-2019	51
Figura 15	Principales países productores de azúcar	52
Figura 16	Consumo, exportación e importación mundial de azúcar, 2000-2019	53
Figura 17	Principales países consumidores de azúcar	54
Figura 18	Principales países exportadores de azúcar	55
Figura 19	Principales países importadores de azúcar	56
Figura 20	Precios mundiales de azúcar	57
Figura 21	Ingenios azucareros en México	58
Figura 22	Producción de azúcar total (miles de toneladas) periodo 2008-2019	59
Figura 23	Principales estados productores de azúcar en México..	60
Figura 24	Exportaciones de azúcar por calidad periodo 2008-2019	63
Figura 25	Mapa del conjunto de datos de co-ocurrencia de todas las palabras clave	66
Figura 26	Mapa de análisis de patentes	77
Figura 27	Imágenes de agricultura de precisión	79
Figura 28	Imágenes del Sistema Global de Navegación por Satélite.....	80
Figura 29	Imágenes de inteligencia artificial	82
Figura 30	Red GNSS RTK	84
Figura 31	Imagen de Big Data	86

Figura 32	Envase de Tetra Pak a base de caña de azúcar	88
Figura 33	Imagen Revolución del Software Verde	89
Figura 34	Teoría del Triángulo griego	97
Figura 35	Modelo Prospectivo Estratégico	98
Figura 36	Clasificación directa de la variable A con la variable B..	105
Figura 37	Clasificación indirecta de la variable A con las de más variables	105
Figura 38	Plano de identificación de las variables estratégicas ...	106
Figura 39	Plano de influencia dependencia de los actores sociales	109
Figura 40	Resultados del MicMac variables estratégicas	122
Figura 41	Sintaxis lógica de las variables estratégicas	123
Figura 42	Histograma del poder de los actores sociales	126
Figura 43	Reto de la variable I+D+I+TT y sus actores a favor y en contra	127
Figura 44	Reto de la variable diversificación y sus actores a favor y en contra	128
Figura 45	Reto de la variable costos de producción y sus actores a favor y en contra	129
Figura 46	Reto de la variable productividad y sus actores a favor y en contra	129
Figura 47	Reto de la variable competitividad y sus actores a favor y en contra	130
Figura 48	Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable I+D+I+TT	131
Figura 49	Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable diversificación	132
Figura 50	Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable costos de producción	133
Figura 51	Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable productividad	134
Figura 52	Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable competitividad	135
Figura 53	Distancias netas entre actores	136
Figura 54	Recomendación del escenario apuesta	141
Figura 55	Prueba con los ejes de Peter Schwartz del escenario apuesta	143
Figura 56	Calificaciones de probabilidades simples	144
Figura 57	Calificaciones de probabilidades condicionales positivas	145
Figura 58	Calificaciones de probabilidades condicionales negativas	145
Figura 59	Histograma de la probabilidad del escenario apuesta...	146

Lista de abreviaturas

Sigla	Significado
\$ t ⁻¹	Pesos por tonelada
t	Toneladas
t ha ⁻¹	Toneladas por hectárea
pol	Medición de la polarización: es el contenido de sacarosa en el jugo.
PIB	Producto Interno Bruto
JMAF	Jarabe de maíz de alta fructosa
AES	Agroecosistema
Q _e	Cantidad de equilibrio
P _e	Precio de equilibrio
CONADESUCA	Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
ERS.USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Investigación Económica
OMS	Organización Mundial de la Salud
OIA	Organización Internacional Agropecuaria
UScts/lb	Centavos de dólar por libra
KARBE	Kilogramos de Azúcar Recuperables Base Estándar
T-MEC	Tratado comercial con Estados Unidos y Canadá
Ldsca	Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar
IA	Inteligencia artificial
IoT	Internet de las cosas
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
RTK	Navegación Satelital en Tiempo Real
Smic	Sistema de matriz de impacto cruzado
CICTCAÑA	Centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar
kg	Kilogramo de azúcar
\$ kg ⁻¹	Pesos por kilogramo de azúcar

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo de caña de azúcar en México muestra un futuro incierto por cuestiones técnicas y económicas de producción y una creciente expansión del mercado de los edulcorantes sustitutos del azúcar.

La producción de la caña de azúcar en México tiene más de 490 años de antigüedad; sin embargo, en la actualidad la industria azucarera mexicana no es reconocida como competitiva debido principalmente al rezago tecnológico (en campo y fábrica), bajo rendimiento de sacarosa, alta fibra en tallos por hectárea y variabilidad en el proceso productivo (Aguilar, 2014). Los rendimientos promedio de caña de azúcar oscilan entre 60 y 70 t ha⁻¹ en temporal y llega hasta 100 t ha⁻¹ con riego a nivel nacional. La disminución de la producción agrícola de la caña de azúcar se ha definido como "la pérdida de capacidad productiva de los suelos de la caña de azúcar por el monocultivo a largo plazo" (Aguilar, 2014). México es considerado productor de azúcar de nivel medio a bajo, debido a que los ingenios azucareros se caracterizan por variar mucho en tamaño y tecnología con una preponderancia de molinos medianos y pequeños, viejos, obsoletos y con tecnologías ineficientes, lo que aumenta el costo de la producción de azúcar mexicana en comparación con países con tecnología avanzada, aunque algunos ingenios se han modernizado. En este sentido, los ingenios azucareros en México se encuentran entre las empresas más antiguas de la rama de producción de alimentos y los subproductos son recursos no aprovechados de manera eficiente (Aguilar, 2017).

La superficie industrializada en la zafra 2018-2019 fue 804,060 ha, de las cuales se obtuvieron 57,036,700 t, de caña de azúcar, con una producción de 6,425,919 t, de azúcar, reportado de los 50 ingenios que están en operación actualmente, distribuidos en 15 estados y 267 municipios del país, con un rendimiento en campo 70.94 t ha⁻¹, rendimiento de fábrica 11.27 % y con un rendimiento agroindustrial 7.99 t ha⁻¹, de las 6'425,919 t producidas, 1,487,107 fue de azúcar refinada, 3,765,806 de azúcar estándar, 209,224 de azúcar blanco especial, 174,476 azúcar mascabado y 789,306 de azúcar con pol menor a 99.2%, con un valor cercano a 40 mil millones de pesos. La agroindustria genera 440 mil

empleos directos y tiene un efecto socioeconómico indirecto en alrededor de 2.2 millones de personas, con aportaciones en el PIB (Producto Interno Bruto) manufacturero de 2.1 %; en el agropecuario, de 8.6 %, y nacional de 0.35 %¹.

Actualmente, el mercado de azúcar enfrenta cambios en los patrones de consumo por cuestiones de salud. México ocupa el primer lugar mundial en consumo *per cápita* de agua azucarada, mayormente endulzadas con jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF), (Caravalí *et al.*, 2016), también es el primer lugar en diabetes, la diabetes es una enfermedad que se presenta cuando el nivel de glucosa en la sangre, también conocido como azúcar en la sangre, es demasiado alto (Moreno *et al.*, 2014; Théodore *et al.*, 2019) y una creciente sustitución y consolidación de otros edulcorantes como el JMAF que es de 1.15 a 1.2 veces más dulce que la azúcar y más barato dependiendo de su concentración JMAF 42% o 55%.

Si la industria refresquera deja de consumir azúcar y usa JMAF, más los problemas de exportación con el acuerdo comercial T-MEC reduciendo a un 30 % la exportación de azúcar refinada y aumentando a un 70 % la exportación de azúcar estándar (cruda) para ser refinada en Estados Unidos. Lo anterior exigirá que los ingenios mexicanos habrán de ajustar su forma de operar ya que tendrán que reducir su producción de azúcar refinada por azúcar cruda; la diferencia en precio es aproximadamente 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria.

Por lo tanto, ante el rezago tecnológico de la mayoría de los ingenios del sector azucarero, la competencia con otros edulcorantes calóricos y no calóricos y la necesidad de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otros aspectos, la sustentabilidad en la producción de este carbohidrato básico, el aumento y los retos de productividad ante el cambio climático, el uso eficiente de insumos de la naturaleza agua, tierra, sol, etc. (Aguilar, 2014).

El éxito en las grandes empresas se debe a su capacidad de adaptación a los cambios. La velocidad que genera el cambio en el mundo de los negocios es tal

¹ Sexto informe estadístico CONADESUCA, 2018-2019

que nadie tiene tiempo sino para abordar los innumerables problemas que produce su vertiginosa actividad. Sin embargo, las organizaciones triunfadoras no han sido las que se han enfrascado en la rutina y en el frenesí de la cotidianidad, sino las que se han atrevido a pensar en el futuro como un factor de competitividad.

La metodología prospectiva enseña que no es necesario sufrir o padecer el futuro, sino que se puede construir, también muestra que si lo analizamos adquirimos ventajas competitivas, sencillamente porque se tomarían decisiones mejor fundamentadas que otros todavía no han pensado (Mojica, 2010).

La complejidad que representa la agroindustria de la caña de azúcar en México, involucra a productores, obreros, empleados de los ingenios, proveedores de insumos y servicios, consumidores industriales, organizaciones, gobierno, público en general y sus respectivas familias, para este proceso se utiliza una gran cantidad de recursos humanos, naturales y económicos que impactan en la dinámica del país.

Las circunstancias actuales, caracterizadas por la globalización de la economía, los cambios en las costumbres sociales, el acelerado ritmo del progreso tecnológico y la reducción del ciclo de vida de los productos, entre otros factores destacables, generan crecientes incertidumbres acerca de la evolución futura del entorno social, económico, tecnológico, legal, etc. en el que deberán desenvolverse los diferentes actores económicos, sociales y que en consecuencia afectan a los mercados en los que se desenvuelven las empresas.

Las empresas y compañías se han lanzado a competir de frente con el propósito de alcanzar un crecimiento rentable y sostenido, han luchado por conseguir una ventaja competitiva, una mayor participación en el mercado y se han esforzado por diferenciarse de otras. Sin embargo, las empresas líderes del mañana, investigan y planifican ahora, con una prospectiva que les permita alcanzar el éxito, pero no luchando contra sus competidores sino creando espacios de mercados seguros listos para crecer.

En este contexto, cualquier agroindustria, cualquier organización se ve en la necesidad de elaborar estrategias que orienten sus líneas de actuación en el

futuro a corto, medio y largo plazo que permita la toma de decisiones sobre el mismo.

En el mundo turbulento de hoy, ya no es suficiente establecer qué es lo que posiblemente va a suceder como referente orientador único, sino que también es importante tener la oportunidad de contar con alternativas para, en caso de ser necesario, realizar ajustes en el mismo avance, permitiendo plantear nuevas estrategias que conduzcan al escenario apuesta.

Por lo anterior, en atención a la problemática que aqueja a la agroindustria de la caña de azúcar en México, en este documento se presenta una investigación sobre la aplicación de la prospectiva estratégica en la agroindustria de la caña de azúcar en México, con el objetivo de diseñar los escenarios a los que se podría enfrentar diez años adelante, así como las estrategias para construir el escenario deseable. Está estructurada por la presente introducción general donde se incluye el marco teórico y conceptual, el capítulo I: Estado del arte de la agroindustria de la caña de azúcar en México, capítulo II: Vigilancia tecnológica de la agroindustria de la caña de azúcar, capítulo III: Prospectiva estratégica de la agroindustria de la caña de azúcar y finalmente las Conclusiones y Recomendaciones generales.

1. Marco teórico conceptual

Este apartado hace referencia a las concepciones teóricas, metodológicas y conceptuales que se utilizaron en el abordaje de la prospectiva estratégica para la agroindustria de la caña de azúcar en México. Se inicia con el planteamiento de las tradiciones epistemológicas donde se enmarca el concepto de agroecosistema para aterrizar en el enfoque del pensamiento sistémico apoyado en la Teoría General de Sistemas.

En este contexto, surge la inquietud de ¿Cuál será el futuro de la agroindustria de la caña de azúcar?, ante esta incertidumbre se utilizó la metodología de la prospectiva estratégica, para analizar al sistema superior del agroecosistema con

caña de azúcar, apoyándose de la teoría económica, específicamente en la ley de la oferta y la demanda.

Conceptualmente, la prospectiva estratégica está apoyada en la teoría de la complejidad expuesta por Edgard Morín y el concepto de construcción del futuro, referenciado por los fundadores de la prospectiva, Gastón Berger y Bertrand de Jouvenel y amparado por el pensamiento Blondeliano de la “filosofía de la acción”, por lo cual también se hace un acercamiento a sus bases metodológicas que sirvieron de apoyo para la realización del trabajo de investigación.

1.1 Tradiciones epistemológicas: La Aristotélica y la Galileana

Las tradiciones aristotélica y galileana tuvieron su origen en la antigua Grecia. La tradición aristotélica se remonta al Estagirita, como a uno de sus primeros representantes, mientras que la galileana, aunque recibe el nombre de Galileo Galilei, tiene sus raíces en Pitágoras y en Platón. Para la corriente aristotélica lo primero es la observación y después la idea; es decir, se buscó una razón teleológica: ¿Con que fin ocurrían los fenómenos? Mientras que para la corriente galileana, se pensó que primero era la idea; además de que se interesa por el dominio y poder sobre la naturaleza; ya no se interesó por responder el ¿por qué? y ¿para qué? sino sólo por el ¿cómo? de los fenómenos (Mardones y Ursúa, 1982). La postura empírico-analítica se encuentra en la corriente galileana, apareció en el siglo XVII y tiene su esplendor en el siglo XIX, buscando cumplir los sueños de la ilustración. De mano de la burguesía tenía y tiene como objetivo que la búsqueda del conocimiento culmine con el dominio de la naturaleza para lograr el progreso material (Mardones y Ursúa, 1982). En la misma línea, la galileana, se ubica la postura racionalista-realista (Padrón, 1994) o racionalista-deductiva representada por Popper, Einstein, Chomsky, etc. La Línea galileana pasa primero desde una forma de ciencia con objetos observables, para posteriormente pasar a lo calculable y pensable (Padrón, 1994). Otra postura emerge de la corriente galileana, el enfoque holístico, esto debido a la creciente conciencia de la complejidad de los fenómenos naturales y sociales, surge así la necesidad de una postura que pudiera analizar ampliamente estos fenómenos.

El enfoque de agroecosistemas está ubicado dentro de la línea galileana; la cual, a través de la historia, ha tenido como objetivos: el control y dominio de la naturaleza, en un intento por maximizar las ganancias.

1.2 Teoría general de sistemas

La idea central de la teoría general de sistemas plantea que los fenómenos sociales, económicos, físicos y biológicos son sistémicos y la metodología de sistemas es una herramienta disponible en el método científico, para aumentar la comprensión aislada e interactiva de estos fenómenos (Castro *et al.*, 2006).

La metodología de la prospectiva busca explorar y entender una red de relaciones complejas para establecer alternativas posibles del futuro. Esto introduce una diferencia frente a otros enfoques que usualmente no distinguen grados de jerarquías entre las variables, sectores y acontecimientos; esto significa que no consideran el carácter sistémico de las relaciones entre estos elementos que pueda apoyar la formulación de hipótesis sobre futuros plausibles.

La principal riqueza de la prospectiva consiste en explorar la interdependencia, la variedad y las implicaciones de los cambios en el entorno. Por lo tanto, observa las consecuencias económicas, transformación de la estructura productiva en caso de la agroindustria de la caña de azúcar. Se analiza la intertextualidad entre lo tecnológico y lo económico-social, tratando de buscar una visión holística de la realidad que permita asociar los hallazgos del pronóstico y la proyección lineal de la realidad con su contextualización por medio del diseño de escenarios, de tal manera que los tomadores de decisiones de la agroindustria de la caña de azúcar puedan elegir la mejor opción entre varios comportamientos sociales y económicos de la tecnología y de la ciencia. Las interdependencias pueden ser trabajadas cualitativamente a partir de la metodología de la prospectiva.

En la prospectiva, el pensamiento es igual a la anticipación, ya que se realizan análisis sistémicos para integrar contextos, contenidos y procesos que conecten las variables y los diferentes actores con sus múltiples interrelaciones, en busca de discriminar con certeza dentro de grandes volúmenes de información, con el propósito de extraer, mediante procesamientos adecuados, aquellas

informaciones principales, pertinentes y útiles que permitan realizar una apropiación y contextualización de la información para dar mejores respuestas dentro de los procesos de toma de decisiones (Rodríguez, 2014).

1.3 Agroecosistemas

El enfoque y concepto de agroecosistemas, ha tenido varias vertientes, es utilizada con relación a su perspectiva de objeto de estudio, como parte de la nueva ciencia de los sistemas complejos; y como una abstracción de la realidad agrícola (Cruz *et al.*, 2017). Este enfoque está enmarcado en la teoría general de sistemas, propuesta por Bertalanffy, donde se le consideró como un ente real, como un sistema abierto que posee cierta estructura, componentes, entradas (inputs), salidas (outputs), función e interacción entre sus elementos y componentes (Bertalanffy Von, 1976).

El enfoque de agroecosistema está ubicado dentro de la tradición galileana; la cual, a través de la historia, ha tenido como objetivos: el control y dominio de la naturaleza, en un intento por maximizar las ganancias.

Dicho enfoque considera una visión de las ciencias relacionadas con la agricultura, conformadas por varios saberes disciplinarios a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad y sus propiedades. Bajo dicha perspectiva sistémica cabe la posibilidad de relacionar varios campos de las ciencias, tanto naturales como sociales, ya que incorpora los principios de los diversos estudios disciplinarios para interpretar de manera integral la realidad en el sector agrícola. Pudiera pensarse que una visión sistémica es antagónica a un enfoque reduccionista-mecanicista; sin embargo, éstas se complementan ya que para conocer "el todo" es preciso conocer las partes que lo conforman, así como el funcionamiento e interrelación de fenómenos concretos. La idea central del enfoque en sistemas, es que en éstos no hay unidades aisladas, sino que todas sus partes actúan con una misma orientación y finalidad común siendo necesario el correcto funcionamiento de los elementos que lo integran para el eficaz desempeño del sistema en su conjunto más que la sola suma de sus elementos (Chiavenato, 1997).

1.3.1 ¿Qué son los agroecosistemas?

En relación a la interacción entre naturaleza y sociedad existen dos grandes corrientes, la egocéntrica, que establece que los ecosistemas naturales tienen un valor intrínseco independientemente de que éstos sean de utilidad al hombre; y la antropocéntrica, donde la naturaleza tiene importancia por el valor utilitario o beneficios que proporciona a la sociedad (Sans, 2007).

Si bien, es cierto que el estudio de los ecosistemas se enfoca a aspectos físicos, ecológicos, biológicos y estéticos; en los agroecosistemas, los procesos productivos, económicos y sociales cobran relevancia por el rol que juega el hombre como ente controlador del sistema en relación a la producción de alimentos, bienes y servicios que demanda la sociedad. Así la transformación que el hombre (sociedad) hace del ecosistema natural para la producción de alimentos establece la diferencia entre los agroecosistemas y ecosistemas naturales (Gliessman, 2002).

1.3.2 Origen y evolución del concepto de agroecosistemas

La primera conceptualización de agroecosistemas la realizó Harper, él menciona que en los agroecosistemas se estudian los cambios que siguen de la conversión de vegetación natural a la agricultura (Harper, 1974); Hart lo define como un ecosistema conformado por poblaciones de plantas y animales con valor agronómico, junto con otras poblaciones bióticas que interactúan con estas y el medio ambiente físico y socioeconómico. Difieren de los ecosistemas naturales porque su desempeño es regulado por la intervención del hombre (Hart, 1985); Ruiz dice que es una unidad de estudio y práctica de la actividad agrícola, en sentido amplio, bajo un enfoque agroecológico y sistémico, siendo el lugar donde interactúan los factores tecnológicos, socioeconómicos y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores del ser humano, a través del tiempo (Ruiz, 1995); Altieri, dice que los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y

procesamiento humano (Altieri, 2002); Gliessman, especifica que es un sitio de producción agrícola, producción de alimentos en su totalidad, incluyendo el complejo conjunto de entradas y salidas y las interacciones entre sus partes (Gliessman, 2002); Martínez y colaboradores dicen que el agroecosistema es un modelo conceptual de la actividad agrícola en su nivel mínimo de control cibernético humano (Martínez *et al.*, 2004); Vilaboa, y colaboradores lo definen como un modelo conceptual y método de investigación, se aplica a los sistemas de producción bovinos para abordar aspectos agroecológicos, físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales, entre otros, que ocurren en las unidades de producción (ranchos ganaderos) de los productores; lo que permite abarcar la complejidad de fenómenos desde diversos enfoques, dependiendo del interés de la investigación (Vilaboa *et al.*, 2009); Martínez y Bustillo lo consideran como una unidad óptima para el estudio de la agricultura y para su propia transformación; está integrado a un sistema agrícola y rural regional a través de cadenas producción- consumo, con interferencias de política y cultura de instituciones públicas y privadas. El AES es un sistema contingente abierto y construido a partir de la modificación social de un sistema natural, para contribuir a: 1) La producción de alimentos, materias primas y servicios ambientales que la sociedad en su conjunto demanda; 2) Al bienestar de la población rural, y 3) A su propia sostenibilidad ecológica. El AES posee procesos dinámicos de retroalimentación y control, regulados y autorregulados, como respuesta a variaciones internas y de su entorno. La dimensión espacial, biodiversidad y objetivos del Agroecosistema dependen del tipo de controlador que lo regula, de los recursos que éste maneja y de su interrelación con el entorno complejo (Martínez y Bustillo, 2010); Flores y Sarandón, dicen que son sistemas (conjunto de componentes interrelacionados de determinada manera para cumplir un fin) ecológicos asociados a variables socioeconómicas, que tienen por fin la producción de bienes y servicios de importancia económica (Flores y Sarandón, 2014); Casanova y colaboradores lo definen como un modelo que representa los efectos de la autopoiesis de los sistemas de producción de subsistencia, en transición y comercial, planteamiento teórico conceptual que posibilita abordar

la complejidad de la agricultura mexicana contemporánea y, por ende, comprender el porqué de una serie de prácticas de manejo que los productores han utilizado para modificar diversos ecosistemas ubicados en variados espacios geográficos con el propósito de producir alimentos y materias primas (Casanova *et al.*, 2015); en el 2016 Casanova y colaboradores lo definen como un modelo conceptual que representa a la realidad agrícola, cuyo sistema psíquico (productor) es el receptor de la autopsiéis del sistema agricultura (Casanova *et al.*, 2016). Platas y colaboradores lo definen como un proceso de producción histórica y socialmente determinado pero naturalmente condicionada, donde se establece el manejo del hombre para su aprovechamiento mediante la adaptación, modificación e interacción con los recursos naturales en la producción de alimentos y servicios que requiere la sociedad través de la ley de la oferta y la demanda (Platas *et al.*, 2017).

Hay varias concepciones del agroecosistema: la ecosistémica, la espacio-temporal, la cibernética, la unitaria, la modeladora, la evolutiva, la diagnóstica, la sistémica y la autopoietica (García *et al.*, 2010). Con base al análisis de los conceptos ningún autor menciona que se tiene que analizar el sistema superior del AES para poder comprenderlo y tener una visión holística de la realidad y su planeación es a corto plazo, para ello es necesario la prospectiva estratégica como una herramienta necesaria para tomar mejores decisiones en el momento de transformar al AES para la producción de alimentos a largo plazo.

1.3.3 Concepto y modelo del agroecosistema desde la visión prospectiva

De acuerdo al análisis de los diferentes conceptos del agroecosistema, en este trabajo de investigación no se utilizó el concepto de otro autor si no que planteo un concepto propio de agroecosistema:

El agroecosistema (AES), es una representación de la realidad para analizar los fenómenos complejos y de incertidumbre (sociales, económicos, políticos, culturales y tecnológicos), de su sistema superior para tener una visión holística de la realidad y poder tomar decisiones fundamentadas en el momento de transformar a la naturaleza para la producción de alimentos de manera sustentable a largo plazo. El AES, al ser un sistema de producción, la ley científica más general que se aplica es la ley económica de la oferta y la demanda.

En la (Figura 1) se muestra el modelo conceptual del AES con caña de azúcar. Inicia con la materia prima la caña de azúcar, que la proveen los productores, esta se lleva a los ingenios donde a través de un sistema la transforman en azúcar, para poder analizar este proceso es necesario la teoría general de sistemas. El azúcar se distribuye al mercado nacional e internacional donde generalmente su precio está regido por la oferta y la demanda (teoría económica), aquí en el sistema superior se involucran fenómenos complejos, que tienen que ser analizados (teoría de la complejidad), mediante la prospectiva estratégica para que los controladores del AES tomen las mejores decisiones a la hora de modificar al AES para la producción sustentable de la caña de azúcar a largo plazo.

Modelo de AES con caña de azúcar

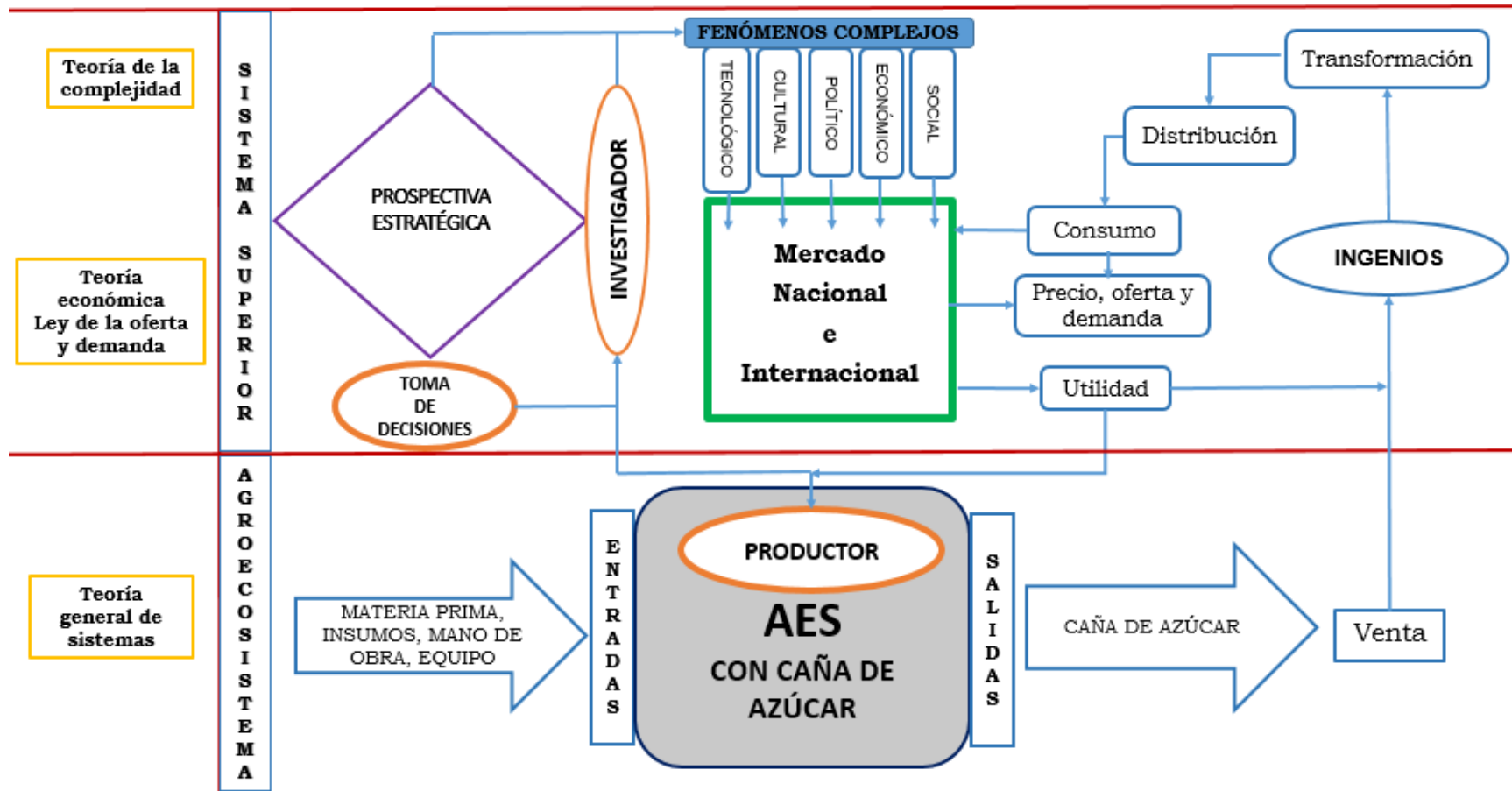


Figura 1. Modelo conceptual del AES con caña de azúcar
Fuente: elaboración propia

1.4 Teoría económica

Para poder comprender al AES es necesario analizar los problemas de su sistema superior aquí se encuentran todos los fenómenos complejos y llenos de incertidumbre (sociales, económicos, políticos, ambientales y tecnológicos). El AES, al ser un sistema de producción, la ley científica más general que se aplica es la ley económica de la oferta y la demanda, e incluso, para las unidades de producción de autoconsumo y semimerchantiles.

La teoría económica se divide en dos: por un lado, está lo que se denomina microeconomía y, por otro, la macroeconomía (Figura 2) (Resico y Timor, 2011).

La microeconomía analiza los individuos económicos es decir a los productores y consumidores, está constituida por la serie de hipótesis teóricas que explican el funcionamiento de los mercados individuales. A la vez, está conformada por cuatro partes principales: la teoría del mercado, la teoría de la demanda y el consumidor, la teoría de la oferta, la empresa y la producción y la teoría acerca de las estructuras de los mercados.

La macroeconomía analiza el agregado de los productores y consumidores, está constituida por la serie de hipótesis teóricas que explican el funcionamiento de una economía nacional. Por ello estudia variables agregadas, que no agrupan los comportamientos individuales según el mercado al que pertenecen, sino según la función en el contexto de una economía nacional. A la vez, puede subdividirse en cuatro grandes partes principales, a saber: la teoría de los ciclos, la teoría de las finanzas públicas, la teoría del dinero y el crédito, y la teoría de la economía internacional.

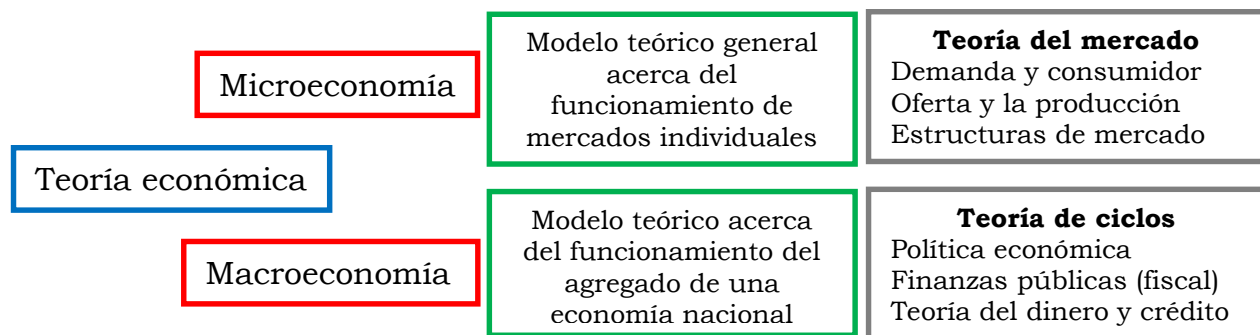


Figura 2. Modelo de la teoría económica (Resico y Timor, 2011)

La teoría económica que se aplicó en el trabajo de investigación fue la ley de la oferta y la demanda, en el marco de economía de mercado. Dicha teoría tiene los siguientes supuestos:

Productor:

- ✓ Maximiza su ganancia bajo las restricciones de su tecnología
- ✓ No tiene influencia en los precios de mercado de los productos e insumos
- ✓ Enfrenta precios positivos

Consumidor:

- ✓ Maximiza su utilidad bajo las restricciones de su presupuesto
- ✓ No tiene influencia en los precios de mercado
- ✓ Tiene preferencias monotónicas, es decir, entre más consume es mejor

Mercado:

- ✓ Todo lo que se produce se consume oferta igual a demanda
- ✓ No hay influencia en los precios de mercado

1.4.1 Ley de la oferta y la demanda

El funcionamiento del mercado se puede describir, en términos de la teoría económica, a través de la ley general de comportamiento de la oferta y la demanda. Los compradores de un determinado bien o servicio son agrupados en el concepto de demanda, mientras que los vendedores del bien o servicio en cuestión son agrupados bajo en concepto de oferta.

De acuerdo con la ley de la demanda, la cantidad demandada de azúcar tiende a disminuir cuando sube su precio y viceversa, la demanda aumenta al disminuir el precio, lo cual en términos de nuestro gráfico adjunto constituye un movimiento descendente sobre la curva de demanda (Figura 3).

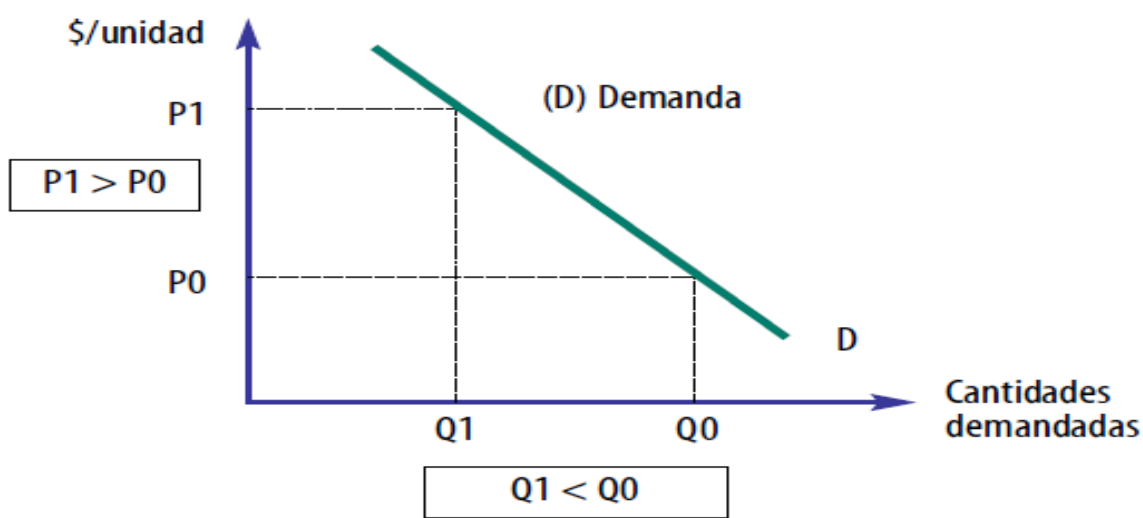


Figura 3. Curva de la demanda.

A la vez, la ley de la oferta establece que, en condiciones similares, la cantidad ofrecida de azúcar aumenta cuando sube su precio, lo cual constituiría un movimiento ascendente sobre la curva de la oferta y viceversa, la oferta baja al disminuir el precio. Por consiguiente, los precios relativamente altos incentivan a la agroindustria de la caña de azúcar a incrementar su oferta de azúcar, en tanto desalientan el consumo. Esto se debe a que los precios más altos facilitan el suministro de azúcar cubriendo el costo de los factores utilizados en la producción y generando un mayor beneficio para la agroindustria (Figura 4).

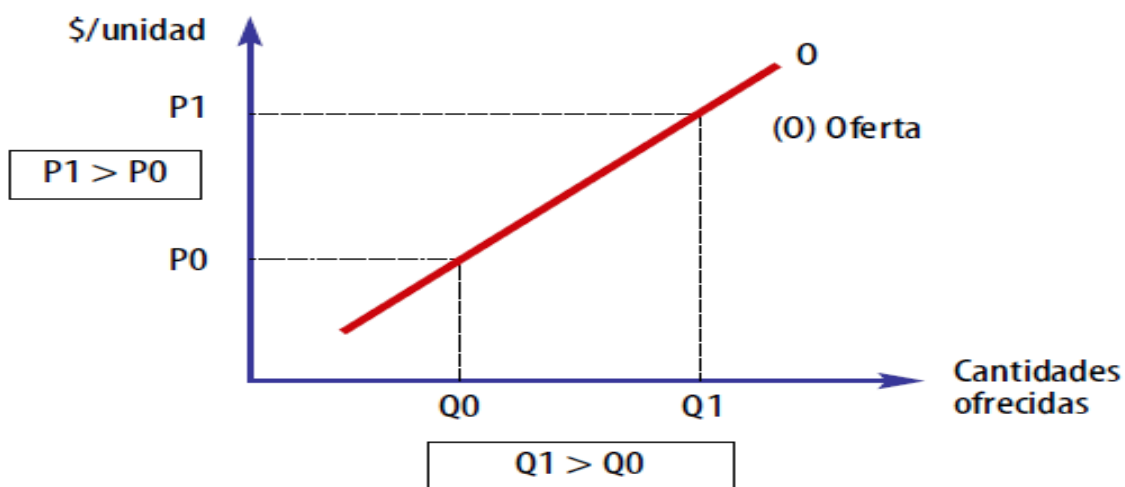


Figura 4. Curva de la oferta.

1.4.2 Equilibrio de mercado

Cuando en un determinado mercado la cantidad demandada es igual a la cantidad ofrecida, se produce lo que se denomina la cantidad de equilibrio (Q_e). Cuando la cantidad demandada es igual a la cantidad ofrecida, en este momento el precio que existe se denomina P_e o precio de equilibrio. Como veremos, el equilibrio garantiza que se realice la situación óptima para el abastecimiento de azúcar en el mercado (Figura 5).

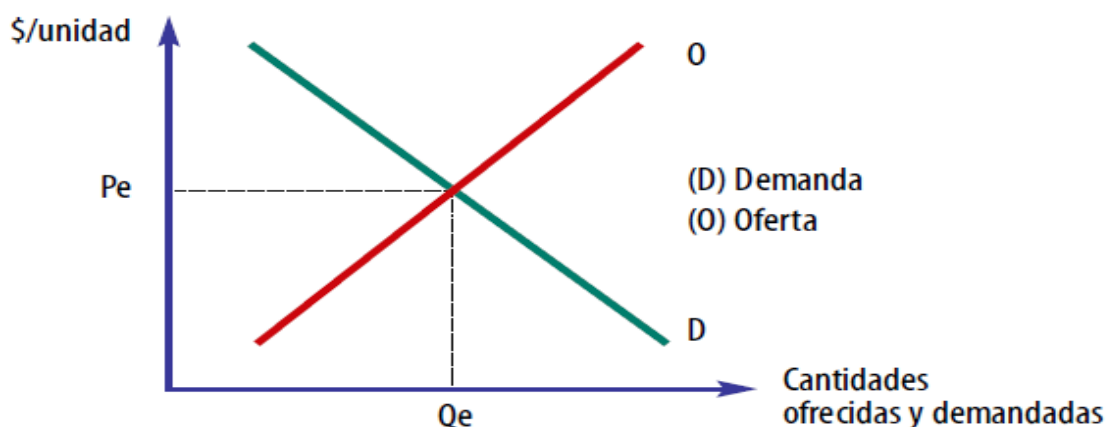


Figura 5. Punto de equilibrio.

En síntesis, cuando en un mercado se produce un exceso de demanda, y dadas las condiciones que hemos mencionado, generalmente se produce una tendencia a que el precio aumente. Por otra parte, cuando se produce un exceso de oferta generalmente se produce la tendencia contraria, es decir, la disminución del precio (Figura 6). Estas tensiones sobre el precio se mantienen hasta que se llega a un precio en el cual la cantidad ofrecida se iguala a la cantidad demandada, es decir, a la situación de equilibrio del mercado (Resico y Timor, 2011). Bajo esta condición el equilibrio de mercado es un Pareto óptimo.

MODELO	
Contexto: dominio, supuestos, marco, definiciones.	Dominio. Oferta y demanda de azúcar.
Proposiciones	Supuestos. La cantidad de equilibrio (Q_e), se determina cuando la cantidad demandada es igual a la cantidad ofrecida.
Construcción: modos o formas de operacionalización	Marco. Equilibrio de mercado
Productos: hipótesis	Definiciones. Equilibrio, oferta y demanda.
Pruebas: hechos	Proposiciones. <ul style="list-style-type: none"> El equilibrio garantiza que se realice la situación óptima para el abastecimiento de bienes en un mercado determinado.
	Modos de operacionalización. Analizar la oferta y la demanda de azúcar de caña.
	Hipótesis. El equilibrio de mercado de azúcar está en función del precio.
	Hechos. Existen modelos que explican el fenómeno de la oferta y la demanda

Figura 6: Modelo de equilibrio del mercado elaboración propia

1.4.3 Elasticidad de la oferta y elasticidad de la demanda

Conocer con exactitud cómo funciona cada mercado es costoso y tardado ya que se requieren complicadas técnicas y abundantes datos; sin embargo, se puede tener una aproximación rápida mediante el método de excedentes económicos cuyos componentes claves son las elasticidades de oferta y demanda ya que éstas reflejan cuantitativamente la conducta de compradores y productores (Vázquez *et al.*, 2011).

Elasticidad precio de la oferta de la caña de azúcar

La elasticidad precio de la oferta mide el cambio porcentual en la cantidad ofrecida ante el cambio porcentual del 1 % en el precio. Para comprender la elasticidad de la oferta de la caña de azúcar se toma el coeficiente (Figura 7) (Vázquez *et al.*, 2011).

Producto	Función matemática	Estimador de β (error estándar)	R^2	Elasticidad precio de la oferta
Caña de azúcar	Lineal	22,361 (22,106)	0.7112	0.1663496

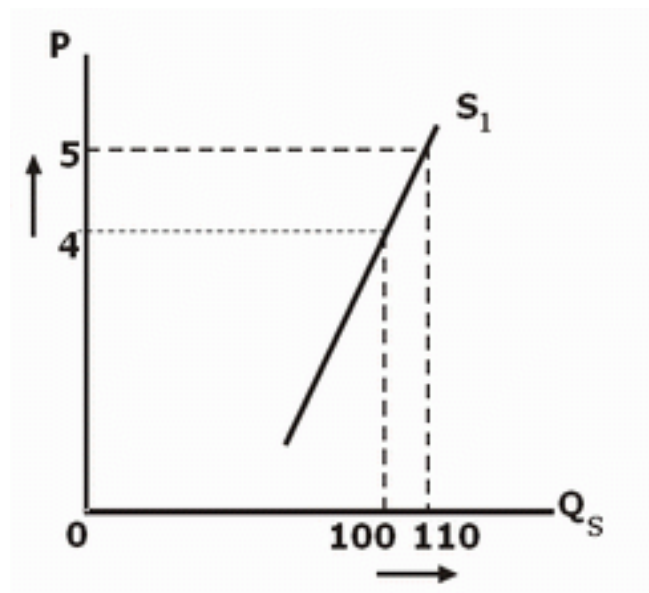


Figura 7. Coeficiente del precio de la oferta de elasticidad de la caña de azúcar

La elasticidad del precio de la oferta de la caña de azúcar es 0.1663496 por lo cual es menor que 1. Si el valor es menor que 1, se dice que la elasticidad es inelástica; esto significa que las cantidades ofrecidas reaccionan poco ante los cambios en los precios del bien.

Elasticidad precio de la demanda de la caña de azúcar

La elasticidad precio de la demanda mide la variación porcentual de la cantidad demandada de un bien por unidad de tiempo, ante el cambio porcentual del 1 % en el precio del mismo bien, (Figura 8) (Vázquez *et al.*, 2011)

Producto	Función matemática	Estimador de β (error estándar)	R^2	Elasticidad precio de la demanda
Caña de azúcar	Semi logarítmica	-0.162 (0.140)	0.0162	-1.0363896

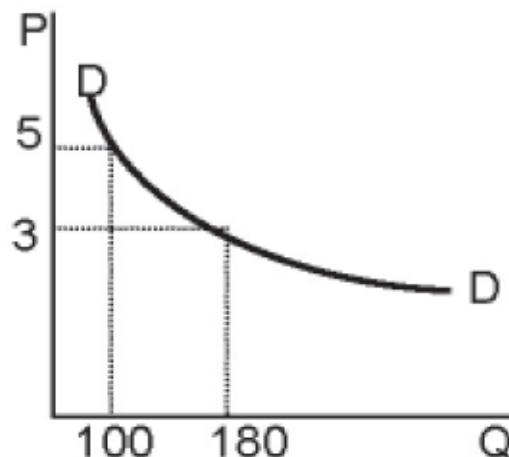


Figura 8. Coeficiente del precio de la demanda de elasticidad de la caña de azúcar

La elasticidad del precio de la demanda de la caña de azúcar es -1.0363896 por lo cual es mayor que 1. Valores de las elasticidades precio mayores que 1 indican que los cambios porcentuales en los precios tienen un impacto más que proporcional en la demanda de la mercancía; en estos casos se afirma que las elasticidades son altas y las demandas son elásticas.

La caña de azúcar tiene un consumidor monopólico regionalmente que es el ingenio al no haber una competencia perfecta, existe una fórmula para determinar el precio establecida en la Ley General para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, este se calcula tomando en cuenta el precio promedio del azúcar estándar en diferentes regiones del país, los precios de exportación del azúcar, el precio de referencia y el KARBE neto teórico, aproximadamente el 57 % de este precio de referencia establecido se paga a los productores por su caña de azúcar.

1.5 Teoría de la Complejidad

La teoría de la complejidad permite entender que el papel de los agroecosistemas es solo una de las condiciones del bienestar, o desarrollo, o producción, para las personas, en interacción con otras variables económicas, sociales, culturales, ambientales y políticas.

Desarrollo es bienestar y bienestar es alta calidad de vida. En la década de los cincuentas se asoció al crecimiento económico, medible por los índices de expansión de la producción industrial y de la elevación del nivel de vida. El concepto de desarrollo consistía en admitir que el crecimiento industrial generaba desarrollo económico el cual a su vez procuraba desarrollo social y este finalmente facilitaba la plenitud humana. De esta manera se consolidaba un mito, según la afirmación de Morín (1990), que nos lleva a sacralizar la relación homo sapiens / homo Faber como un hito definitivo del desarrollo social (Morín, 1990).

Es evidente que, si la clave del bienestar se encontraba en la producción de bienes y de servicios, que es el resultado de los agroecosistemas, el motor de este fenómeno sería el avance y la innovación científico – tecnológica, en síntesis “el conocimiento” y su aplicación que haría del binomio homo sapiens / homo Faber el soberano del universo.

Las naciones de alto desarrollo se apegaron a este esquema y generaron riqueza de manera abundante, especialmente en la década de los cincuenta. Pero, paradójicamente, el florecimiento económico traería consigo nuevos males y disfunciones sociales que se hicieron evidentes en las crisis de los sesentas.

Quedaba probado que la linealidad: innovación científico tecnológica - desarrollo industrial - crecimiento económico no necesariamente generaba bienestar y calidad de vida.

La solución tampoco estaba en el administrador de la riqueza. En los cincuentas y sesentas estuvieron en competencia dos propuestas, a este respecto. El mercado y la economía privada, por una parte. Por otra, el plan y la economía de estado. Con la desaparición de la guerra fría, se impone la prevalencia de la primera sobre la segunda y la puesta en marcha de una economía que resucita

los principios liberales de la “mano invisible” de Adam Smith, a finales del siglo XVIII, la cual por esta razón se denomina “neoliberal”.

En realidad, el problema de la eficacia del desarrollo puede estar en la manera como se lea la realidad y por ende en la forma como se aborden las soluciones. La causalidad lineal: innovación - producción - riqueza - desarrollo social no podía ser eficiente porque la realidad no es lineal.

Los primeros estructuralistas (Saussure, Levi Strauss) probaron que la realidad era un todo compuesto por elementos que actuaban de manera interdependiente. La teoría de sistemas cristalizó esta afirmación y, posteriormente, la teoría de la complejidad de Morín (1990). Según este pensador francés es imposible comprender la verdad de manera unidimensional sin incurrir en graves errores, pues la auténtica lectura es multidimensional. Como en el estructuralismo, las partes del todo se entrelazan en un estrecho tejido cuyos elementos son mutuamente solidarios. Las dimensiones múltiples de esta tupida telaraña que es la realidad se explican por tres leyes: dialógica, recursiva y hologramática.

El principio dialógico permite constatar la convivencia de los contrarios (la sociedad necesita de la vida y de la muerte de sus individuos). El principio recursivo explica que la causalidad nunca es de una vía sino de doble vía (la sociedad produce los individuos, a su vez las interacciones de los individuos producen la sociedad). El principio hologramático supone que el todo vale más que la suma de sus partes y, a su vez, cada parte tiene valores en el todo.

Si aplico estos principios al agroecosistema tenemos que:

El sistema superior del agroecosistema está compuesto por dimensiones: económicas, sociales, culturales, científico-tecnológicas, políticas, administrativas, ambientales, etc., las cuales conforman un todo. Estas dimensiones interactúan solidariamente, de modo que al afectarse una se afecta todas. Por ejemplo: una innovación tecnológica supone una decisión política y una forma de gestión. Trae consigo repercusiones económicas, pero también

supone cambios sociales y posiblemente culturales, que irá a modificar el medio ambiente.

Dialógicamente, el agroecosistema tiene relación con formas tradicionales de producción (en aras de defender el medio ambiente, por ejemplo).

Recursivamente, el agroecosistema aumentan la productividad y a su vez la productividad exige cambios en los agroecosistemas, en una espiral indefinida.

Hologramáticamente, el agroecosistema sobrepasa la simple sumatoria de las dimensiones económica, social, cultural, científico tecnológica, política, ambiental. Pero a su vez, la dimensión cultural, por ejemplo, tiene condiciones y características que exceden el concepto mismo de sustentabilidad.

La concepción del agroecosistema como una realidad compleja nos obliga a salir de la unidimensionalidad de analizar el impacto de la ciencia y la tecnología solamente desde lo económico y nos anima a concebir el cambio científico tecnológico inmerso en la maraña de la complejidad, influyendo e interactuando con lo económico, lo social, lo cultural, lo ambiental y lo político.

Por lo anterior, el análisis prospectivo de la agroindustria de la caña de azúcar parte de la necesidad de reconocer sus opciones de desarrollo relacionando el cambio científico tecnológico esperado para el futuro y pertinente para la agroindustria.

Gastón Berger dice que la prospectiva es ante todo una actitud de concebir el futuro para obrar en el presente (Godet, 1991b). En este concepto se hallan los elementos que nos permiten precisar el enfoque de la prospectiva nacional de la agroindustria de la caña de azúcar.

1.6 Estudios de futuro

La percepción del futuro fue durante mucho tiempo determinista y lineal. Podríamos afirmar que este concepto está íntimamente relacionado con la manera como la ciencia solía leer la realidad. La física occidental, apuntalada en los planteamientos de Newton, concibe al mundo dentro de leyes deterministas en las que el futuro y el pasado juegan el mismo papel. El físico francés Pierre Simón Laplace, en el siglo XIX, lo explica asimilando la naturaleza a una máquina

perfecta de tal manera que si conociéramos las condiciones iniciales de los fenómenos podríamos predecir su evolución futura y volver a sus condiciones pasadas.

Con el andar del siglo XX, la teoría de Newton comenzó a ser revisada. Primero con la aparición de la termodinámica y luego con la teoría del “caos”. La física mecánica newtoniana era lineal y aceptaba que los fenómenos naturales eran predecibles ya que bastaba con identificar su funcionamiento.

La termodinámica introdujo la noción de entropía o principio de degradación de la energía, según la cual las leyes de la evolución de un fenómeno dan lugar a estructuras disipativas (Prigogine, 2000). Esto es que pueden evolucionar de manera diferente a la concepción lineal de la física mecánica. Cerca de su punto de equilibrio, la termodinámica describe un mundo estable, pero una vez se aleja del punto de equilibrio pueden aparecer múltiples variaciones. Las viejas estructuras se vuelven inestables y se desarrollan nuevas estructuras. Este nuevo enfoque de la realidad solo se puede comprender dentro del ámbito de la complejidad.

La teoría del caos vino solamente a completar la explicación de esta realidad. Su autor, Edward Lorenz, decía que en el corto plazo era posible predecir la evolución de un fenómeno, pero que en el largo plazo se presentaban bifurcaciones que hacían imposible reconocer los múltiples caminos que podía tomar dicho fenómeno en su evolución (Lorenz, 2008).

El premio Nobel de química Ilya Prigogine que, por lo anterior, menciona que la naturaleza es impredecible. “Esto señala el final de las certezas y la emergencia de los futuros plurales” (Prigogine, 2000).

Todos los seres humanos ponemos en práctica nuestro pensamiento por medio de una “lengua” o “idioma”. Así lo demostró Ferdinand de Saussure, considerado el padre de la lingüística, en su obra famosa “Curso de Lingüística General”. Saussure hace diferencia entre lenguaje y lengua. El lenguaje es la facultad de pensar, que si queremos ponerla en práctica necesitamos de una lengua (de Saussure, 1976). Pues bien, aun cuando todas las lenguas tienen diferentes maneras de recortar la realidad, todas coinciden en oponer semánticamente la

realidad de hoy, diferenciándola de la realidad de ayer y ambas de la realidad de mañana.

La relación pasado – presente – futuro es fundamental para entender el papel de la prospectiva ya que entre estos tres tiempos ocurre una relación de causalidad. Así pues, el presente se explica por el pasado o, dicho de otra forma, el pasado es la causa del presente. Esta afirmación la podemos constatar advirtiendo las situaciones de nuestra vida, de una organización, de una empresa, incluso del país, porque lo bueno o malo que nos acontece o lo que sucede a la empresa, a la organización, a la ciudad, al país, se explica por las decisiones afortunadas o desafortunadas que se tomaron en el pasado. De igual manera, cuando estemos en el futuro, lo que vivamos en ese momento, bueno o malo, se podrá explicar por las decisiones, acertadas o desacertadas, que se estén tomado hoy. Esto quiere decir que lo que vaya a ocurrir en el futuro, dentro de cinco, diez o más años, se está decidiendo en el momento actual (Mojica, 2015).

Cabe recalcar que la forma de crear y definir el futuro es diferente para cada autor, por ejemplo, para Berger el futuro es lo que nos permite aproximarnos a circunstancia que podrían o no ocurrir, mas no es un obstáculo. Para Berger es fundamental tener una amplia visión sobre las variables que pueden influir directa e indirectamente en el futuro para así poder estudiarlas profundamente (Godet y Durance, 2011).

1.6.1 Corrientes de pensamiento de los estudios de futuro

El nacimiento de los estudios de futuro en los Estados Unidos está relacionado con la “Rand Corporation” en Santa Mónica, California, que en el año de 1948 albergó a los autores del método “Delphi” Olaf Helmer, Theodor Gordon (Jouvenel, 2004). Posteriormente, otro ilustre futurista, Hermann Kahn, creó otra institución de gran renombre, el “Instituto Hudson”, llamado así por haber nacido en la ciudad Croton-on-Hudson, en el estado de Nueva York HUDSON INSTITUTE. Kahn fue muy conocido por el libro “El Año 2000”, obra que escribió a comienzos de la década del sesenta y por su estudio “The Emerging Japanese Superstate” (La emergencia de Japón como súper estado), editado por aquella

misma época. La década de los sesenta fue fructífera en inquietudes sobre el futuro, en torno a lo cual se enfocaron tres temas que por aquellos días capturan la atención: los recursos de la tierra, la conquista del espacio y el florecimiento de la ciencia y la tecnología. Por esta época el sociólogo Daniel Bell escribe un artículo que recoge las tendencias científico tecnológicas y las previsiones del momento en un artículo denominado “Hacia el año 2000” “Toward the year 2000” y en 1966 se funda la “Sociedad del Futuro del Mundo” “The World Future Society” como una necesidad de congregar a los primeros pensadores estudiosos del porvenir (Jouvenel, 2004).

La prospectiva nace en Francia, a finales de los años cincuenta. Su fundador fue el filósofo y hombre de negocios Gastón Berger 1962 quien en un artículo de la “*Revue des Deux Mondes*”, bautiza a esta disciplina con el nombre de prospectiva, palabra que toma del verbo latino “*prospicere*” que significa “ver hacia adelante”. Los planteamientos de Gastón Berger se ven enriquecidos por la misma época por otro filósofo, Bertrand de Jouvenel quien en 1964 escribe una obra maravillosa que constituye otro de los hitos de la corriente francesa: “El Arte de la Conjetura” título que al mismo tiempo representa una de las mejores definiciones de esta nueva disciplina (Jouvenel, 1964). Cuatro años antes, había fundado el “Comité Internacional Futuribles” al cual se involucraron diferentes personalidades provenientes de diferentes países del mundo.

El tercer padre fundador de la prospectiva es, sin lugar a duda, Michel Godet porque, si tanto Berger como Jouvenel aportaron las bases conceptuales de esta disciplina, Michel Godet le dio un modelo y una base matemática. Con mucha certeza se ha dicho que la prospectiva se hubiera podido quedar solo como una disquisición filosófica, si no hubiera aparecido Michel Godet, con sus obras “Prospectiva y Planeación Estratégica” en 1985, “El Porvenir Diferente” en 1991, de “De la Anticipación a la Acción” en el 2007 y el “Manual de Prospectiva Estratégica” constituyen un invaluable aporte a esta nueva disciplina de las ciencias humanas.

1.6.2 La escuela determinista

La primera corriente que podemos llamar “determinista” está basada en la inclinación a reconocer el comportamiento tendencial de los fenómenos que se estudian. Se asume que, si estos fenómenos muestran tendencias fuertes, serían capaces de imponerse por encima de las decisiones humanas. Tal afirmación es evidente en el campo tecnológico, donde la fuerza de las tendencias se abren paso por si solas. Por ejemplo, la migración de las actividades analógicas a digitales.

Podemos constatar que cada vez desaparecen más procesos analógicos que son remplazados por actividades digitales. Es el caso de las actividades financieras, cada vez son más frecuentes las operaciones por internet en detrimento de las diligencias tradicionales que suponían la presencia física de las personas. Las grandes tendencias se denominan “mega tendencias”, por ejemplo, la “globalización”, la “sociedad del conocimiento” o la “sociedad de la información”. Son fenómenos dotados de mayor vigor que las simples tendencias cuya existencia es más fuerte que la voluntad de la mayoría de los seres humanos.

El pensamiento determinista esta escuela lee la realidad de manera lineal, aborda el futuro como algo identificable o pronosticable. A esta teoría pertenece el “forecasting” y su método el “Delphi”, el cual, como es de esperarse, tiene como finalidad determinar la probabilidad de ocurrencia de eventos en un horizonte determinado en el futuro. El “Delphi” actualmente se utiliza especialmente para identificar las innovaciones tecnológicas esperadas para los próximos 20 o 30 años.

1.6.3 La escuela voluntarista

Conceptualmente, la prospectiva está apoyada en dos teorías: la teoría de la complejidad expuesta por Edgard Morín y el concepto de construcción del futuro, referenciado por los fundadores de la prospectiva, Gastón Berger y Bertrand de Jouvenel y amparado por el pensamiento Blondeliano de la “filosofía de la acción”.

La prospectiva estratégica es de origen francés, sus fundadores fueron los filósofos Gastón Berger y Bertrand de Jouvenel en los cincuenta y sesenta. Esta

corriente de los estudios de futuro está basada en la identificación de futuros posibles o “futuribles” para escoger el más conveniente y construirlo desde el presente. Para la prospectiva el futuro irá a ocurrir en la medida en que lo preparemos por medio de acciones precisas.

El concepto no es extraño al pensamiento y la literatura francesa, Anatole France, uno de los primeros premios nobel de literatura decía “el futuro está oculto detrás de los hombres que lo hacen”. Ahora bien, articulada con la prospectiva y con el forecasting está la estrategia. Estrategia y prospectiva son como “dos amantes inseparables” (Godet *et al.*, 2000), el tercer fundador de esta última disciplina. El hecho es que, si la prospectiva nos muestra cuáles son las alternativas de futuro que puede tener la agroindustria de la caña de azúcar, la estrategia nos dice como construir el futuro que más conviene. La una sin la otra no tendría sentido. La prospectiva consiste en la exploración de los futuros posibles, es decir, de lo que puede acontecer. La estrategia consiste en lo que puede hacerse. Ambas disciplinas son indispensables en el mundo actual y debemos familiarizarnos con ellas, si queremos estar en la frontera del conocimiento. La razón es la alta velocidad del cambio. Los fenómenos económicos, sociales, tecnológicos, geopolíticos se modifican con vertiginosa rapidez. Y, mientras más veloz sea el cambio, más urgente es el análisis del futuro y la necesidad de la estrategia.

Por todas estas razones, si la agroindustria de la caña de azúcar se deja enmarañar en la urgencia del presente no está diseñada para ser triunfadora porque, en cualquier momento, se verá sorprendida por el futuro.

Esta disciplina de los estudios de futuro responde a los retos del mundo moderno, señalando a la agroindustria de la caña de azúcar que estudiar para construir su futuro, no es solamente factor de competitividad, sino también presagio de vitalidad, como lo declaraba la escritora Simone de Beauvoir: “Optar por la vida es escoger el futuro. Sin este aliciente que nos impulsa hacia delante, seríamos menos que insignificantes sobre la superficie de la tierra”.

Su misión no es adivinar el futuro sino construirlo y, para ello, requiere reconocer diferentes alternativas de futuro con el objeto de compararlas y elegir una de ellas. Para esta escuela el futuro no es único, lineal y probable, sino múltiple e

incierto. Bertrand de Jouvenel, en su ya mencionada obra “El Arte de la Conjetura”, demuestra que en realidad no existe un solo futuro sino muchos futuros y que, por lo tanto, además del “futuro probable”, hay otros futuros posibles que él llama “futuribles”, palabra que es la asociación de los vocablos “futuros” y “posibles” (Figura 9).

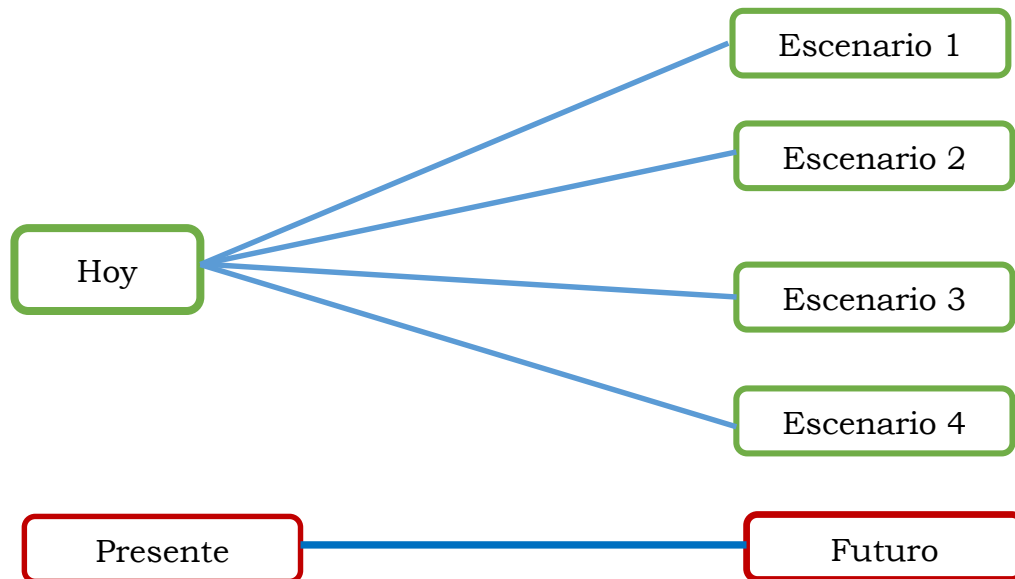


Figura 9. Concepción del futuro como una realidad múltiple.

Si el futuro es múltiple y no único, desaparece el interés por predecirlo, de modo que los diferentes futuros posibles tienen solamente la función de mostrarnos alternativas de lo que podría suceder. Estas alternativas se denominan “escenarios” los cuales cumplen solamente la función de señalarnos situaciones eventuales que podrían acaecer años adelante.

Lo más importante del futuro como realidad múltiple radica en poder comparar los diferentes futuros, examinar las implicaciones que tendría cada uno si llegase a suceder y finalmente elegir el más conveniente.

Ahora bien, como la elección es un acto de la voluntad, esta corriente se denomina “voluntarista”. Sin embargo, no toda elección es aceptable, para que sea válida se requieren dos condiciones: primero, que quien realice la elección tenga suficiente información para hacerlo. Esto quiere decir que expertos poco informados no estarían en capacidad de hacer la elección del escenario más

conveniente para la agroindustria de la caña de azúcar. Segundo, que quien elija lo haga en ejercicio de su libertad. En el caso de la agroindustria de la caña de azúcar, esta segunda condición se refiere a la capacidad de elegir que tienen los expertos, es necesario que quienes lo hagan tengan poder de decisión, por eso la aplicación de los talleres con CONADESUCA (Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar).

En la capacidad de preferir la mejor opción radica la fuerza de la prospectiva, pero la imagen adoptada no podrá convertirse en realidad sino cuando quienes la escogieron hagan lo necesario para que ocurra. Es decir, cuando se lleven a cabo las estrategias requeridas para que el futuro elegido se convierta en realidad. Por ello, es importante recordar la frase del filósofo Maurice Blondel que se ha tomado como el slogan de la prospectiva voluntarista “el futuro no se predice sino se construye”. Podríamos afirmar que la construcción del futuro es la esencia de la escuela voluntarista. La construcción del futuro la explica Michel Godet, por medio de la teoría del “triángulo griego” (Figura 10).

El futuro lo construyen los actores sociales desde el presente.

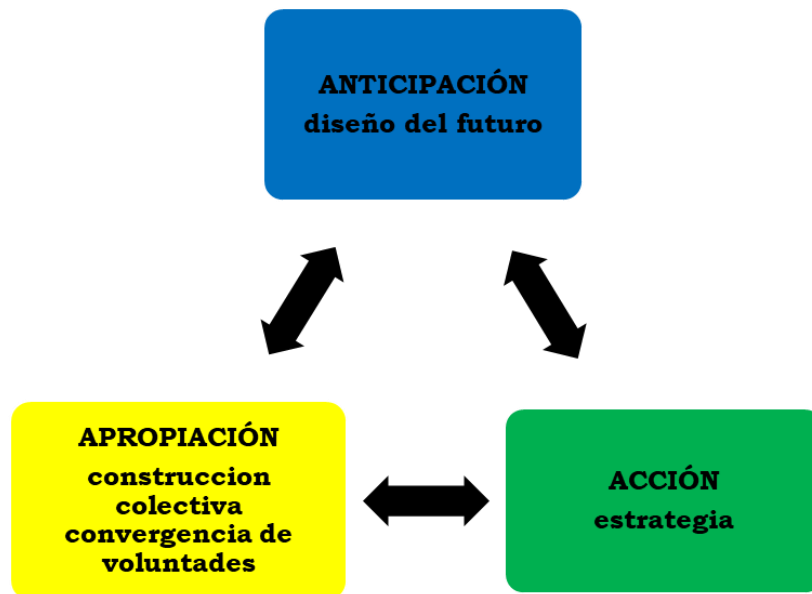


Figura 10. Triángulo griego (Godet, 2007).

Godet se vale de la teoría de los colores de Isaac Newton para explicar la construcción del futuro. El color azul simboliza el futuro, pero recordemos que el futuro en el diseño de los escenarios es solo una conjetura y que podría quedarse como tal si no se hace nada para procurar su realización, en consecuencia, si queremos que ocurra es necesario comenzar desde hoy a construirlo por medio de la estrategia. Godet asigna a la estrategia el color verde. Recordemos además que el futuro (simbolizado por el color azul) debe iluminar la acción del presente. En la simbología de los colores, el azul debe convertirse en verde y según la teoría de Newton, esto se logra solo por medio del color amarillo. Para Godet, el amarillo corresponde a la presencia de los actores sociales que congregados llevan a cabo la construcción colegiada de su propio futuro lo cual les genera motivantes colectivos, en la medida en que ocurre en ellos una convergencia de voluntades para realizar los cambios y llevar a cabo las acciones que se requieren.

Si llevamos esta teoría a la prospectiva de la agroindustria de la caña de azúcar, la visión de futuro que salga del escenario elegido sirve para iluminar las estrategias por medio de las cuales se va a construir ese futuro, pero esto ocurre solamente cuando, tanto el diseño de los escenarios como la definición de las estrategias lo realizan los expertos de la agroindustria de la caña de azúcar.

Si bien las corrientes “determinista” y “voluntarista” difieren diametralmente por su concepción de la realidad, en la práctica se requieren tanto las tendencias que nos señala la corriente “determinista” como el diseño de los escenarios y la percepción múltiple de la realidad que nos indica la escuela “voluntarista”.

De hecho, en el análisis de la agroindustria de la caña de azúcar se requiere la información sobre las tendencias tecnológicas que, como se dijo son de índole “determinista”, pero también tendremos necesidad de diseñar los escenarios de futuro en que se podría encontrar la agroindustria de la caña de azúcar y para ello iremos a necesitar variables de tipo económico, social, cultural, ambiental, político, etc. con las cuales estaríamos construyendo el futuro.

Ambos tipos de variables son indispensables. Si conociéramos solo las tendencias tecnológicas que irían a marcar el futuro de la agroindustria de la

caña de azúcar, habríamos identificado únicamente una parte de la realidad, porque no podemos afirmar que el cambio hacia el futuro depende solamente de los factores tecnológicos. Asimismo, si solamente hubiéramos reconocido los factores económicos, sociales, etc. tendríamos igualmente una visión muy recortada de la realidad, porque nos estarían haciendo falta nada menos que la información sobre el cambio tecnológico.

Estos requerimientos mutuos de las diferentes familias de variables se explican por medio de la “teoría de la complejidad” que es una de las bases conceptuales de la prospectiva estratégica. Esto quiere decir que no podemos concebir la realidad de manera fragmentada sino dentro de un todo, dentro del cual sus diferentes partes se conectan e influyen mutuamente dando lugar a situaciones múltiples de interdependencia. De esta manera, los fenómenos tecnológicos, económicos, sociales, culturales, ambientales, políticos se mantienen en una constante relación de causa y efecto mutuo. Esta situación de absoluto dinamismo genera un contexto dentro del cual operan los elementos que conforman el todo.

En la (Figura 11) nos da una idea aproximada de la contextualización de los fenómenos dentro de cuya teoría concebimos y leemos la realidad del presente y las alternativas del futuro. Percepción de las variables para el análisis prospectivo dentro de un concepto sistémico y complejo de la realidad

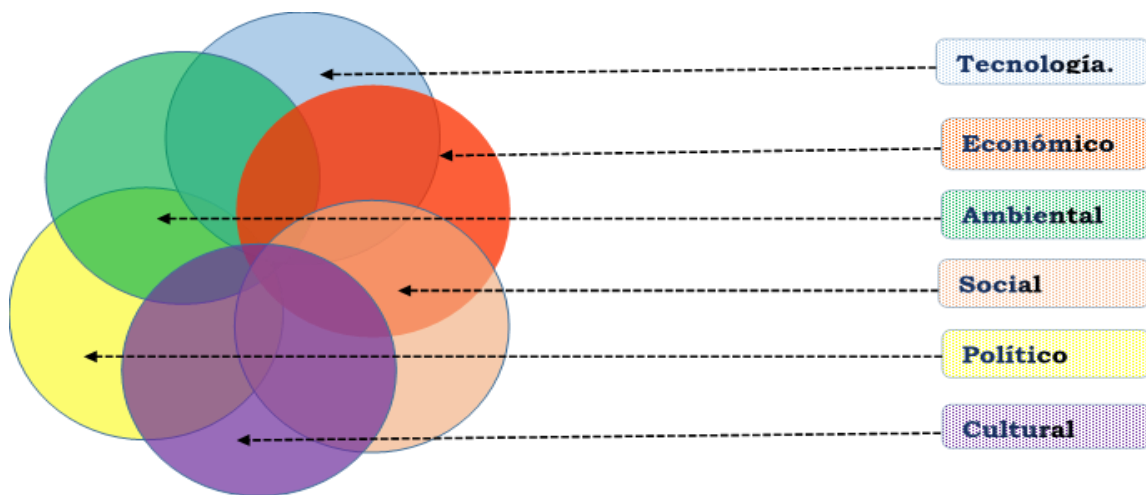


Figura 11. Fenómenos complejos y de incertidumbre (Mojica, 2015)

Si bien estas dos vertientes de los estudios de futuro señalan interpretaciones diferentes de la realidad, en la práctica se complementan y se apoyan mutuamente, no obstante que la primera de ellas conduzca a “pronosticar” lo que podría suceder y la segunda, tenga como propósito hacer que ocurra en el futuro la situación que más convenga.

1.6.4 Concepto y alcances de la prospectiva estratégica

Berger uno de los fundadores de la disciplina, la define como “la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él” (Berger, 1967). La prospectiva parte del concepto según el cual el futuro aún no existe, y “se puede concebir como una realidad múltiple” (Jouvenel, 1993) y que “depende solamente de la acción del hombre” (Godet, 1991a). Por tal razón, el hombre puede construir el mejor futuro posible, y para ello debe tomar las decisiones correctas en el momento apropiado (Rodríguez, 2014).

Balbi define a la prospectiva como la disciplina que ha logrado convertirse en la herramienta clave de esa construcción del futuro deseado y posible; en particular, sus últimos desarrollos, que arriban a la llamada, prospectiva estratégica, que constituyen el basamento fundamental del liderazgo y del “management” moderno (Balbi, 2008). Gil concibe la prospectiva de dos formas: como una “disciplina intelectual” o como una “indisciplina intelectual” que toma la forma de una “reflexión para iluminar la acción del presente con la luz de los futuros posibles”, en palabras del francés Godet (Gil, 2005).

Esta disciplina propone analizar las posibles evoluciones de una organización o territorio o parte de él en un horizonte de tiempo determinado, teniendo en cuenta las interacciones que estos tienen con sus entornos endógenos y exógenos, para de, esta forma, elegir su mejor alternativa de futuro posible, a través de un ejercicio colectivo donde convergen todas las voluntades de los actores relacionados con dicha organización o territorio, como una herramienta de construcción social del futuro que motiva y permite la generación de una cultura “anticipatoria”.

La prospectiva, de acuerdo con (Morot y Berger, 1964) es ante todo una actitud del espíritu de visualizar el futuro y actuar en el presente. Bajo esta perspectiva de corte voluntarista, la prospectiva se concibe de dos formas, de acuerdo con (Gil, 2005):

1. Como una “disciplina intelectual” o una “indisciplina intelectual” que toma la forma de una “reflexión para iluminar la acción del presente con la luz de los futuros posibles” en palabras del francés (Godet, 1993). Esta disciplina propone analizar las posibles evoluciones de una organización o territorio o parte de él en un horizonte de tiempo determinado, teniendo en cuenta las interacciones que ésta tiene con sus entornos endógenos y exógenos, para de esta forma elegir su mejor alternativa de futuro posible, a través de un ejercicio colectivo donde convergen todas las voluntades de los actores que tienen que ver con dicha organización o territorio.
2. Como una herramienta de construcción social del futuro que motiva y permite la generación de una cultura “anticipatoria”. Es así como todo proceso de índole prospectiva demanda la participación de todos los actores sociales que tienen que ver como una determinada realidad. Resulta improbable establecer y diseñar los cursos de acción de cualquier organización, si no se conocen los sujetos a los que estos apuntan, y menos aún desconocer sus anhelos, capacidades y experiencias (Forciniti y Elbaum, 2001).

La prospectiva estratégica se sostiene en tres estrategias esenciales: la visión de largo plazo, su cobertura holística y el consenso. Estas se conjugan armónicamente para ofrecer escenarios alternativos: ¿hacia dónde ir?, su evaluación estratégica ¿por dónde conviene ir? y su planeación táctica ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿con qué? y ¿con quién? (Figura 12).



Figura 12. Estrategias y cuestionamientos fundamentales de la prospectiva
Fuente: Elaboración propia.

En consonancia con lo anterior, hay que señalar que la prospectiva, y en especial su vertiente estratégica, uno de los pilares en que se soporta este estudio, posee dos grandes ventajas en comparación a otras corrientes de los denominados “estudios de futuro”, como la planificación de largo plazo, la planeación por escenarios, la futurología, la previsión humana y los estudios globales. En primer lugar, incorpora de forma inmediata información acerca de los retos y oportunidades a largo plazo en las decisiones inmediatas, y con ello se logra que su análisis no se realice en abstracto sino que se incorpore en la reflexión conjunta de los actuales procesos de decisión y; en segundo lugar, la prospectiva asume que en una sociedad compleja como la actual, la información y el conocimiento disponible para la acción política en el horizonte del tiempo no está centralizada y esta se distribuye en una diversidad de entes gubernamentales y actores sociales y políticos (Miles I. *et al*, 2005).

La prospectiva impulsa los cambios posibles y deseables y nos prepara para la acción; la estrategia, evalúa y toma decisiones para permitir los cambios esperados (pre-actividad) y provoca cambios deseables (pro-actividad). Esta diferencia entre la exploración de la situación y la preparación para la acción, con lleva a hacerse cinco preguntas esenciales para la agroindustria de la caña

de azúcar que definan su futuro: ¿Quién soy?, ¿Qué puede pasar?, ¿Qué puedo hacer yo?, ¿Qué voy a hacer? y ¿Cómo lo hago? (Godet y Durance, 2011)

La prospectiva nos permite visualizar el futuro y la estrategia nos proporciona las acciones que debemos emprender para alcanzarlo. De esta manera, el futuro se convierte en el mejor instrumento del presente. Entre esta variada gama de futuros posibles hay unos pocos que tienen mayor opción de suceder y que pueden ser identificados por las leyes matemáticas de la probabilidad, los cuales se denominan "futuros probables". Los futuros probables sirven de punto de referencia porque nos muestran para dónde vamos.

Mojica define la prospectiva estratégica como “una disciplina que permite analizar el futuro para poder obrar con mayor seguridad en el presente y, empleando una metáfora, se podría decir que esta disciplina ayuda a iluminar el presente con la luz del futuro”(Mojica, 2010).

Existen diversos debates frente a la diferencia entre prospectiva estratégica y planificación, muchos consideran que la prospectiva es igual a planificación, sin embargo, aunque existe una relación importante entre las mismas, a continuación, se enuncian los conceptos de cada una de ellas:

Planificación: "concebir un futuro deseado así como los medios reales para alcanzarlo" (Godet y Durance, 2009).

Estrategia: “conjunto de acciones que se llevan a cabo para lograr un determinado fin” (Astigarraga, 2016).

Prospectiva: “Ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él” (Berger, 1967).

Se puede deducir que la diferencia de la prospectiva con la planeación, es que la prospectiva genera diversos caminos y con ellos diversas formas de llegar al escenario planteado.

En el mundo turbulento de hoy, ya no es suficiente establecer qué es lo que posiblemente va a suceder como referente orientador único, sino que también es importante tener la oportunidad de contar con alternativas para, en caso de ser necesario, realizar ajustes en el mismo avance, permitiendo plantear nuevas estrategias que conduzcan al escenario apuesta.

Teniendo en cuenta lo descrito hasta el momento, y frente a la certeza de un mundo cada vez más cambiante, complejo y lleno de incertidumbres, que limita en algunos momentos el pensamiento de futuro, es importante repasar cinco ideas claves sobre la prospectiva, que (Godet y Durance, 2007) aportan:

1. Destacan que en el pasado se pueden encontrar innumerables lecciones ricas en enseñanzas con respecto al futuro, es decir, “el mundo cambia, pero los problemas permanecen”.
2. Señalan que es clave para el análisis prospectivo; poder detectar el punto crítico en donde se da la ruptura, a partir de la cual se bifurcan los futuros posibles.
3. Hacen un llamado al coraje del sentido común como “un alto a la complicación de lo complejo”, es decir, no hace falta dotarse de herramientas complejas para leer la complejidad de la realidad; de manera coherente.
4. Subrayan la importancia de verificar que las preguntas formuladas alrededor del análisis prospectivo estén bien planteadas, puesto que “no habrá buenas respuestas allá donde previamente no se establezcan las preguntas correctas”.
5. Y finalmente, advierten que el éxito del paso de la anticipación a la acción depende de la apropiación de la visión de futuro y del camino para alcanzarla.

Para este trabajo de investigación planteo un concepto de prospectiva estratégica más dinámico y completo:

Disciplina de las ciencias sociales que visualiza los escenarios futuros con visión a largo plazo y cobertura holística, mediante la reflexión conjunta de los actores sociales expertos en el diseño de las estrategias para la toma de decisiones fundamentadas para construir el escenario apuesta.

1.6.5 Las cuatro actitudes del futuro

La Prospectiva toma al futuro como su principal objeto de estudio, ya que representa un factor incierto en el cual se puede trabajar para crear todos los escenarios posibles, conociendo las actividades que se pueden desarrollar en cada uno. (Godet y Durance, 2011) nombra cuatro actitudes que se pueden tener frente al futuro:

- 1 Pasividad: Ignora el cambio, no se preocupa por plantear problemas.
- 2 Reactividad: Reacciona justo cuando se presenta el problema.
- 3 Pre actividad: Preparación para afrontar los eventos futuros.
- 4 Pro actividad: Asume el control del problema y toma la iniciativa para elaborar acciones y estrategias ante un problema, elabora las estratégicas desde el presente.

1.6.6 Pensamiento Blondeliano “filosofía de la acción”

Sus cimientos habría que buscarlos en Maurice Blondel abanderado de la “filosofía de la acción” para quien la filosofía debe tener una aplicación práctica, dijo: “el futuro no se predice sino se construye”, frase que ha sido tomada como lema de la prospectiva moderna.

Notemos, sin embargo, que la frase de Blondel es imprecisa en cuanto al sujeto. Utiliza una forma reflexiva que elude la precisión del sujeto. “se predice” “se construye”. ¿quién predice? ¿quién construye? O más bien ¿quién no debe predecir sino plantear hipótesis para elegir la mejor opción y construirla?, Godet se apresura a responder estos interrogantes con una teoría que él denomina “el triángulo griego” (Godet, 2004). Utilizando el prisma de colores de Newton, dibuja una esfera azul, una verde y una amarilla y las dispone formando un triángulo. El color azul corresponde al futuro, el cual debe iluminar la acción presente (que es la esfera verde). Pero para que el azul se convierta en verde debe pasar por el amarillo que es la “apropiación”. Este último concepto es la presencia de los actores sociales en la construcción del futuro. Con esto la frase de Blondel tiene sentido. El futuro lo construyen los actores sociales y únicamente ellos. O no lo construye nadie.

Mejor aún, el futuro lo construyen los actores sociales todo el tiempo y no solamente en un momento dado. Es decir, el análisis prospectivo es un proceso y no un producto terminado.

Si aceptáramos que los estudios prospectivos son productos terminados estaríamos aceptando que la realidad marcha por una vía lineal y sin tropiezos. Sabemos que no es así, sino que la realidad evoluciona a través de bifurcaciones que se multiplican en el mediano y largo plazo y son más impredecibles a medida que se prolonga el tiempo.

1.6.7 Sincronía y diacronía

Seguramente, sin tener en sus manos la teoría del caos, Saussure padre de la lingüística, había hablado a comienzos del siglo XX de los conceptos de sincronía y diacronía (Saussure, 1915).

La sincronía considera los hechos en un momento del tiempo. La diacronía los tiene en cuenta a lo largo del tiempo. El error de la planificación tradicional ha sido de privilegiar la sincronía sobre la diacronía. O mejor aún. Se ha anclado en la percepción del presente haciendo caso omiso de la evolución, transformación y aparición de elementos de ruptura durante el paso del tiempo.

Esta circunstancia la resuelve Godet mediante la imagen del “grupo vigía” que, a semejanza del personaje que desde lo más alto del mástil del barco avizora el horizonte e informa lo que ve a distancia (Godet *et al.*, 1991). Si examinamos de cerca los principios del determinismo y los enfrentamos a los planteamientos de la escuela voluntarista, podríamos concluir que estamos frente a dos corrientes irreductibles.

Sin embargo, la realidad ha mostrado que muchos países dan crédito a los estudios “Delphi” de forecasting tecnológico, debido a su sentido práctico y a que las encuestas revelan tendencias de relativa fácil identificación. Es acertado valerse del forecasting para precisar el cambio tecnológico y luego contextualizarlo por medio de los modelos y las herramientas de la escuela voluntarista.

La contextualización quiere decir, leer la realidad no solamente desde la variable tecnológica sino relacionarla con otras condiciones del contexto como son los fenómenos económicos, sociales, culturales, ambientales, etc. Es decir, en un espíritu estructural, sistémico y complejo. Esta es otro rasgo distintivo de la prospectiva voluntarista que no solo considera al futuro como múltiple y alterno, sino que esta situación está enmarcada dentro de una lectura compleja y sistémica de la realidad.

Sin embargo, el forecasting y la prospectiva pueden ser complementarios, no obstante encontrarse en esquinas opuestas del pensamiento y la articulación de ambas prácticas podría ser muy exitosa sobre todo en los estudios de prospectiva científico tecnológica.

La armonía entre ambas formas de leer la realidad puede ocurrir si los análisis de futuro de los temas tecnológicos se inician por un análisis de forecasting, que permite visualizar las innovaciones futuras de la tecnología, e inmediatamente se contextualizan por medio de un análisis de escenarios. El todo (forecasting + prospectiva) consiente que la información del forecasting, que es valiosa, se relaciona con variables de índole económica, social, cultural, política, ambiental etc., y de esta manera se conforme un sistema en el cual los diferentes elementos interactúan dentro del esquema de la complejidad.

2. Problemática y pregunta de investigación

Este apartado tiene como propósito exponer de forma sintética la situación problemática en la que se encuentra la agroindustria de la caña de azúcar en México.

La caída drástica de los precios internacionales del azúcar se debe a la acumulación de excedentes de azúcar a nivel mundial, aunado a la sustitución que se ha hecho en los últimos años de este edulcorante por otros como son el JMAF. El principal productor de jarabes de maíz de alta fructosa es Estados Unidos, con el 75% de la producción mundial, dado que es el principal productor de maíz en el mundo, el cual es la materia prima para obtener este edulcorante. La fructosa al ser más barata se ha convertido en el sustituto ideal del azúcar principalmente para la industria refresquera, México ocupa uno de los primeros lugares en el consumo de refresco o de bebidas azucaradas, lo que durante el primer semestre del 2016 representó un consumo per cápita de 167 a 180 litros, esto pese a los dos años que llevaba ya vigente la nueva Ley de Impuesto al Refresco, la industria refresquera consume más del 30.8 % del azúcar nacional, situación que ha provocado el desplazamiento del azúcar en el consumo interno industrial (Monroy *et al.*, 2019)

La agroindustria de la caña de azúcar es una actividad económica muy importante en México; sin embargo, aunque tiene gran potencial para ser competitiva y rentable, tiene muchos retos que atender en el ámbito de la producción, transformación y comercialización, además de requerir un análisis del sistema con un enfoque integral donde se generen políticas públicas oportunas, aplicación de innovaciones en la producción primaria, adopción de nuevas tecnologías de producción de caña y de azúcar para incrementar la eficiencia de extracción, diversificación de productos y subproductos, y agregación de valor con potencial comercial, en beneficio de todos los actores involucrados (Platas *et al.*, 2017).

Pese a la importancia del sector azucarero en el país, el mercado de los edulcorantes en México está cambiando; la estructura actual del consumo de azúcar y otros edulcorantes, como JMAF y los edulcorantes bajos en calorías es

diferente a la que había hace tres décadas, cuando el azúcar prácticamente no tenía competencia. Ahora los jarabes de maíz y los edulcorantes de alta intensidad, como los que contienen aspartame, sucralosa y ciclamato están desplazando azúcar en un segmento importante de mercado (Santillán *et al.*, 2017).

La agroindustria de la caña de azúcar enfrenta cambios en los patrones de consumo por razones de salud “México ocupa el primer lugar en consumo de gaseosas, el primer lugar en diabetes”, y una creciente sustitución y consolidación de otros edulcorantes como JMAF, el que es de 1.15 a 1.2 más dulce que la azúcar y más barato por estar subsidiado.

Actualmente la agroindustria de la caña de azúcar es auto suficiente en la demanda interna, pero si la industria refresquera deja de consumir azúcar y usa jarabe de maíz, el cual puede ser producido por los mexicanos, más la reducción de exportación de azúcar en el acuerdo comercial T-MEC, esto obligara a los ingenios a reducir su producción de azúcar refinada para aumentar la producción de azúcar estándar (cruda) lo que trae como consecuencia 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria de la caña de azúcar lo que afectara directamente a los productores.

Ante esta problemática, para este trabajo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será el mejor escenario futuro para la agroindustria de la caña de azúcar en México desde el enfoque de la prospectiva estratégica, así como las estrategias para lograrlo?

3. Hipótesis

3.1 Hipótesis general

El cambio tecnológico es necesario para la permanencia de la agroindustria azucarera mexicana en el futuro próximo.

3.2 Hipótesis específicas

1. La agroindustria de la caña de azúcar no está preparada para diversificar, investigar, innovar, adaptarse o transformarse a los cambios tecnológicos futuros.
2. Las variables económicas y las tecnologías inteligentes definirán la situación de la agroindustria de la caña de azúcar en el futuro.
3. La investigación e innovación serán las respuestas para hacer más competitiva la agroindustria de la caña de azúcar.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Identificar el mejor escenario futuro para la agroindustria de la caña de azúcar en México desde el enfoque de la prospectiva estratégica, así como las estrategias para lograrlo.

4.2 Objetivos específicos

1. Identificar los puntos críticos por medio el estado del arte de la agroindustria de la caña de azúcar en México.
2. Identificar tendencias mundiales y oportunidades de innovación de la agroindustria de la caña de azúcar mediante la vigilancia tecnológica.
3. Establecer escenarios de futuro para la agroindustria de la caña de azúcar y diseñar estrategias que permitan construir el escenario apuesta, mediante el método de la prospectiva estratégica voluntarista.

5. Literatura citada

- Aguilar, R., N. 2017. Cadena de valor de la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en México. *AGROProductividad* 10: 21-29.
- Aguilar, R., Noé. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova scientia* 6: 125-161.
- Altieri, M. A. 2002. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. SARANDON, SJ Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires-La Plata: 49-56.
- Astigarraga, E. 2016. Prospectiva estratégica: orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica. *Revista Centroamericana de Administración Pública* 71: 13-29.
- Balbi, E. 2008. Metodología de la investigación de futuros: CELGYP y The millennium project. Eduardo Raúl Balbi.
- Berger, G. 1967. Gastón. Etapes de la prospective. París: PUF.
- Bertalanffy Von, L. 1976. Teoría general de los sistemas. Editorial Fondo de Cultura Económica. México: 23-29.
- Caravali, M., A. Jiménez, y M. Bacardí. 2016. Estudio prospectivo sobre el efecto del consumo de bebidas azucaradas sobre la obesidad en un periodo de 12 meses en mexicanos de 15 a 19 años. *Nutrición Hospitalaria* 33: 270-276.
- Casanova, L., J. Martínez, S. López, y G. López. 2016. De von Bertalanffy a Luhmann: Deconstrucción del concepto “agroecosistema” a través de las generaciones sistémicas. *Revista Mad. Revista del Magister en Análisis Sistémico Aplicado a la Sociedad*: 60-74.
- Casanova, P., Lorena, D. Martínez, Juan Pablo, O. López, Silvia, S. Landeros, Cesáreo, G. L. Romero, y O. Peña, Benjamín. 2015. Enfoques del pensamiento complejo en el agroecosistema. *Interciencia* 40: 210-216.
- Castro, A. G. d., S. M. V. Lima, y C. M. Pedroso. 2006. Cadenas productivas: marco conceptual para apoyar la prospección tecnológica. *La prospectiva tecnologica e industrial: contexto, fundamentos y aplicaciones*, Medina Vásquez y Rincón Bergman (eds), COLCIENCIAS-CAF, Bogotá.
- Cruz , P., J. P. Martínez, F. Osorio, G. López, N. Estrella, y J. Regalado. 2017. Marco epistémico para estudiar los agroecosistemas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 8: 159-170.

- Chiavenato, I. 1997. Teoría de sistemas. Introducción a la teoría general de la administración. McGraw-Hill.
- de Saussure, F. 1976. Cours de linguistique générale, Payot, Paris, 1916. Corso di linguistica generale, ed. Tullio de Mauro, Laterza, Bari.
- Flores, C., y S. Sarandón. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Forciniti, L., y J. Elbaum. 2001. La prospectiva, que es y para que sirve. Secretaria para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva– Dirección Nacional de Planificación y Evaluación.
- García, E., A. Villanueva, J. Vilaboa, y G. López. 2010. Evolución del concepto de agroecosistemas. memoria del simposio agroecosistemas y territorialidad. Colegio de Postgraduados. pp. 4-13.
- Gil, B. 2005. Inteligencia científica, tecnológica y regional. Manual del participante del Diplomado regional en gestión del conocimiento, Unisabana-Colciencia, Bogotá.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- Godet, M. 1991a. De l'anticipation à l'action. Paris: Dunod.
- Godet, M. 1991b. L'avenir autrement. Armand Colin Editeur.
- Godet, M. 1993. Manual de prospectiva estratégica: da antecipação a acção. Lisboa: Dom Quixote.
- Godet, M. 2004. Manuel de prospective stratégique. 1: une indisciplinée intellectuelle. Dunod.
- Godet, M. 2007. Manuel de prospective stratégique-Tome 2-3ème édition-L'Art et la méthode. Dunod.
- Godet, M., F. colab Bourse, P. colab Chapuy, y I. colab Menant. 1991. Problemas & métodos de prospectiva: caja de herramientas.
- Godet, M., y P. Durance. 2007. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. Cuadernos de LIPSOR 104.

- Godet, M., y P. Durance. 2009. Cuaderno del Lipsor. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. París: Lipsor.
- Godet, M., y P. Durance. 2011. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios.
- Godet, M., R. Monti, F. Meunier, y F. Roubelat. 2000. La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. Cuaderno de LIPS. Francia, París: Laboratories d'Investigation Prospective et Stratégique.
- Harper, J. 1974. Agricultural ecosystems. Elsevier.
- Hart, R. D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Jouvenel, B. d. 1964. El arte de la conjetura. París, Francia: Editions du Rocher.
- Jouvenel, H. 1993. Sur la méthode prospective: un bref guide méthodologique. Futuribles.
- Jouvenel, H. 2004. Invitation a la prospective, futuribles. Coll. Perspective. París.
- Lorenz, E. 2008. Teoría del caos. C. Alvarez, Manual de atención a múltiples víctimas y catastrofes. Madrid: Castelló.
- Mardones, J. M., y N. Ursúa. 1982. Filosofía de las ciencias humanas y sociales—Edit. Anthropos.
- Martínez, D., JP, S. Landeros, C, y V. Pérez, A. 2004. El concepto de agroecosistema: Un enfoque de cadenas de producción-consumo. Memorias del Primer Coloquio sobre Agroecosistemas y Sostenibilidad. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz: 16.
- Martínez, D., Juan Pablo, y G. Bustillo, Lissette. 2010. Social autopoiesis of sustainable rural development. Interciencia 35: 223-229.
- Mojica, F. 2010. Introducción a la prospectiva estratégica para la competitividad empresarial. Programa Bogotá Emprende de la Cámara de Comercio de Bogotá.
- Mojica, F. J. 2015. Introducción a la prospectiva estratégica. Documento de Consulta Universidad Externado de Colombia.
- Monroy, T., Rebeca, J. Aguilera, Carolina, y S. Naves, Jaime. 2019. Riesgo cardiometabólico en adolescentes con y sin obesidad: Variables

- metabólicas, nutricionales y consumo de refresco. *Revista mexicana de trastornos alimentarios* 9: 24-33.
- Moreno, L., J. García, G. Soto, S. Capraro, y D. Limón. 2014. Epidemiología y determinantes sociales asociados a la obesidad y la diabetes tipo 2 en México. *Revista Médica del Hospital General de México* 77: 114-123.
- Morin, E. 1990. *Introduction à la pensée complexe*, 158 p. Paris: Editions du Seuil.
- Morot, S., Edouard Préfacier, y G. Berger. 1964. *Phénoménologie du temps et de la prospective*. Presses universitaires de France.
- Padrón, J. 1994. Elementos para el análisis de la investigación educativa. *Revista Educación y Ciencias Humanas* 2: 151-164.
- Platas, R., L. Vilaboa, V. González, y G. Severino. 2017. Un análisis teórico para los agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20: 395-399.
- Prigogine, I. 2000. Flech du temps et fin des certitudes. *Les clés du XXIe siècle*: 13-19.
- Resico, M. F., y M. J. Timor. 2011. *Introducción a la economía social de mercado*. Konrad Adenauer Stiftung.
- Rodríguez, C. M. 2014. Pensamiento prospectivo: visión sistémica de la construcción del futuro. *Análisis* 46: 89-104.
- Ruiz, R., O. 1995. Agroecosistema: el término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. *Agroecología y desarrollo sustentable*. 2o. Seminario Internacional de Agroecología.(Eds) Loera G., J. et al. Chapingo, México. Marzo: 29-31.
- Sans, F. 2007. La diversidad de los agroecosistemas (en línea) *Revista Ecosistemas* 16 (1): 44-49. Consultado 15 noviembre 2010.
- Santillán, A., L. García, B. Vásquez, V. Santoyo, M. Melgar, W. Pereira, J. Larrahondo, y A. Merino. 2017. Impacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Saussure, F. d. 1915. *Cours de linguistique generale* (Payot, Paris). SaussureCours de linguistique générale1915.

- Théodore, F., I. Blanco, y C. Juárez. 2019. ¿ Por qué tomamos tanto refresco en México? Una aproximación desde la interdisciplina. *INTERdisciplina* 7: 19-45.
- Vázquez, A., M. Jorge, D. Martínez, y Á. Miguel. 2011. Elasticidades de oferta y demanda de los principales productos agropecuarios de México.
- Vilaboa, A., Julio, R. Díaz, Pablo, R. Ruiz, Octavio, R. Platas, Diego Esteban, M. González, Sergio, y L. Juárez, Francisco. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 53-62.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

1.1 Introducción

El estado del arte es una investigación documental que posibilita la comprensión crítica sobre el conocimiento de la agroindustria de la caña de azúcar, respondiendo a las siguientes preguntas ¿Cómo se ha investigado el tema? y ¿cuál es la tendencia o principales aportes?, con el fin de generar nuevos conocimientos, permite adoptar o desarrollar una perspectiva teórica a partir de la revisión y análisis crítico e interpretativo de documentos existentes, con el objetivo de recuperar y trascender el conocimiento acumulado de la agroindustria.

La búsqueda de información en bases de datos y el manejo de recursos informáticos permiten la circulación de la información, genera una demanda de conocimiento y establece comparaciones con otros conocimientos paralelos a este, ofreciendo diferentes posibilidades de comprensión que trasciende el nivel descriptivo de los datos para establecer nuevas relaciones de interpretación entre las categorías del objeto de estudio que promuevan la participación, la autocrítica y crear nuevas miradas de investigación y formación.

El objetivo es realizar el estado del arte para ver qué información se conoce hasta el día de hoy de la agroindustria de la caña de azúcar en México, aportar datos, algunos indicadores y mediciones de los fenómenos más sobresalientes, sacar conclusiones a partir de esta información cuantitativa. Este apartado culmina con una enumeración de los principales “puntos críticos” que se obtengan a partir del análisis anterior, sabiendo que estos representan aspectos positivos e igualmente juicios negativos sobre el comportamiento de la agroindustria de la caña de azúcar.

En este capítulo se analizó la situación actual de la agroindustria de la caña de azúcar en México, presentando su comportamiento en las principales variables como producción, consumo, exportación, importación, precios, y se realizó una

búsqueda de información en artículos científicos, en la base de datos más reconocidas a nivel nacional e internacional en el ámbito de la ciencia, la *Web of Science* y se analizó esta información con el software VOSviewer.

1.2 Materiales y métodos

Para la elaboración de este documento se hizo primero una búsqueda bibliográfica en publicaciones de instituciones reconocidas en el tema de la agroindustria de la caña de azúcar como el SIAP, CONADESUCA, ERS.USDA, OMS, OIA.

Posteriormente, se utilizó la palabra clave “sugar cane” para la búsqueda de información en artículos científicos, en la base de datos más reconocida a nivel nacional e internacional en el ámbito de la ciencia, la *Web of Science*. Para el análisis bibliométrico de estos artículos se utilizó el software VOSviewer.

Este software construye un mapa basado en una matriz de coincidencia. La construcción consta de tres pasos. En el primero se calcula una matriz de similitud basada en la matriz de coincidencia. En el segundo se construye un mapa aplicando la técnica de mapeo VOS (visualización de similitudes) a la matriz de similitud. Y finalmente, el mapa se traduce, gira y refleja (Van y Waltman, 2010).

1.2.1 Producción mundial

La producción mundial de azúcar para el periodo 2000-2019, (Figura 13), muestra una tendencia creciente. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) la producción mundial de azúcar para el ciclo 2018/2019 se ubicó en 188.2 millones de toneladas. Este volumen representa una reducción de 1.5 % con respecto al record obtenido en la zafra anterior 2017/2018 de 191.8 millones de toneladas y se pronostica que siga a la baja (USDA, 2019). Por la competencia en precios y el incremento de sustitutos de menor costo.

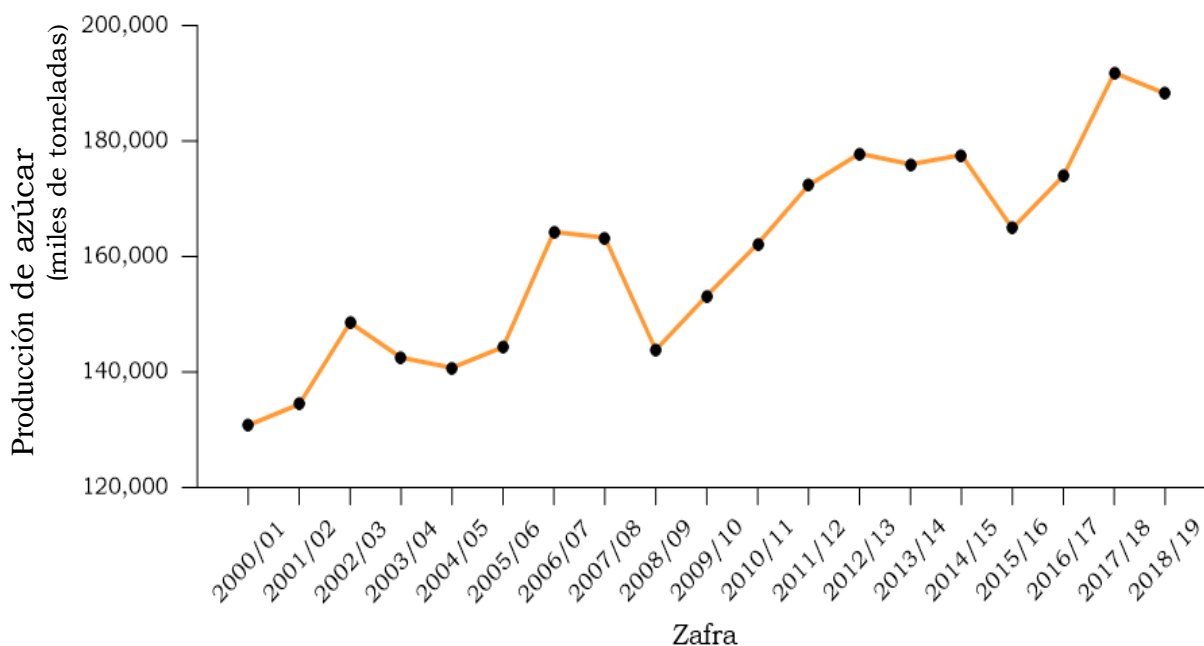


Figura 13. Producción mundial de azúcar periodo 2000-2019. Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

1.2.2 Producción de azúcar mundial por regiones

De 2000 al 2019 el 72 % de la producción de azúcar en el mundo se concentró en el continente americano y asiático (Figura 14). La dinámica de producción azucarera en el mundo muestra tendencias al alza en el continente asiático y americano con mayor inestabilidad en el primero. En la Unión Europea se observan disminuciones relacionadas con factores climáticos y de mercado.

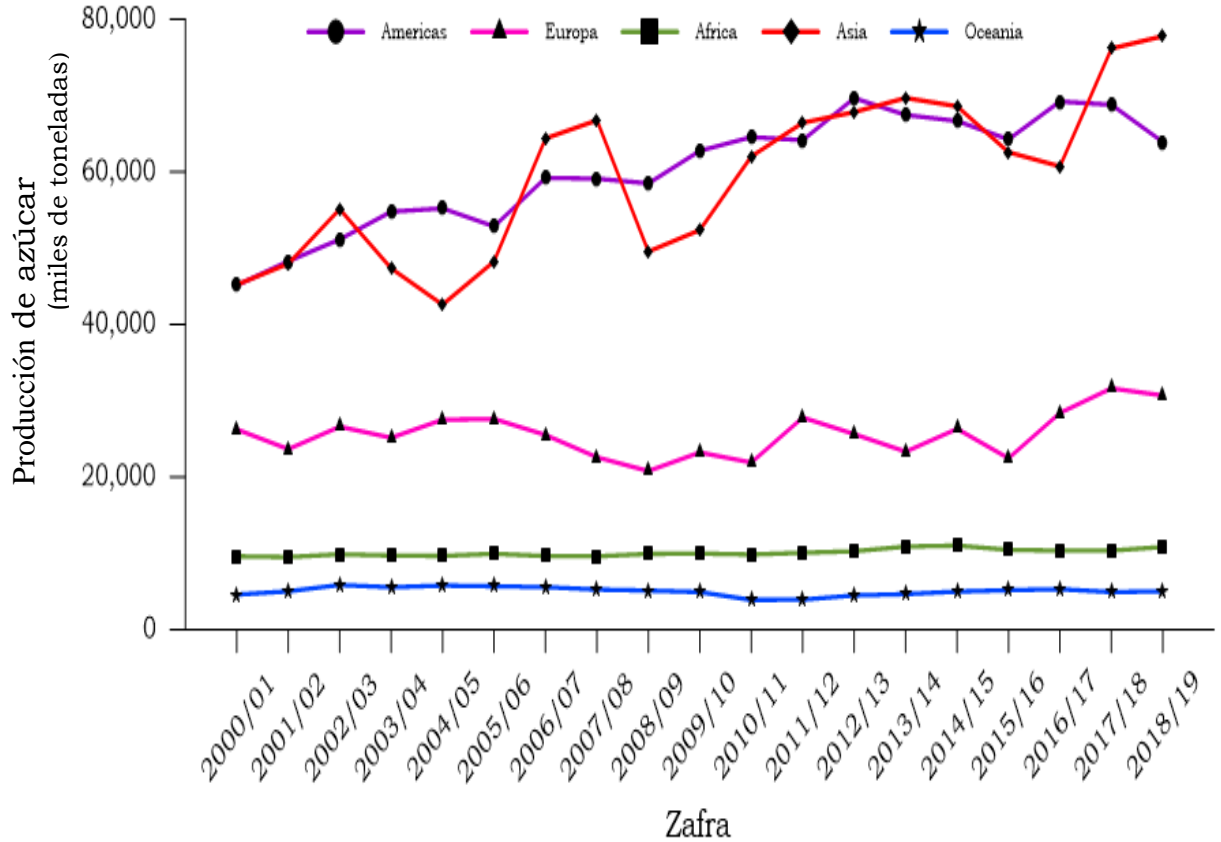


Figura 14. Producción mundial de azúcar por regiones, 2000-2019.
Elaboración propia con datos de (USDA, 2019).

1.2.3 Principales países productores de azúcar

Los diez principales países productores de azúcar en el mundo son: Brasil, India, Unión Europea, Tailandia, China, Estados Unidos, Pakistán, Rusia, México y Australia (Figura 15). Para el ciclo 2018-2019, Brasil fue el principal productor de azúcar en el mundo con el 23.5 %, seguido de la India 23.2 % y la Unión Europea 13.9 %, principalmente es azúcar de betabel, que es tres veces más cara que el azúcar de caña, México ocupa la novena posición con el 4.3 %.

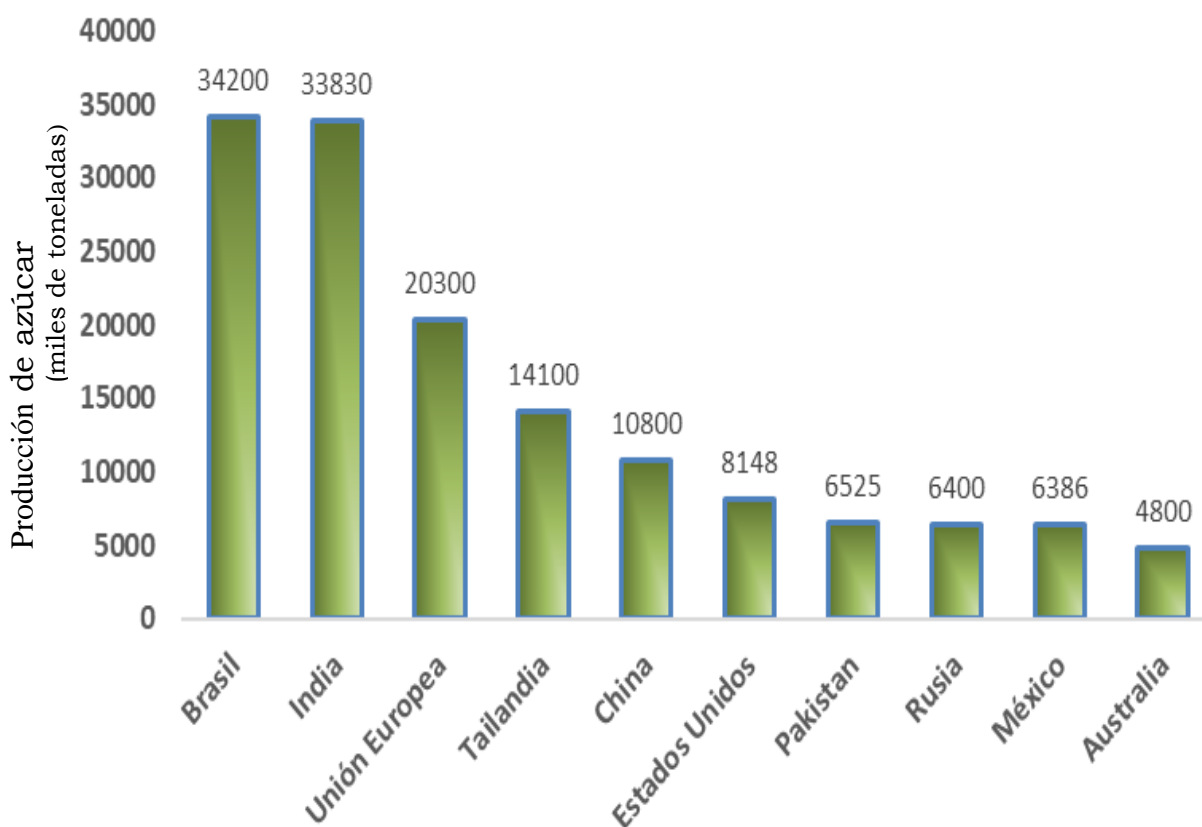


Figura 15. Principales países productores de azúcar.

Elaboración propia con datos de (USDA, 2019).

1.2.4 Consumo, exportación e importación mundial de azúcar

La demanda mundial del azúcar en la zafra 2018/2019 fue de 178.3 millones de toneladas (USDA, 2019). El consumo humano representa 99.5 % de la demanda del dulce. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un adulto debe de consumir 25 gramos de azúcar al día, equivalente a 6.25 cucharas de azúcar en sus diferentes presentaciones (OMS, 2019), actualmente se consumen el doble de lo recomendado.

La tendencia mundial en el consumo de azúcar, para el periodo 2000 a 2019, presentó un incremento gradual por año (Figura 16). Este comportamiento se debe principalmente al crecimiento de la población.

Las exportaciones mundiales de azúcar, para el periodo 2000 a 2019, representaron un incremento gradual a lo largo del periodo, excepto en el último ciclo en donde se observa una reducción (Figura 16).

La tendencia creciente en las importaciones mundiales de azúcar, para el periodo 2000 a 2019, representa un incremento gradual hasta el 2015 (Figura 16) a partir de este año las importaciones han descendido hasta la fecha.

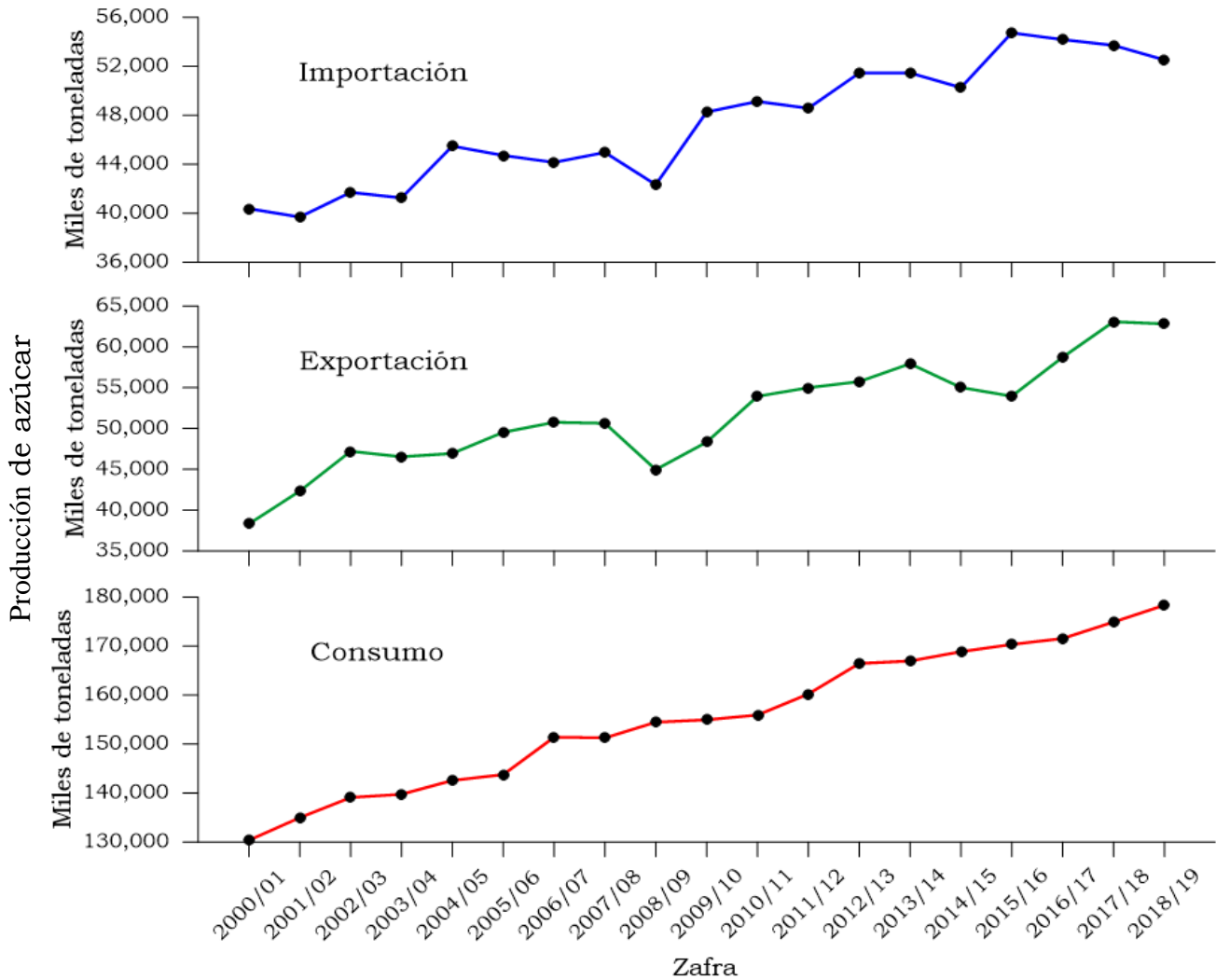


Figura 16. Consumo, exportación e importación mundial de azúcar, 2000-2019
Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

En términos absolutos, para el periodo 2000 a 2019, el principal consumidor de azúcar en el mundo es India, con el 25.2 %, seguido de la Unión Europea (18.8 %) y China (15.7 %). Para el caso específico de América: Estados Unidos (11.4 %), Brasil (10.6 %) y México (5.2 %), resultan ser los principales consumidores (Figura 17). La India presenta incrementos graduales en el consumo de azúcar por año, como respuesta al incremento poblacional. Se observa que los principales consumidores en general coinciden con los principales productores.

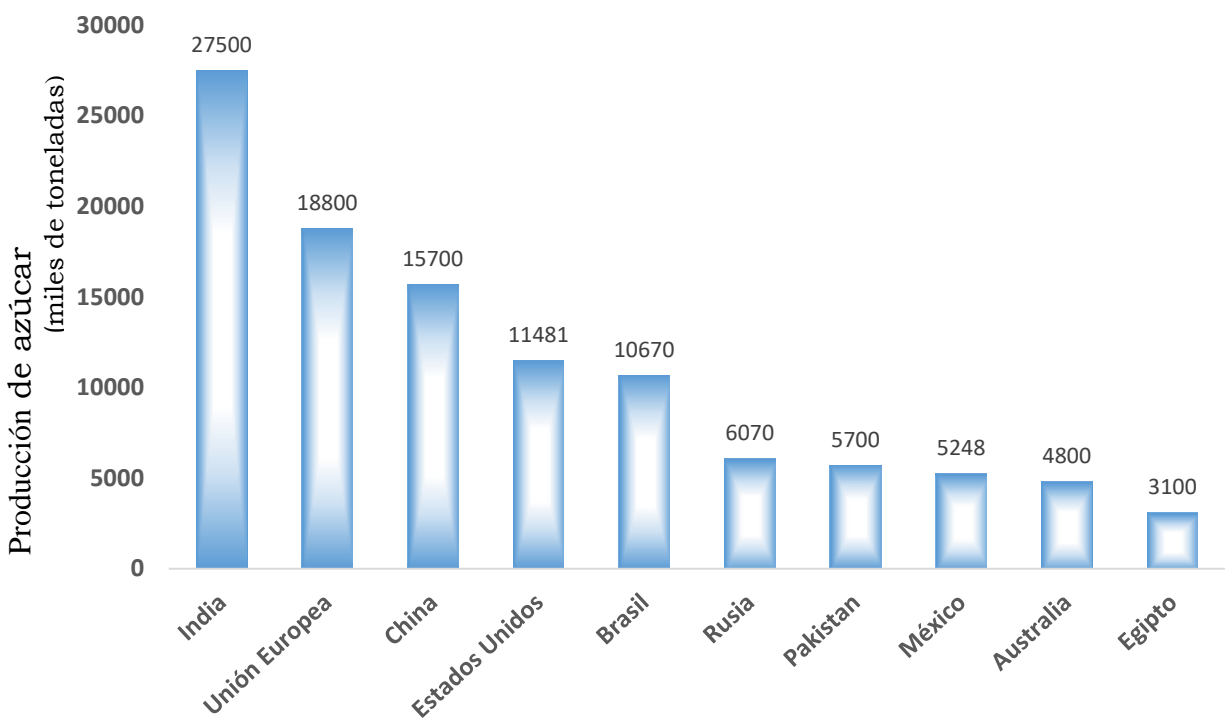


Figura 17. Principales países consumidores de azúcar.
Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

Brasil es el principal exportador de azúcar con el 44.8 %, seguido de Tailandia (20.8 %) y la India (11.3 %). México se ubica como el séptimo exportador de azúcar en el mundo con el (2.8 %) situándolo como el tercer mayor exportador de América, solo por abajo de Brasil y Guatemala (Figura 18).

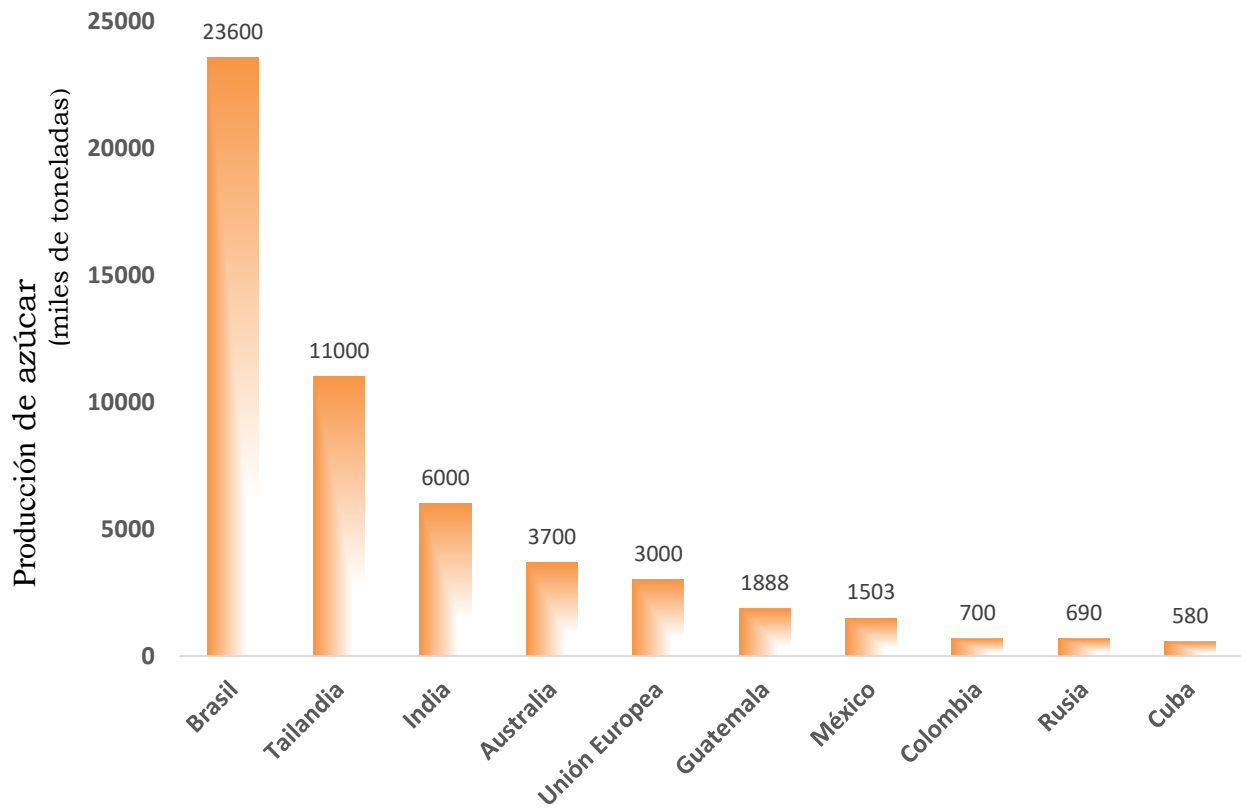


Figura 18. Principales países exportadores de azúcar.
Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

De 2000 a 2019, China es la principal importadora de azúcar en el mundo, con el 31.9 %; seguida de Estados Unidos (24.4 %), y la Unión Europea (11.1 %). México no figura dentro de los 10 primeros países importadores de azúcar (Figura 19).

El azúcar es uno de los principales alimentos en el mundo, pero es de los menos comercializados, solo se exporta e importa el 30 % de lo producido y consumido a nivel mundial.

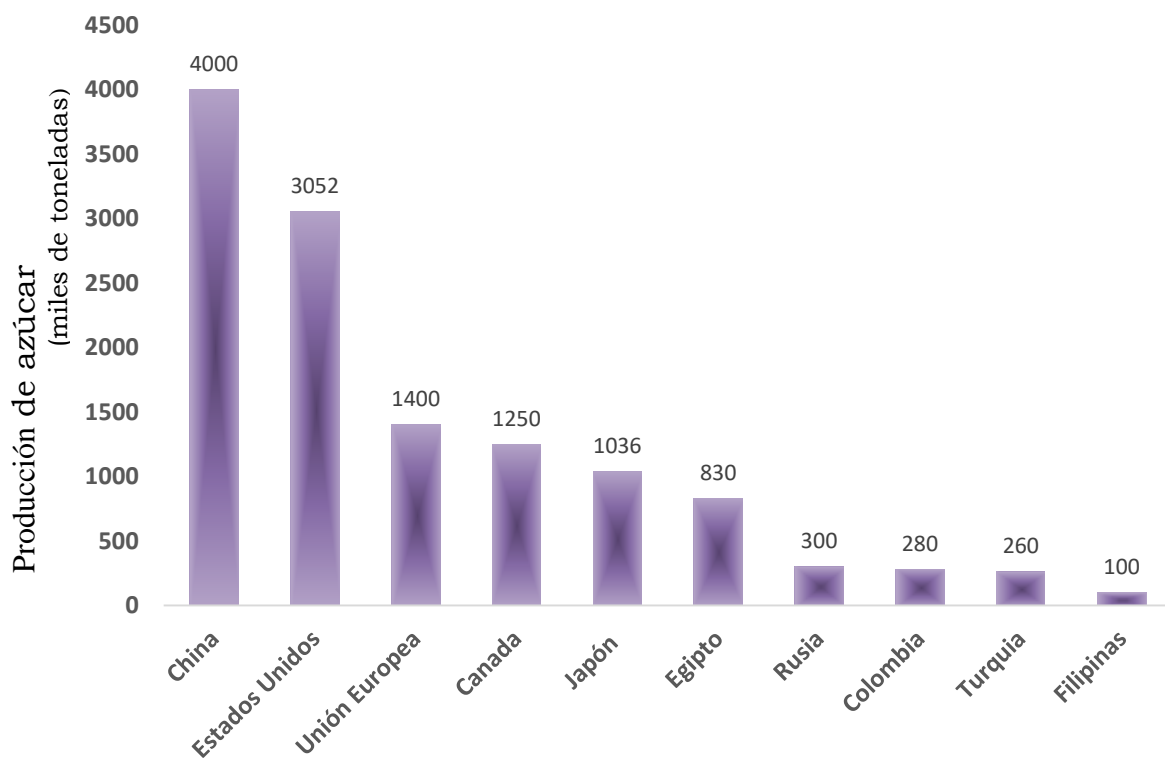


Figura 19. Principales países importadores de azúcar.
Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

1.2.5 Precios internacionales del azúcar

El precio promedio del Contrato 11² en el presente ciclo, al 30 de agosto de 2019, se ubica en 12.46 UScts/lb (centavos de dólar por libra), 1.73 % inferior del precio promedio de todo el ciclo 2017/18, de 12.68 UScts/lb. Este promedio es el más bajo registrado en los últimos diez ciclos (Figura 20).

Los expertos de la ISO consideran que para el ciclo 2019/2020 se puede observar una recuperación en el precio mundial del azúcar, dadas las condiciones de oferta y demanda esperadas; sin embargo, esta alza no sería muy significativa debido principalmente a que las existencias mundiales de azúcar estimadas aún son considerables (CONADESUCA, 2019b).

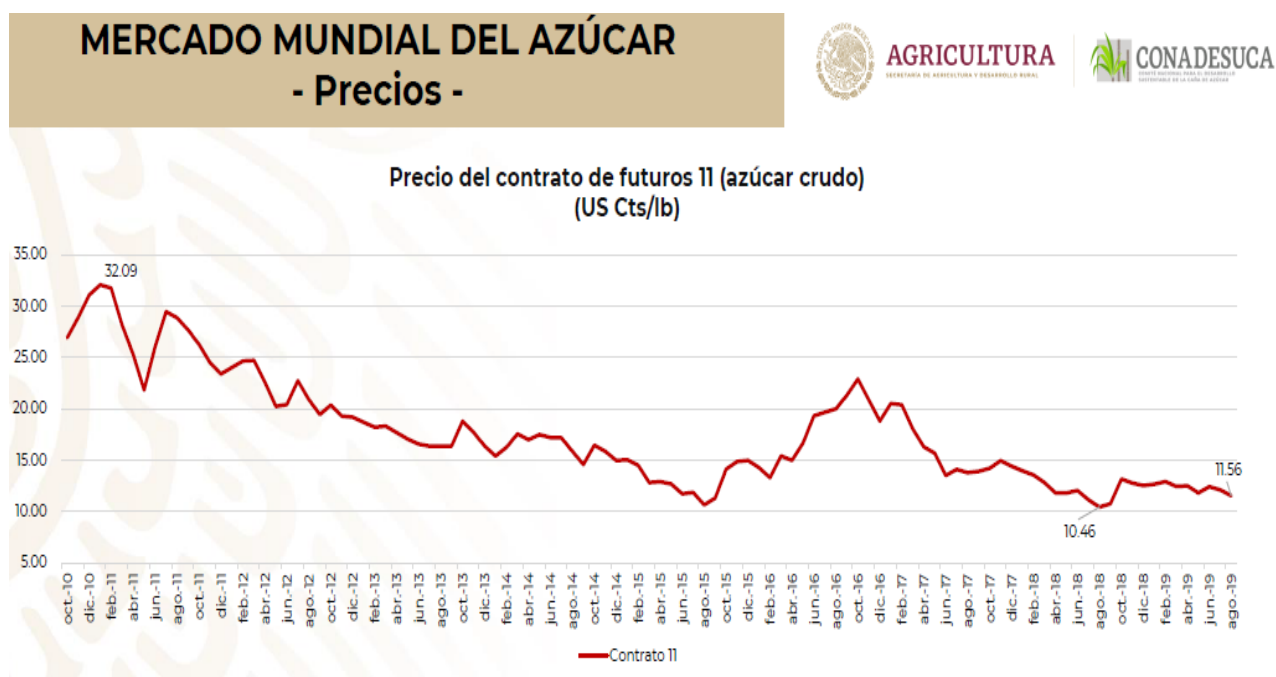


Figura 20. Precios mundiales de azúcar
Contrato 11: Contrato de referencia para el comercio mundial del azúcar crudo.

Los costos de producción de azúcar en México son de dos a tres veces más que los costos de producción internacionales. Solo la materia prima (caña de azúcar) puesta en batel en el ingenio es de 18.675 UScts/lb, el resto de costos de

²Contrato 11 Precios promedio del azúcar base estándar referente al mercado mundial

producción en fábrica, almacén y comercialización duplican esa cantidad, es decir, la azúcar mexicana de exportación saldría en 37.75 UScts/lb. México gasta mucho en producir azúcar debido a sus deficientes tecnologías en sus procesos de la mayoría de sus ingenios esto hace que el precio del azúcar sea caro en el mercado interno.

1.2.6 Producción de azúcar en México

La producción de caña de azúcar se desarrolla en 15 estados y 267 municipios del país (Figura 21), actualmente hay 50 ingenios en operación, distribuidos 1 en Campeche, 2 en Chiapas, 1 en Colima, 6 en Jalisco, 3 en Michoacán, 2 en Morelos, 2 en Nayarit, 3 en Oaxaca, 2 en Puebla, 1 en Quintana Roo, 4 en San Luis Potosí, 1 en Sinaloa, 2 en Tabasco, 2 en Tamaulipas y 18 en Veracruz.



Figura 21. Ingenios azucareros en México.

1.2.7 Producción de azúcar total en México

En la (Figura 22) se observa que en el ciclo 2012-2013 se obtiene la mayor producción de azúcar debido a la cosecha de las plantillas y por el incremento en la superficie de caña de azúcar, con un ligero descenso en los últimos años.



Figura 22. Producción de azúcar total en México periodo 2008-2019
Elaboración propia con datos de ERS.USDA (2019).

Veracruz es el primer estado productor de azúcar del país, seguido de Jalisco San Luis Potosí y Oaxaca (Figura 23).

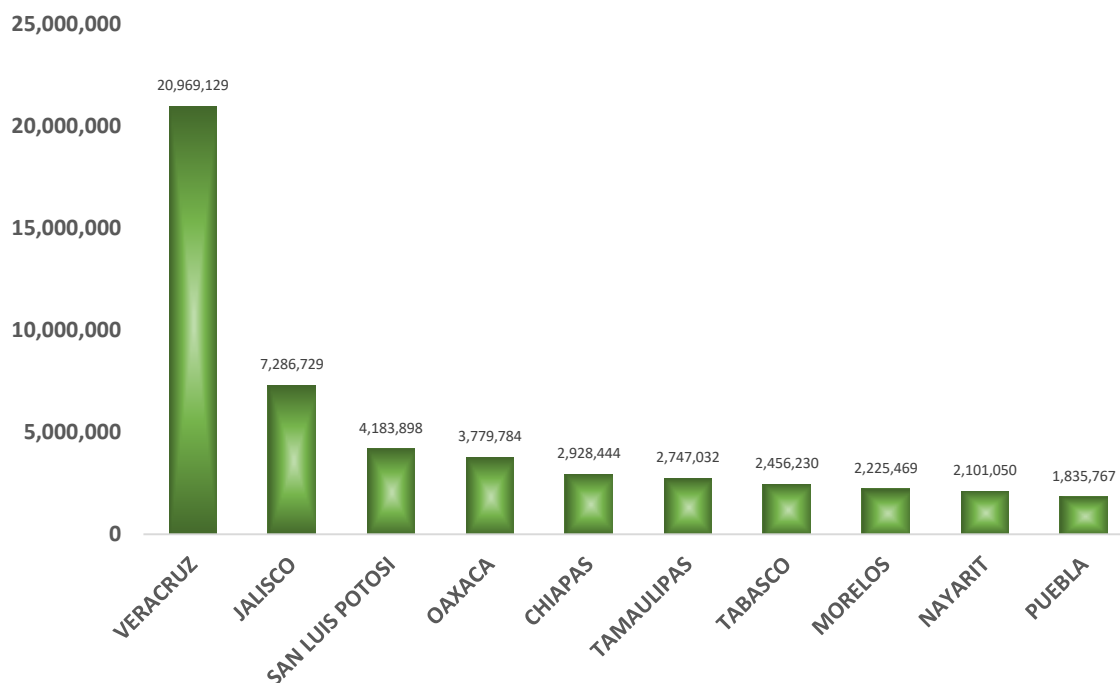


Figura 23. Principales estados productores de azúcar en México. Elaboración propia con datos de (SIAP, 2018).

1.2.8 Consumo

Pese a la importancia del sector azucarero en el país, el mercado de los edulcorantes en México está cambiando; la estructura actual del consumo de azúcar y otros edulcorantes, como el JMAF y los edulcorantes bajos en calorías es diferente a la que había hace tres décadas, cuando el azúcar prácticamente no tenía competencia. Ahora los jarabes de maíz y los edulcorantes de alta intensidad, como los que contienen aspartame, sucralosa y ciclamato están desplazando al azúcar en un segmento importante de mercado (Santillán *et al.*, 2017).

El consumo promedio anual per cápita es de 36.7 kg., una elevada ingesta de azúcares libres se asocia con sobrepeso y obesidad. En este contexto y con el

objetivo de prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el consumo de azúcares libres represente menos del 10 % de la ingesta calórica total diaria, la cual es imposible controlar ya que el 99 % de los alimentos contienen JMAF. Para una ingesta promedio de 2000 kcal, esto equivaldría a unos 50 gramos de azúcar diarios, 18 kilos de azúcar per cápita al año (Cavagnari, 2019).

El azúcar fue el edulcorante más consumido en el mundo hasta mediados del siglo XX. Sin embargo, en la actualidad, la población cada vez más limita su consumo, adoptando un papel activo a la hora de elegir los alimentos, llevando a su vez a que los fabricantes se involucren en el desarrollo de productos más sanos desde el punto de vista nutricional (Santillán *et al.*, 2017).

El azúcar es empleado principalmente por la industria embotelladora (30.8 %), hogares (23.7 %), panificadora y galletas (13.9 %), dulces y chocolates (11.9 %), productos lácteos (4.6 %), alimentos procesados (4.5 %), bebidas alcohólicas (0.9 %), y otros (9.7 %), (CONADESUCA, 2019).

En el Cuadro 1, se muestran las principales empresas que demandan este edulcorante por tipo de industria (sin embargo, los productos no son endulzados en su totalidad con azúcar y se encuentran combinados con otros edulcorantes). El mayor demandante de azúcar es el grupo Coca Cola, quien tiene convenio de compra directa con los ingenios.

Cuadro 1. Principales empresas demandantes de azúcar en México por tipo de industria

Tipo de producto	Empresas
Alimentos	Mead Johnson Nutrition, Nestlé, Novamex, Similac, Unilever, Al Azúcar, Alpura, Aurrera, Barce, Bimbo, Canderel, Cuetara, Danone, Don Agustín, Equal, Gamesa, Gamesa-Quaker, Golden Hills, Great Valué, Grupo Vida, Healty By Nature, Ibarra, Incauca, Karo, Ke Precio, Kraft, La Moderna, Lala, Marínela, Metco, Mettler, Mondelez, Novag, Nutresa, Promesa, Quala, Ricolino, Sabritas, San Isidro, San Marcos, Sayes, Senke, Suandy, Sucrasweet, Súper Life Plus, Sweeny, Technisearch, Terrafertil, Tía Rosa, Voortman, Wyeth, Zukara

Bebidas	Nestlé, Unilever, Alpura, Arbor Mist Winery, Bar Royal, Chocolate Ideal, Coca-Cola, Jarrito, La Rioja Alta, Lcbo, Logos, Mondelez, Muga, Pascual, Penafiel, Pepsico, Quala, Red Bull, Sibau, Smirnoff, Torres, Tresmontes-Lucchetti, Vinícola L.A. Cetto, Vina Real
Confitería y otros	Adam's, Arcor, Coronado, De La Rosa, Ferrero, Hershey's, La Moderna, Lucas, Mars, Matre, Montes, Nestlé, Nutresa, Perffetti Van Melle Benelux, Ricolino, Sonric's, Sweetwell, Turin, Vero, Nestle, Great Value, Hershey's, La Corona, Matre, Mondelez, Sonric's
Medicamentos	Andrómaco, Bago, Bayer, Biosano, Drugtech-Recalcine, Glaxosmithkline, Itf Labomed Farmacéutica Ltda, Janssen-Cilag, Medipharm Ltda, Pharma Investi, Recalcine, Royal Pharma, Sanitas, Sanofi-Aventis, Saval, Synthon Chile, Tecnofarma

Fuente:(Santillán *et al.*, 2017).

La mayor parte de la distribución de azúcar refinada y crudo para consumo doméstico se realiza a través de las centrales de abasto existentes en el país, las más importantes, son tres: Aguascalientes, Distrito Federal y Monterrey. La alternativa más común para llegar al consumidor final es por medio de productos terminados; al respecto las principales cadenas comerciales en el país son: Aurrera (286 sucursales), Chedraui (208), Comercial Mexicana (62), Sam's (127), Soriana (219), Superama (84) y Walmart (158), donde la población encuentra diversos productos de alimentos, bebidas, confitería y medicamentos endulzados con azúcar, otros edulcorantes o combinaciones de estos, además de endulzantes directos como la estevia, esplenda (sucralosa) y canderel (sucralosa) que compiten con el mercado del azúcar (Santillán *et al.*, 2017).

El consumo de azúcar podría en un futuro frenarse, por la publicidad negativa que el azúcar ejerce para la salud a nivel mundial. De hecho y de forma puntual, algunos gobiernos están aplicando impuestos a las bebidas y conservas endulzadas con azúcar. Esta situación está creando una alarma a los fabricantes de conservas y bebidas, que ya piensan en reducir los contenidos de azúcar, sustituyéndolos por edulcorantes artificiales (OIA, 2017).

Por lo tanto, para que no exista excedentes de azúcar en el mercado interno, hacer frente a la competencia con otros edulcorantes calóricos y no calóricos y la

necesidad de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otras cosas, la producción sustentable de este carbohidrato básico, el aumento y los retos de productividad ante el cambio climático, el uso eficiente y sustentable de insumos de la naturaleza agua, tierra, sol, viento etc., (Aguilar, 2014).

1.2.9 Exportación

Dado que la demanda de consumo nacional se logra cubrir con el volumen de producción obtenido, existe un margen de exportación que alcanzo su valor máximo dentro del periodo 2009-2019, en el ciclo 2013. A partir de ahí los rendimientos declinaron y, con ello, el volumen de producción de azúcar nacional, reflejándose directamente en una reducción de cerca de 45 % del volumen de exportación en el año 2017, con una ligera recuperación al ciclo 2018-2019 (Figura 24).

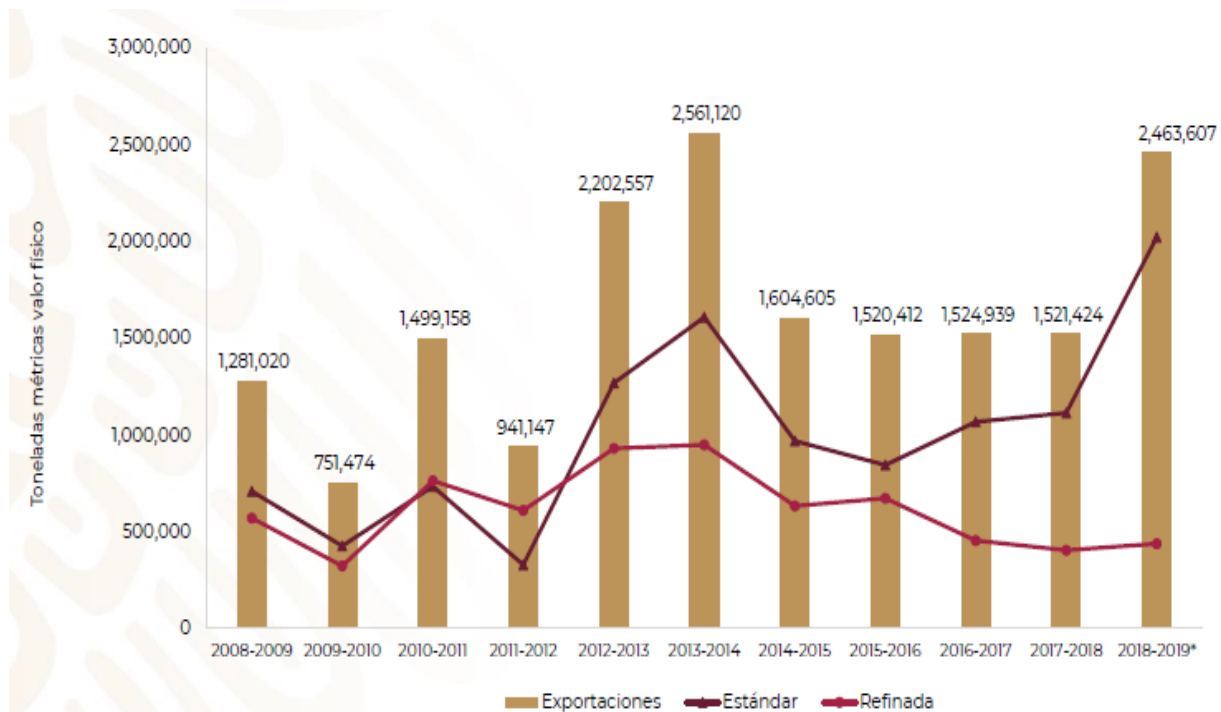


Figura 24. Exportaciones de azúcar por calidad periodo 2008-2019
Fuente: (CONADESUCA, 2019d).

México exportaba en promedio 1.5 millones de t de azúcar refinada, pero ahora con el acuerdo comercial T-MEC esto se ha reducido a un 30 %, en contra parte se incrementa a un 70 % la exportación de azúcar estándar (cruda) para ser refinada en Estados Unidos. Lo anterior exigirá que los ingenios mexicanos habrán de ajustar su forma de operar ya que tendrán que reducir su producción de azúcar refinada por azúcar cruda; la diferencia en precio es aproximadamente 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria.


1.2.10 Importación

Actualmente México no importa azúcar, pero si la agroindustria de la caña de azúcar solo se dedica a la transformación de la materia prima en azúcar, la entrada de edulcorantes y el descenso de la producción vertical, mayor incremento del consumo interno podría suponer un escenario de riesgo para los productores, pues obligaría a la importación de producto y reduciría la rentabilidad del cultivo. Esto último podría conducir al abandono o cambio de la actividad por cultivos de competencia (Santillán *et al.*, 2017).

1.2.11 Precios

El precio de referencia del azúcar se basa en una fórmula compleja que incluye, entre otros datos, el precio promedio del azúcar semi-refinado (estándar) en diferentes regiones del país, según lo determina la CONADESUCA (Cuadro 2). Los precios de exportación del azúcar también se incluyen en la fórmula dependiendo de si el ingenio azucarero exportó o no azúcar. El precio de referencia es importante porque, de acuerdo con el artículo 58 de la Ley de Desarrollo Sostenible de la Caña de Azúcar, aproximadamente el 57 por ciento de este precio de referencia establecido se paga a los productores por su caña de azúcar (CONADESUCA, 2019c)

Cuadro 2. Precios de azúcar

REPORTE SEMANAL DE PRECIOS DE AZÚCAR, No. 50, ciclo azucarero 2018/19 al 13/Sep/2019								
PRECIOS RECIENTES								
CONCEPTO	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	Promedio Semanal	Promedio Mensual	Promedio del ciclo
Tipo de cambio fix (MX Pesos / US Dólar)	19.54	19.54	19.55	19.43	19.37	19.48	19.66	19.39
MX \$ / TONELADA								
AZÚCAR ESTÁNDAR								
Mayoreo 23 CEDAS (-6.4%)	13,587.17	13,620.48	13,711.28	13,711.50	13,681.25	13,662.33	13,699.50	13,206.33
Contrato 16 (+6% -50 US Dls.)	10,735.44	10,733.02	10,739.84	10,650.49	10,576.87	10,687.13	10,786.40	10,725.24
Contrato 11 (+6% -30 US Dls.)	4,400.15	4,380.90	4,351.70	4,302.00	4,347.55	4,356.46	4,423.95	5,035.79
Consumidor *	---	---	---	---	---	24,045.00	23,991.67	22,836.25
AZÚCAR REFINADA								
Mayoreo 20 CEDAS	17,109.52	17,192.44	17,166.09	17,310.36	17,285.42	17,212.77	17,206.23	16,707.80
Contrato 5	5,926.42	5,889.92	6,055.91	6,158.20	6,379.33	6,081.96	6,053.58	6,487.32
Consumidor *	---	---	---	---	---	25,333.33	25,293.33	26,660.73

* Nota: Precios promedio al consumidor en la Ciudad de México, Guadalajara, Jal., y Monterrey, N.L.

La caída drástica de los precios internacionales del azúcar puede explicarse también a la acumulación de inventarios finales de azúcar a nivel mundial, aunado a la sustitución que se ha hecho en los últimos años de este edulcorante por otros como el JMAF. El principal productor de jarabes de maíz de alta fructosa es Estados Unidos, con el 75 % de la producción mundial, dado que es el principal productor de maíz en el mundo, el cual es la materia prima para obtener este edulcorante (Morcillo, 1997).

El precio de referencia del azúcar para pago de la caña es el precio dado a conocer en el Diario Oficial de la Federación y calculado por el CONADESUCA. El precio por tonelada de caña neta es el resultado de multiplicar el precio de referencia del azúcar para el pago de la caña por el 57 %, por el KARBE neto teórico, y el resultado dividido entre mil (CONADESUCA, 2019a):

$$\text{precio por tonelada de caña neta} = \frac{\text{precio de referencia del azúcar} * \frac{57}{100} * \text{KARBE neto teórico}}{1000}$$

En donde:

- El precio de referencia de azúcar para el pago de la caña es el precio dado a conocer en el diario oficial de la federación.
- KARBE neto teórico = $\Sigma \text{azúcar KARBE} / \Sigma \text{caña molida neta}$

En el grupo uno de color rojo se encuentran los temas interrelacionados con la caña de azúcar estos son: variedades, diversificación, resistencia, metabolismo, tolerancia, identificación, germinación, entre otros. En el segundo grupo de color verde se encuentran los temas interrelacionados con el bagazo estos son: hidrólisis, fermentación, biomasa, conversión, producción de bioetanol, etanol, biorefinería, celulosa, entre otros. El tercer grupo de color azul se encuentran los temas interrelacionados con el rendimiento estos son: sustentabilidad, fertilización, nitrógeno, administración, suelo, calidad, industria, sistema, entre otros. El cuarto grupo de color lila, en este se encuentran los temas interrelacionados de absorción como: carbón activado, nano celulosa, fibras, nano partículas, composición, oxidación, agua, degradación, residuos, entre otros. Y el quinto grupo de color amarillo se encuentran los temas interrelacionados con la energía: bioenergía, biocombustible, energía renovable, electricidad, vinaza, hidrogeno, biogás, digestión anaeróbica, producción de metano, entre otros.

La caña de azúcar es el único cultivo que tiene su ley (ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar), esta tiene como objetivo normar las actividades asociadas a la agricultura de contrato y a la integración sustentable de la caña de azúcar, de los procesos de la siembra, el cultivo, la cosecha, la industrialización y la comercialización de la caña de azúcar, sus productos, subproductos, coproductos y derivados.

1.3 Discusión

1.3.1 Producción

México es considerado productor de azúcar de nivel medio a bajo, en el top ten de productores de caña de azúcar ocupa el noveno lugar, obtuvo su mejor producción en el ciclo 2012-2013, y a partir de ahí su producción ha venido disminuyendo considerablemente por diferentes factores. Cuenta con demasiados ingenios 50 en operación, en su gran mayoría son viejos e

ineficientes en infraestructura, algunos de ellos se han modernizado. Al no contar con una dependencia que se encargue de hacer investigación, desarrollo e innovación y transferencia de tecnología en caña de azúcar, esto hace que la agroindustria no genere ni adopte tecnologías e innovaciones en sus procesos de producción por consecuencia sus costos de producción son elevados lo que hace que el precio del azúcar sea caro a nivel nacional.

1.3.2 Consumo

El azúcar es empleado principalmente por la industria embotelladora (30.8 %), hogares (23.7 %), panificadora y galletas (13.9 %), dulces y chocolates (11.9 %), productos lácteos (4.6 %), alimentos procesados (4.5 %), bebidas alcohólicas (0.9 %), y otros (9.7 %), (CONADESUCA, 2019).

Hoy en día, el mercado de azúcar enfrenta cambios en los patrones de consumo por cuestiones de salud “México ocupa el primer lugar mundial en consumo *per cápita* de agua azucarada, el primer lugar en diabetes y una creciente sustitución y consolidación de JMAF, que es de 1.15 a 1.2 veces más dulce que la azúcar y más barato.

La pérdida en el consumo gradual de azúcar en México se debe en gran medida a la sustitución por JMAF. Esto debido a que el consumidor principal en México es la industria refresquera, si esta industria deja de consumir azúcar para usar JMAF, más la reducción de exportación de azúcar en el acuerdo comercial T-MEC, esto obligara a los ingenios a reducir su producción de azúcar refinada para aumentar la producción de azúcar estándar (cruda) lo que trae como consecuencia 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria de la caña de azúcar lo que afectara directamente a los productores.

1.3.3 Exportación

En el ciclo 2013-2014, México obtuvo su mayor exportación de azúcar. A partir de ahí los rendimientos declinaron y, con ello, el volumen de producción de azúcar nacional, reflejándose directamente en una reducción de cerca de 45 % del volumen de exportación en el año 2017. Uno de los acuerdos en el T-MEC fue reducir el porcentaje de azúcar refinada a exportar de 53 a 30 % de las exportaciones totales y aumentar la azúcar cruda a exportar del 47 al 70 %, lo anterior exigirá que los ingenios mexicanos habrán de ajustar su forma de operar ya que tendrán que reducir su producción de azúcar refinada por azúcar cruda, esto trae como consecuencia una diferencia de aproximadamente 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria de la caña de azúcar.

1.3.4 Importación

Actualmente México no importa azúcar, pero si la agroindustria de la caña de azúcar solo se dedica a la transformación de la materia prima en azúcar y sigue en aumento el desplazamiento de azúcar por la entrada de edulcorantes como el jarabe de maíz de alta fructuosa, con el descenso de la producción vertical, el incremento del consumo interno podría suponer un escenario de riesgo para los productores.

1.3.5 Precios

México no es competitivo por los altos costos que genera la producción de azúcar. Solo la materia prima (tallos procesados) es decir la caña de azúcar puesta en batel en el ingenio es de 18.675 UScts/lb, el resto de los costos de producción en fábrica, almacena y comercialización duplican esa cantidad. Es decir, la azúcar mexicana de exportación saldría en 37.35 UScts/lb. Si a esto le sumamos, la caída drástica de los precios internacionales del azúcar por la acumulación de inventarios finales a nivel mundial y la sustitución que se ha hecho en los últimos años de este edulcorante por otros como son el JMAF.

1.3.6 Investigación

Aunque en la ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar en el Título V, Capítulo I, Artículo 97 dice que se crea el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Caña de Azúcar (CICTCAÑA), que tendrá como propósito orientar los proyectos de investigación y desarrollo para otorgarle más competitividad y rentabilidad a la agroindustria de la caña de azúcar. La realidad es que la agroindustria de la caña de azúcar no cuenta con un centro de investigación para realizar investigación, e innovación y transferencia de tecnología para sus productores, por lo consiguiente sigue produciendo azúcar a altos costos, su logística es deficiente en tiempos, movimientos y almacenamiento, cada vez más se reduce la producción de forma vertical, aumentando la deficiencia en la extracción de azúcar, su mala programación en campo hace que disminuya el rendimiento y finalmente la agroindustria de la caña de azúcar gasta mucho en producir en campo, cosecha y fábrica lo que hace a esta agroindustria no sea competitiva en precios ni en mercado y vaya en decadencia hasta su desaparición.

Esto se ve reflejado en la poca investigación que se hace, solo 79 registros de 3378 encontrados en la base de datos, mientras Brasil registro 1344, esto indica que, la agroindustria de la caña de azúcar mexicana necesita hacer investigación, innovación y a la adopción de tecnologías para poder bajar los costos de producción, diversificar su mercado con nuevos productos, subproductos y co-productos para ser competitiva, en el análisis bibliométrico de los artículos científicos se mencionan los temas de conocimiento de frontera para la agroindustria.

La poca investigación que existe de caña de azúcar en México en gran medida es por el poco presupuesto que se destina por parte del gobierno federal solo el 0.5 % del PIB se destina para investigación, mientras que en otros países como Brasil que es de 1.09 %, el doble de recursos destinados para investigación científica.

1.3.7 Puntos críticos para el análisis en los talleres de prospectiva

Con base a el análisis de la información en cada uno de los apartados de este documento se extrajeron los puntos críticos (Cuadro 3) que serán utilizados en el capítulo 3 de esta tesis.

Cuadro 3. Puntos críticos para el análisis en los talleres de prospectiva

No.	Puntos críticos
1	Competitividad (sustitutos, calidad y precios)
2	Mercado (cadena productiva)
3	Productividad (campo y fábrica)
4	Costos de producción (campo y fábrica)
5	Precios internacionales del azúcar (subproductos, co-productos)
6	Globalización
7	Rendimientos (campo y fábrica)
8	Infraestructura (Eficiencia de los ingenios)
9	Ingresos productor
10	Sustentabilidad
11	Uso de la tierra (degradación de suelos)
12	Productos orgánicos
13	Contaminación (suelo, agua y aire) (campo y fábrica)
14	Buenas prácticas agrícolas
15	Ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar
16	T-MEC (exportaciones e importaciones)
17	I + D + I +TT (Investigación, Desarrollo e Innovación Transferencia de Tecnología)
18	Infraestructura para investigación (campo experimental)

1.4 Conclusión

La pérdida en el consumo gradual de azúcar en México se debe en gran medida a la sustitución por JMAF. El consumidor principal es la industria refresquera, si esta industria deja de consumir azúcar para usar JMAF, más la reducción de exportación de azúcar en el acuerdo comercial T-MEC, esto obligara a los ingenios a reducir su producción de azúcar refinada para aumentar la producción de azúcar estándar (cruda) lo que trae como consecuencia 100 dólares por tonelada menos para la agroindustria de la caña de azúcar lo que afectara directamente a los productores. El cultivo de caña de azúcar está regido por la ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar. Se identificaron 18 puntos críticos que representan aspectos positivos y negativos sobre el comportamiento de la agroindustria de la caña de azúcar que serán utilizados en el Capítulo III de esta tesis.

1.5 Literatura citada

- Aguilar, R., Noé. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova scientia* 6: 125-161.
- Cavagnari, M. 2019. Edulcorantes no calóricos: características específicas y evaluación de su seguridad. *Archivos argentinos de pediatría* 117: e1-e7.
- CONADESUCA. 2019a. 6to. Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar en México, zafra 2009-2010 / 2018-2019. 6: 125.
- CONADESUCA. 2019b. balance-mundial-de-azucar-ciclo-2018-2019 <https://www.gob.mx/conadesuca/articulos/balance-mundial-de-azucar-ciclo-2018-2019?idiom=es>.
- CONADESUCA. 2019c. Reporte-semanal-de-precios-de-azucar-no-50, <https://www.gob.mx/conadesuca/articulos/reporte-semanal-de-precios-de-azucar-no-50?idiom=es>.
- CONADESUCA. 2019d. Reporte de exportaciones de azúcar Ciclo 2018-2019.
- Morcillo, P. 1997. Dirección estratégica de la tecnología e innovación: un enfoque de competencias.
- OIA. 2017. Informe de noviembre de 2017 de la OIA <https://www.asocana.org/modules/documentos/15248.aspx>.
- OMS. 2019. Global Health Observatory Data Repository. Disponible en <http://apps.who.int/gho/data/node.main.1?lang=en>.
- Santillán, A., L. García, B. Vásquez, V. Santoyo, M. Melgar, W. Pereira, J. Larrahondo, y A. Merino. 2017. Impacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- SIAP. 2018. Avance Nacional Cultivo http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do.
- USDA. 2019. Sugar and Sweeteners Yearbook Tables. <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables/#World%20Production,%20Supply,%20and%20Distribution>.
- Van, N., y L. Waltman. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics* 84: 523-538.

CAPÍTULO II. VIGILANCIA TECNOLÓGICA DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.1 Introducción

La vigilancia tecnológica se define como “una forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior e interior de la organización sobre tecnología, para analizarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios” (Rivera *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta la importancia del cultivo de la caña de azúcar, las fluctuaciones de los precios del azúcar en el mercado mundial, la necesidad de la diversificación de la agroindustria azucarera y la adopción de tecnologías que mejoren su rentabilidad entonces se deben de dirigir los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico hacia las apuestas y demandas que desde la misma agroindustria se han identificado. Con este propósito se busca realizar un estudio de vigilancia tecnológica para conocer el desarrollo tecnológico y las patentes actuales que contribuyan al mejoramiento del sector.

La vigilancia tecnológica, es una parte fundamental de la estrategia de las organizaciones para garantizar su supervivencia y sostenibilidad en el tiempo. La vigilancia tecnológica puede ser adoptada por diferentes tipos de usuarios con un alcance definido, entendiendo que el análisis sistemático de información brinda herramientas valiosas para la toma de decisiones y una vez convertida en conocimiento, se genera valor a la información y pueden obtenerse ventajas competitivas en diferentes niveles (González, 2015).

El estudio de vigilancia tecnológica se hizo bajo la siguiente pregunta ¿Qué tecnologías permitirán mejorar o modificar el sector azucarero en México, para el futuro, que irán a soportar nuevos procesos y negocios pertinentes para la agroindustria de la caña de azúcar y que constituirán áreas de oportunidad, en la producción de bienes, servicios y generación de conocimiento?

2.2 Metodología

La vigilancia tecnológica consiste en analizar el comportamiento innovador de los competidores directos e indirectos, explorar todas las fuentes de información, examinar los productos existentes en el mercado, asistir a ferias, congresos para posicionarse respecto a los demás competidores y tomar así conocimiento de las competencias tecnológicas que predominarán en un futuro más o menos próximo. Todo ello sin perder de vista la capacidad tecnológica presente y la que estará en condiciones de desarrollar la empresa para enfrentarse a nuevos retos (Morcillo, 1997).

El estudio de vigilancia tecnológica se dio en dos etapas:

La primera consistió en la búsqueda de la revisión en información estructurada, se utilizó la base de datos *Web of Science*, para la búsqueda de patentes de las tecnologías que puedan incidir en la industria azucarera, mediante la siguiente ruta: base de datos *Web of Science*-Derwent Innovation Index-sugarcane-Título-2015 a 2020. Y se analizaron con el programa VOSViewer, es un software para la creación de mapas basados en datos de la red.

De esta manera el 25 de febrero del 2020 se llevó a cabo la búsqueda de las patentes sobre las tecnologías que puedan enriquecer o modificar a la industria azucarera.

Las patentes relacionadas con los distintos encadenamientos productivos de una industria son consideradas como un indicador de su nivel de desarrollo tecnológico. La concesión de una patente está vinculada a la protección de una determinada invención, por lo cual su solicitud debe ser precedida por un esfuerzo innovador (Saucedo y Boza, 2011).

Dada la importancia económica del sector azucarero nacional, la revisión de sus patentes resulta de especial interés. Conocer las patentes concernientes a las innovaciones en la producción de la caña de azúcar así, como de los procesos

industriales de transformación de las mismas permite identificar cuáles son los países que están a la vanguardia del desarrollo tecnológico en el sector. Esto permitirá dar una idea de la posición relativa del país en la innovación y desarrollo y su nivel de competitividad a mediano y largo plazo del sector azucarero. Aunque hay muchas innovaciones que no se patentan solo se usan.

La segunda consistió en la revisión de información no estructurada en fuentes y bases de datos reconocidas, se emplearon motores de búsqueda como Google, publicaciones, videos y portales web, para identificar tecnologías inteligentes como: la agricultura de precisión, la inteligencia artificial, logística, Big Data, se quiere determinar cómo están influyendo y empleándose en el sector.

En la (Figura 26) se pueden observar dos grandes grupos de temas donde más se patentan en caña de azúcar. Uno sobre la producción de la caña de azúcar, fertilizantes, jugos, azúcares, entre otros. En el segundo grupo se refiere exclusivamente a la cosechadora de caña de azúcar.

Cada agrupación tiene una interpretación directa. En el mapa se observan seis grupos que corresponden a los temas más importantes en las patentes sobre caña de azúcar.

En el grupo de color rojo se encuentran las patentes en fertilizantes en polvo, dentro de este grupo podemos observar temas como: composición y mezclas de los fertilizantes, agentes activos, fertilizantes orgánicos, urea, ácidos, sulfatos cloruros, carbón, entre otros. En el segundo grupo de color verde se encuentran las patentes en jugo de caña de azúcar, dentro de este grupo podemos observar temas como: sacarosa, preparación, ácido cítrico, azúcar morena, bebidas, vinos, papel, entre otros. En el tercer grupo de color azul se encuentran las patentes de la cosechadora de caña de azúcar, dentro de este grupo podemos observar temas como: eje, motor hidráulico, marco, chasis, transmisión del eje, engranaje, soporte, entre otros. En el cuarto grupo de color morado se encuentran las patentes de producción de azúcar y sus derivados, dentro de este grupo podemos observar temas como: preparación, mezclas, azúcar morena, etanol, melaza, fermentación, sacarosa, almidón, lavadura, entre otros. En el quinto grupo de color amarillo se encuentran las patentes en cultivo de la caña de azúcar y sus derivados, dentro de este grupo podemos observar temas como: las hojas de la caña de azúcar, crecimiento, composición, enfermedades, plagas, cultivos alternativos (soya, papa, maíz, arroz, algodón, frijol, trigo), entre otros. Y en el sexto grupo de color morado se encuentran las patentes en alimentos para animales, dentro de este grupo podemos observar temas como: harina de pescado, alimentos para cerdos, harina de maíz, salvado de trigo, salvado de arroz, entre otras.

2.3.2 Información no estructurada

2.3.2.1 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un conjunto de herramientas que permiten realizar cada una de las tareas que componen la actividad agrícola con el mayor nivel de precisión (Figura 27). Esta tecnología utiliza drones, sensores, tractores autoguiados, abonadoras inteligentes o cosechadoras, monitoreo de la cosecha, aplicación selectiva de los herbicidas, control de los riegos, el acceso a la información para la toma de decisiones con mayor seguridad, haciendo uso de la informática, los sistemas de posicionamiento global y los sistemas de control electrónico³.



Figura 27. Imágenes de agricultura de precisión.

La agricultura de precisión requiere un conjunto de tecnologías formado por el Sistema Global de Navegación por Satélite (Figura 28), sensores e imagen tanto satelital como por drones, junto con Sistemas de Información Geográfica para estimar, evaluar y entender las distintas variaciones del suelo del cultivo. Así, la información recolectada con estas herramientas puede ser empleada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar la cantidad adecuada de fertilizantes o de otros insumos necesarios, y predecir con más

³ <http://agriculturers.com/la-agricultura-de-precision-pone-las-nuevas-tecnologias-a-pie-de-parcela/>

exactitud el rendimiento y la producción de los cultivos. También reduce los impactos ambientales. La aplicación de la cantidad adecuada de productos químicos en el lugar y momento adecuados beneficia a todos los cultivos, los suelos y las aguas subterráneas y, por lo tanto, al propio ciclo de cultivo. Por todo esto, la agricultura de precisión se ha convertido en una piedra angular de la agricultura sostenible⁴.



Figura 28. Imágenes del Sistema Global de Navegación por Satélite.

La sostenibilidad, una de las contradicciones del desarrollo es prioridad en el campo de caña de azúcar, ya que es uno de los cultivos que más agroquímicos utiliza y con poca o nula regulación como las fumigaciones aéreas contra la mosca pinta que elimina toda la biodiversidad faunística existente en el área de aplicación y sus alrededores. Luego entonces las tecnologías de precisión permiten producir en campo dentro de los límites de la capacidad asimilativa de la naturaleza.

2.3.2.2 Smart Agro

En España se ha desarrollado un ecosistema de empresas tecnológicas sofisticadas y con soluciones punteras en lo que se ha venido en llamar Ganadería y Agricultura 4.0⁵ o de forma más amplia “Smart Agro”. Se hace

⁴ <https://www.agroecologiatornos.com/agricultura-precision-revolucion-silenciosa-sector-agricola/>

⁵ <http://www.agrointeligencia.com/smart-agro-espana-agricultura-4-0/>

referencia a la digitalización del sector desde la semilla o la granja y hasta los mercados mayoristas en destino.

Son soluciones especializadas en Agricultura 4.0 que cubren ámbitos tales como:

- Asesoramiento o automatización de una gestión más eficiente del riego y la fertilización.
- Monitorización de cultivos desde drones, satélites o sensores en las fincas o animales.
- Explotan de unos volúmenes crecientes de datos con analítica avanzada y en entornos Big Data para generar previsiones de cosecha o probabilidad de incidencia de plagas.
- Interpretación agronómica de imágenes de satélites, drones o móviles por medio de herramientas de inteligencia artificial.
- Soporte en movilidad a los técnicos agrícolas en sus tareas de campo.
- Integración automática y bidireccional de datos con maquinaria agrícola, que convierten la agricultura de precisión en una realidad práctica.
- Control individual de cabezas de ganado, con múltiples parámetros vitales.
- Geolocalización de toda la actividad agrícola a través de herramientas GIS.
- Integración de flujos de información entre agricultores y sus empresas o cooperativas.
- Gestión de trazabilidad detallada desde el campo hasta el consumidor.
- Control de calidad de todos los alimentos y transparencia al consumidor final.

Toda esta tecnología será de gran utilidad en el cultivo de la caña de azúcar y en la planificación de su producción, así como, en las negociaciones comerciales y toma de decisiones públicas.

2.3.2.3 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) es la ciencia y la ingeniería de crear máquinas inteligentes, especialmente programas en computadora (Figura 29). En la actualidad, diversas aplicaciones cuentan con IA incorporada, como las

aplicaciones de publicidad de los motores de búsqueda, pasando por el reconocimiento facial en sitios de redes sociales hasta los automóviles inteligentes, los Smartphone y las redes eléctricas.

Microsoft⁶ tiene un programa llamado FarmBeats, que impulsa la transformación digital de la agricultura, el cual utiliza sensores de bajo costo, drones, y algoritmos de aprendizaje automático para incrementar su productividad y su rentabilidad. Este programa soluciona el problema de la conectividad de internet que padecen en las zonas rurales al acceder a canales de White spaces TV sin utilizar, para establecer enlaces de banda ancha de alto rendimiento entre las conexiones de internet del hogar del agricultor y una estación base de Internet de las cosas (IoT) en la granja (Figura 29).

A través de sensores, cámaras y drones, este programa ayuda a los agricultores a pronosticar el próximo año al utilizar datos históricos de producción, pronósticos de clima de largo plazo, información de semillas mejoradas de manera genética, y predicciones de precios de productos básicos, entre otra información, para recomendar cuánta semilla deben sembrar. FarmBeats forma parte de Microsoft IA for Earth, un programa que brinda herramientas de nube e IA para equipos que buscan desarrollar soluciones sustentables a problemas ambientales globales



Figura 29. Imágenes de inteligencia artificial.

⁶ <https://www.inforural.com.mx/farmbeats-alimentando-al-mundo-con-innovacion-para-una-agricultura-impulsada-por-ia/>

En el Valle del Cauca, Colombia, Microsoft ha estado trabajando con los ingenios donde se procesa la caña de azúcar. Aquí utilizan drones para tomar fotografías de los sembrados y encontrar zonas de baja producción. Las fotografías son subidas a la nube de Microsoft –Azure– y analizadas por IA. Esto permite hacer un inventario de lo que se va a cosechar. También permite determinar qué zonas necesitan más herbicidas o aditivos, para cosechar caña de azúcar más limpia⁷. En Cuba utilizan la IA en la aplicación de algoritmos para la obtención de la composición óptima, del proceso cosecha-transporte recepción de la caña de azúcar, estos algoritmos evalúan el comportamiento de los indicadores técnicos, de explotación y económicos de la cadena y se presenta la composición más eficiente para la multiplicidad de variables que se desea obtener, de esta forma se responde a la limitación que tienen el método tradicional (Ramírez, 2017).

2.3.2.4 Red GNSS RTK

La agroindustria colombiana de caña de azúcar utiliza la Red GNSS Sistema Global de Navegación por Satélite, RTK Navegación Satelital en Tiempo Real, que permite labores agrícolas más precisas (Figura 30). Cenicaña se encarga de la operación, mantenimiento y administración de la red que está conformada:

1. Por un grupo de satélites que transmiten señales espacio-temporales del planeta, a una antena GNSS.
2. Las estaciones en tierra reciben la señal GNSS con cobertura del 70 % de área con caña de azúcar.
3. La señal GNSS recibida se corrige y retransmite a los equipos de agricultura de precisión con esta pueden realizarse levantamientos topográficos, diseño de campo, nivelación de precisión, preparación de suelo, surcado, fertilización de precisión, cosecha, mapas de productividad, piloto automático.
4. Los equipos son más precisos en la labor al mejorar su posición

⁷ <https://www.enter.co/especiales/colombia-conectada/inteligencia-artificial-produccion-flores-cana-azucar/>

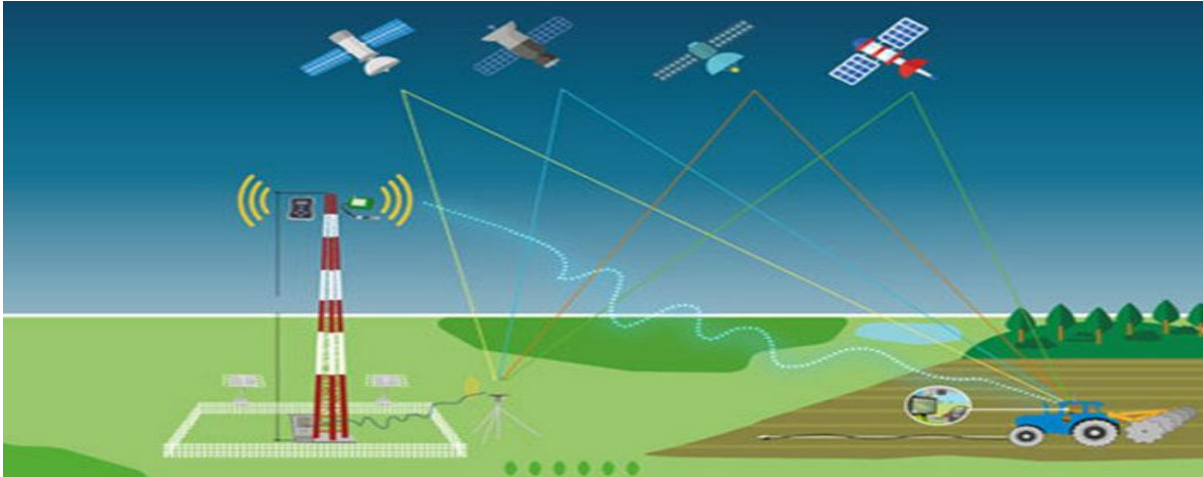


Figura 30. Red GNSS RTK

Ventajas:

- Precisión y exactitud en el posicionamiento geográfico de receptores en campo en tiempo real
- Mayor cobertura respecto a las estaciones móviles RTK
- Evita establecer puntos de control en campo para el amarre de cartografía
- Repetitividad año tras año
- Interconectividad con diferentes marcas de equipos
- Información detallada de las labores en medios digitales
- Mayor eficiencia en el operador
- Permite realizar jornadas nocturnas

2.3.2.5 Aplicaciones en el sector agrícola

En el 2019, la revista Infoagro⁸ México, a través de su sitio web publico siete aplicaciones para celulares donde el productor puede cultivar inteligentemente, estas son:

⁸ https://www.unifin.com.mx/blog/agricultura-inteligente-la-nueva-apuesta-de-empresas-mexicanas/?fbclid=IwAR2yfiFNHX3zGsc7zj42TQ0JwpRaixEnCemlVLBDQgtDpVHCUDU05_32mslk

1. **Atfarm.** Les permite a los agricultores fertilizar con exactitud usando información satelital y así optimizar la cantidad de nitrógeno aplicada.
2. **Mide Mapas.** Permite hacer mediciones de distintas parcelas a través de la tecnología GPS. Se puede descargar en Google Play o en Apple Store.
3. **Farm Manager.** Ayuda a crear un historial sobre el uso de fertilizantes y realizar un seguimiento del uso y el mantenimiento de la maquinaria. Esta app está disponible para Android.
4. **Yara ImageIT.** Está diseñada para medir la captación de nitrógeno en los cultivos y convierte la cámara de un agricultor en un probador de nutrientes para cultivos de alta tecnología.
5. **iSOYLscout.** Es una aplicación de exploración para campos que permite registrar áreas de cultivos, plagas o malezas, mientras viajas a pie o en automóvil usando el GPS incorporado.
6. **Kali-Toolbox.** Permite tomarle fotos a tu cultivo para identificar si tiene deficiencias en su nutrición o si está sana y al mismo tiempo brinda una serie de recomendaciones.
7. **PlantSnap.** Identifica al instante plantas de todo tipo en cualquier parte del mundo como flores, árboles y hasta hongos.

2.3.2.6 Big Data

El Big Data es la gestión y análisis de volúmenes de datos masivos, que no pueden ser tratados de manera tradicional. Los rápidos desarrollos en el Internet de las cosas y la computación en la nube, han permitido la generación de grandes volúmenes de datos “Big Data” que pueden ser capturados, analizados y usados para la toma de decisiones (Figura 31). Con la aplicación de nuevas tecnologías en la agricultura, los datos de las fincas crecen en cantidad y alcance, generando

oportunidades de mejorar procesos productivos, con base en información de contextos locales específicos⁹.



Figura 31. Imagen de Big Data

Big Data¹⁰ puede mejorar al agro mexicano en:

- Tomar decisiones de inversión agrícola a largo plazo o en planificación de la producción a corto / medio, analizando tendencias y evoluciones inerciales.
- En la producción agrícola, haciendo uso de las infraestructuras y maquinaria de agricultura de precisión, haciendo mejores previsiones de cosecha, mejorando y anticipando la probabilidad de ocurrencia de enfermedades o plagas, reduciendo impactos ambientales.
- En la transformación / manipulación de productos agroalimentarios, haciendo una mejor segmentación de los mismos, mejorando la calidad,

⁹ https://www.cenicafe.org/es/index.php/inicio/seminarios/inicio_seminario_big_data_en_la_agricultura

¹⁰ <http://www.agrointeligencia.com/big-data-agricultura-enrique-serrano/>

planificando y optimizando los recursos necesarios en el proceso de transformación, entre otras.

- En la logística y distribución de productos agroalimentarios, analizando mejor los procesos logísticos y optimizando costos y calidad de servicio.
- En la comercialización y marketing de productos agroalimentarios, conociendo y segmentando mejor la demanda, alineándola con la oferta, anticipando y gestionando a nuestro favor las oscilaciones e imperfecciones del mercado, analizando tendencias.
- En un sistema de precios inteligente más cercano al tiempo real y mejor adaptado para lograr un mejor equilibrio entre oferta y demanda evitando mermas provocadas por excedentes de producción.

2.3.2.7 Biotecnología

La genética de la caña de azúcar es una de las áreas del sector en que se han registrado mayores avances en investigación aplicada y tecnología. Es posible elegir el mejor tipo de caña de acuerdo a las condiciones agroclimáticas y agroecológicas y pueden utilizarse variedades teniendo en cuenta parámetros de resistencia a las plagas, productividad, concentración de sacarosa, la inclinación y el tamaño, entre otros.

La tendencia de la industria azucarera es hacia la producción de fuentes alternativas energéticas, para la obtención de biocombustibles como el bioetanol y el biodiesel y en la cogeneración de energía, es decir, la producción simultánea de vapor para procesos productivos y energía eléctrica¹¹.

La empresa Braskem la más grande productora de resinas termoplásticas del Continente Americano, desarrolló la resina de caña de azúcar con la que se está produciendo calzado a través de 150 marcas en cinco continentes son las banderas sostenibles que demuestran los esfuerzos de la compañía durante los últimos años para hoy ser un ejemplo de innovación en la industria¹².

¹¹ Asocaña. El Sector Azucarero Colombiano en la actualidad. <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>.

¹² <https://mercadoazucar.com/cana-de-azucar-y-otras-innovaciones-en-la-industria-del-plastico/>

Tetra Pak¹³ innova y lanza envases elaborados con caña de azúcar (Figura 32). Bonsucro es una organización global sin fines de lucro que existe para promover la producción, el procesamiento y el comercio sostenibles de caña de azúcar en todo el mundo, se ha asociado con Tetra Pak y su proveedor Braskem, lo que convierte a Tetra Pak en la primera empresa en la industria de envasado y procesamiento de alimentos en obtener plásticos de origen vegetal utilizados en algunos paquetes de Tetra Pak se producen a partir de caña de azúcar certificada por Bonsucro. El uso de materiales de origen vegetal ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, al disminuir los plásticos de un solo uso, así como a impulsar la necesidad de innovación sostenible.



Figura 32. Envase de Tetra Pak a base de caña de azúcar

Un grupo científico internacional encabezado por investigadores brasileños concluyó la secuenciación más completa hasta ahora realizada del genoma de la caña de azúcar comercial¹⁴. Se mapearon en ese trabajo 373,869 genes, cifra que corresponde al 99.1 % del total. Este conocimiento abre diversas posibilidades,

¹³ <https://mercadoazucar.com/tetra-pak-lanza-envases-con-cana-de-azucar-sostenible-certificada-por-bonsucro/>

¹⁴ <https://mercadoazucar.com/concluyen-la-mayor-secuenciacion-del-genoma-de-la-cana-de-azucar-comercial/> 11 diciembre, 2019

que van desde las aplicaciones en biotecnología y el mejoramiento genético hasta la edición génica, el reemplazo o la eliminación de genes con funciones específicas.

2.3.2.8 Revolución del Software Verde

Las herramientas de edición genética (como CRISPR-Cas9)¹⁵ van a convertir a los productos agrícolas en “alimentos programables” en una nueva era de la ingeniería genética en la que se puede editar, corregir y alterar el genoma de cualquier célula de una manera fácil, rápida, barata y, sobre todo, altamente precisa. Los alimentos serán programables con base a su código genético. El código genético es ese “Software Verde” y las nuevas tecnologías de edición genética son el “idioma y herramienta de programación”, si los alimentos son programables, todo es posible. Podemos superar las restricciones de tierra y agua y programar plantas que crezcan y se multipliquen en zonas no aptas actualmente para la agricultura (Figura 33).



Figura 33. Imagen Revolución del Software Verde

¹⁵ <http://www.agrointeligencia.com/la-revolucion-del-software-verde/>

2.4 Discusión

Con base en el análisis de la información estructurada de las 3,952 patentes de la caña de azúcar obtenidas de la base de datos Web of Science, se observa, que los nuevos retos de la agroindustria mexicana son la automatización de los procesos de producción tanto en campo como en fábrica, en la producción de fertilizantes y productos para el control de plagas y enfermedades orgánicos cada vez más amigables con el medio ambiente que no afecten la capacidad de asimilación de la naturaleza, la diversificación de productos, subproductos y co-productos derivados de la producción de la caña de azúcar son una excelente alternativa para incorporarse en nuevos mercados y las innovaciones para la alimentación de animales como cerdos, pollos, pescado, ganado bovino, entre otros.

Con base a el análisis de la información no estructurada se observan grandes avances en tecnología con aplicación en la agricultura tales como:

La agricultura de precisión que utiliza a la informática para el posicionamiento de los sistemas de control electrónico con aplicaciones en la telefonía celular, utiliza sensores, drones, tractores autoguiados, cosechadoras automatizadas, para el monitoreo del cultivo y la geolocalización de toda la actividad agrícola, gestión más eficiente del riego, aplicación selectiva de productos en el control de plagas y enfermedades, gestión de la trazabilidad del producto desde el campo hasta el consumidor final y control de calidad.

La inteligencia artificial que utiliza a la ciencia y la ingeniería para crear máquinas inteligentes, especialmente programas en computadora, a través de algoritmos de aprendizaje automático en el proceso de cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar, análisis de imágenes, evalúa los indicadores técnicos de exportación y económicos de la cadena productiva, utiliza el internet de las cosas para su interconectividad con redes eléctrica, Smartphone, buscando desarrollar soluciones sustentables a problemas ambientales globales.

El Big Data gestiona y analiza grandes volúmenes de información para la toma de decisiones, genera previsiones de cosecha, probabilidad de incidencias de plagas, interpretación de imágenes satelitales, logística y distribución de productos, comercialización y marketing, y sistema de precios inteligente un mejor equilibrio entre oferta y demanda evitando mermas provocadas por excedentes de producción.

La biotecnología, aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Para la generación de energías alternativas, cogeneración de energía, producción de resinas termoplásticas, producción de polímeros, plásticos vegetales, biocombustibles, etanol, biodiesel, y con el apoyo de la genética aplicada, para el desarrollo de variedades de caña de azúcar resistentes a plagas y enfermedades, sequias.

Aunque a la fecha no se ha liberado ninguna variedad biotecnológica a escala comercial, hay avances importantes en el desarrollo de cultivares con mayor contenido de sacarosa, resistentes a plagas, enfermedades, herbicidas y sequia (Gómez *et al.*, 2014).

El desarrollo de la agroindustria azucarera no solo ha sido en la producción de azúcar, con la implementación de nuevas tecnologías e innovaciones se han generado nuevos productos a partir de los productos residuales o subproductos, como son los residuos de la cosecha, el bagazo, las mieles finales y la cachaza que se han convertido luego de su transformación en productos de interés económico. Además de aprovechar económicamente los subproductos de la caña, el sector ha buscado nuevas alternativas para la obtención de otros derivados que contribuyan a revalorizar el cultivo.

En la cadena productiva de la caña de azúcar, la fase agrícola es responsable directa del éxito del proceso productivo, la incorporación de tecnologías avanzadas ha generado ventajas competitivas cuando son adoptadas. Por ejemplo, el control del cultivo y su continuo monitoreo por medio de satélites y

donde se han creado una serie de rutinas y procedimientos propios para la detección, identificación, calificación y cartografía del cultivo han contribuido al desarrollo de una agricultura de precisión para la caña de azúcar, reduciendo a mediano y largo plazo los costos de producción y haciendo más eficiente el manejo agronómico (Zafranet, 2019).

El término Agricultura de Precisión significa optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes para reducir la variabilidad de un proceso específico, en forma ambientalmente limpia (García y José, 2015)

El Big Data será capaz de anticiparse a las necesidades y demandas de los consumidores finales.

2.5 Conclusión

En estos tiempos, la agroindustria de la caña de azúcar, se ha convertido en una organización compleja y, por ello, debe definir estrategias orientadas a mejorar los procesos de toma de decisiones en búsqueda de nuevas oportunidades y detección de amenazas de manera anticipada. Cada vez se aprecia más el rol importante que tiene la Vigilancia Tecnológica, ya que optimiza la planeación estratégica, aumenta el conocimiento de mercado, para la toma de decisiones oportunas y competitivas.

La agroindustria de la caña de azúcar tiene que invertir en investigación y desarrollo tecnológico, adoptar las tecnologías existentes tanto en maquinaria y equipo para campo y fábrica, entonces: El campo cañero mexicano puede llegar a ser sustentable y sostenible a corto, mediano y largo plazo tanto social, económica como ecológicamente.

2.6 Literatura citada

- García, C., D, y J. José. 2015. Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de éstos a la agricultura de precisión.
- Gómez, F., L. Trejo, y H. Senties. 2014. Innovaciones biotecnológicas en la caña de azúcar para potenciar su uso como biofábrica. *Revista ATAM* 27: 33-41.
- González, A. 2015. Guía práctica InnoViTech: vigilancia tecnológica para la innovación.
- Kaup, F. 2015. The sugarcane complex in Brazil. The role of innovation in a dynamic sector on its path towards sustainability. Cham, ZG: Springer.
- Morcillo, P. 1997. Dirección estratégica de la tecnología e innovación: un enfoque de competencias.
- Ramírez, N. 2017. La inteligencia artificial. Nuevo enfoque en la evaluación de las máquinas en el complejo cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola* 4: 60-64.
- Rivera, A., M. Ortega, A. Melo, y H. Mier. 2017. Vigilancia tecnológica de plantas aromáticas: de la investigación a la consolidación de la agrocadena colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 18: 353-377.
- Saucedo, A., y S. Boza. 2011. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo. En: *Investigación y desarrollo e innovación para el desarrollo de los biocombustibles en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL, 2011. LC/L. 3394. p. 49-80.

CAPÍTULO III. PROSPECTIVA ESTRATÉGICA DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO AL 2030

3.1 Introducción

La prospectiva estratégica para la agroindustria de la caña de azúcar al 2030 en México, se ha planteado como una investigación que apunta a la articulación de la acción productiva en materia de desarrollo productivo, competitivo y social. El abordaje de este análisis con una mirada nacional que comprende a la agroindustria de la caña de azúcar, se hace con base a un análisis prospectivo en el que se articulan conceptos, herramientas y procedimientos de la corriente voluntarista francesa de los estudios de futuro, la prospectiva estratégica.

Hoy en día el mercado de azúcar enfrenta cambios en los patrones de consumo por cuestiones de salud “México ocupa el primer lugar mundial en consumo per cápita de agua azucarada y por consecuencia el primer lugar en diabetes”, y una creciente sustitución y consolidación de otros edulcorantes como el JMAF, que es 1.5 veces más dulce que la azúcar y más barato. Este sustituto es importado y se comercializa en el mercado nacional con un precio 38.2 % menor al de su país de origen. Entre el 2008 y 2020 se estimó que el consumo de azúcar disminuyó un poco más de un millón de toneladas, en tanto que el consumo de jarabe de maíz de alta fructuosa creció rápidamente a partir del 2010 hasta 1.4 millones de toneladas apropiándose de un 30 % del mercado de edulcorantes (Zafranet, 2019).

La industria refresquera mexicana una de las más grandes del mundo, utiliza 3 millones de toneladas de azúcar como edulcorante, que representa el 50 % del consumo nacional de azúcar. Esta industria cada vez utiliza menos azúcar de caña. No obstante, la importancia económica que tiene la caña de azúcar en el sector agrícola y el uso de la mano de obra en México, el mercado interno y externo apuntan a disminuir el consumo y demanda de este producto. Por lo que se vislumbran cambios estructurales en la producción nacional de caña de azúcar y por ende de azúcar y sus derivados.

Las organizaciones triunfadoras no han sido las que se han enfrascado en la rutina y el frenesí de la cotidianeidad, sino las que se han atrevido a pensar en el futuro como un factor de competitividad. La prospectiva es una metodología que enseña que no es necesario sufrir o padecer el futuro, sino que podemos construirlo, muestra que, si lo analizamos, adquirimos ventajas comparativas, sencillamente porque nos estamos adelantando a tomar decisiones que otros todavía no han pensado. De esta manera, es posible ganar la delantera e impedir ser sorprendidos por el futuro (Mojica, 2015).

Las empresas y compañías que se han lanzado a competir de frente con el propósito de alcanzar un crecimiento rentable y sostenido, han luchado por conseguir una ventaja competitiva, una mayor participación en el mercado y se han esforzado por diferenciarse de otras. Sin embargo, las empresas líderes del mañana, investigan y planifican ahora, con una prospectiva que les permita alcanzar el éxito, pero no luchando contra sus competidores sino creando espacios de mercados seguros listos para crecer (Chan Kim y Mauborgne, 2005). En este contexto, cualquier agroindustria, cualquier organización se ve en la necesidad de elaborar estrategias que orienten sus líneas de actuación en el futuro a corto, medio y largo plazo, que permita la reflexión sobre el porvenir de la agroindustria de la caña de azúcar y la toma de decisiones en presente.

Este estudio se nutrió de la indagación de fuentes secundarias para la elaboración del estado del arte y para la vigilancia tecnológica, y se desarrolló con la información y análisis aportado por expertos representantes de la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), quienes participaron activamente en los talleres.

La investigación se desarrolló siguiendo el Modelo de Prospectiva Estratégica que fue adaptado por el profesor Francisco José Mojica¹⁶. En consecuencia, se desarrollaron las siguientes etapas: elaboración del estado del arte o situación actual de la agroindustria de la caña de azúcar, reconocimiento de las tendencias y las mejores prácticas mundiales mediante la vigilancia tecnológica, la

¹⁶ Prospectivista y Director del Centro de Pensamiento Estratégico y Prospectiva, Universidad Externado de Colombia.

identificación de los factores de cambio, la determinación de las variables estratégicas o variables clave, el diseño de escenarios de futuro, la elección del escenario apuesta y la definición de las estrategias para alcanzarlo. Para cada una de estas etapas se seleccionaron y emplearon métodos y herramientas de las que dispone la prospectiva estratégica.

3.2 Metodología

En el marco de esta investigación, la disciplina prospectiva se asume como una herramienta para la formulación de estrategias y recomendaciones en la toma de decisiones en el ámbito competitivo de la agroindustria de la caña de azúcar.

Este proceso se llevó a cabo mediante la consulta a dos tipos de fuentes: secundarias y primarias. Las fuentes secundarias son la elaboración de dos documentos previos, estado del arte (Capítulo 1), y el estudio de vigilancia tecnológica (Capítulo 2), donde se acude especialmente a las bases de datos y los documentos existentes referentes a la agroindustria de la caña de azúcar. Las fuentes primarias se constituyeron por un grupo de expertos conocedores de la problemática y de las condiciones de la agroindustria de la caña de azúcar con la capacidad de tomar decisiones, con quienes se llevaron a cabo los cinco talleres de reflexión y análisis.

A partir de las cuales se plantean las siguientes preguntas esenciales.

1. ¿Cuáles son las variables estratégicas potenciales que van a definir la situación de la agroindustria de la caña de azúcar en el futuro?
2. ¿Qué opciones tiene la agroindustria de la caña de azúcar al 2030, en concordancia con las tendencias de la industria azucarera del futuro?
3. ¿Qué debemos hacer hoy para construir el futuro que queremos?

Los talleres con expertos, tiene además la finalidad de obtener un discurso análogo presencial entre los participantes con el fin de diseñar los escenarios de la agroindustria de la caña de azúcar del futuro, elegir el más conveniente y escoger las estrategias que nos permitirían lograrlo, pues el futuro “no se prevé sino se construye”, como lo indica el filósofo Maurice Blondel (Blondel, 1996).

El método persigue combinar la medición objetiva y cuantitativa de los fenómenos con la lectura que los expertos implicados hacen de la realidad. Esta lectura, debe llevar a la puesta en práctica el “triángulo griego” de Michel Godet (Godet, 1991b), que conduce a ir de la “anticipación a la acción”.

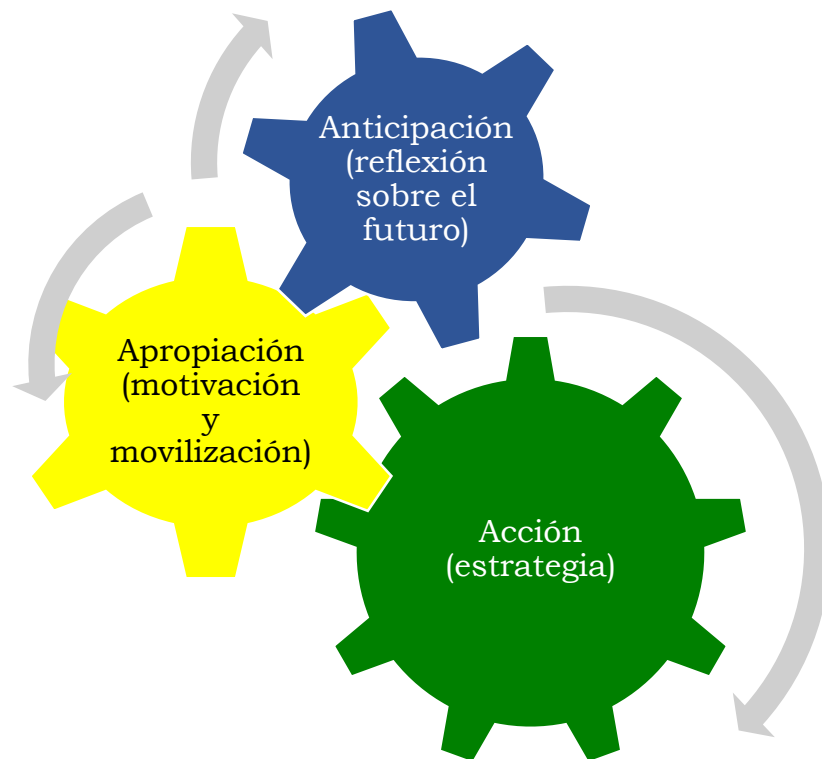


Figura 34. Teoría del Triángulo griego (Godet, 1991a).

Godet toma la teoría de los colores de Newton (Figura 34). El color azul representa el futuro, que sería el escenario más conveniente para la agroindustria de la caña de azúcar en México. Tal escenario es una conjetura que no va más adelante de ser una idea plausible, que deja de ser idea y se convierte en algo real y tangible por medio de la estrategia, representada en el color verde. Pero para que el azul se convierta en verde necesita del color amarillo. El color amarillo es la motivación y la movilización de los actores sociales en torno al diseño y construcción colectiva del futuro. Por esta razón es primordial la presencia de los actores sociales por medio de los “expertos” en los talleres de prospectiva.

3.2.1 Modelo prospectivo estratégico empleado

El modelo es una combinación de dos corrientes del pensamiento futuristas: por una parte, el “forecasting” de la escuela norteamericana, denominado “determinista” porque está más orientado a la predicción de los hechos y la escuela voluntarista, con algunas adecuaciones del Ph. D. Francisco José Mojica estas adecuaciones son una mayor incorporación de las fuentes secundarias, la necesidad de partir de un “estado del arte”, el involucramiento de la vigilancia tecnológica y la necesidad de traer un “juego de actores” el cual es propio de la escuela voluntarista la cual, a su vez lo toma prestado del análisis que las ciencias sociales hacen del cambio social (Mojica, 2008).

El proceso prospectivo se llevó a cabo mediante acceso a fuentes secundarias y fuentes primarias, cuyas etapas se pueden observar en la (Figura 35).

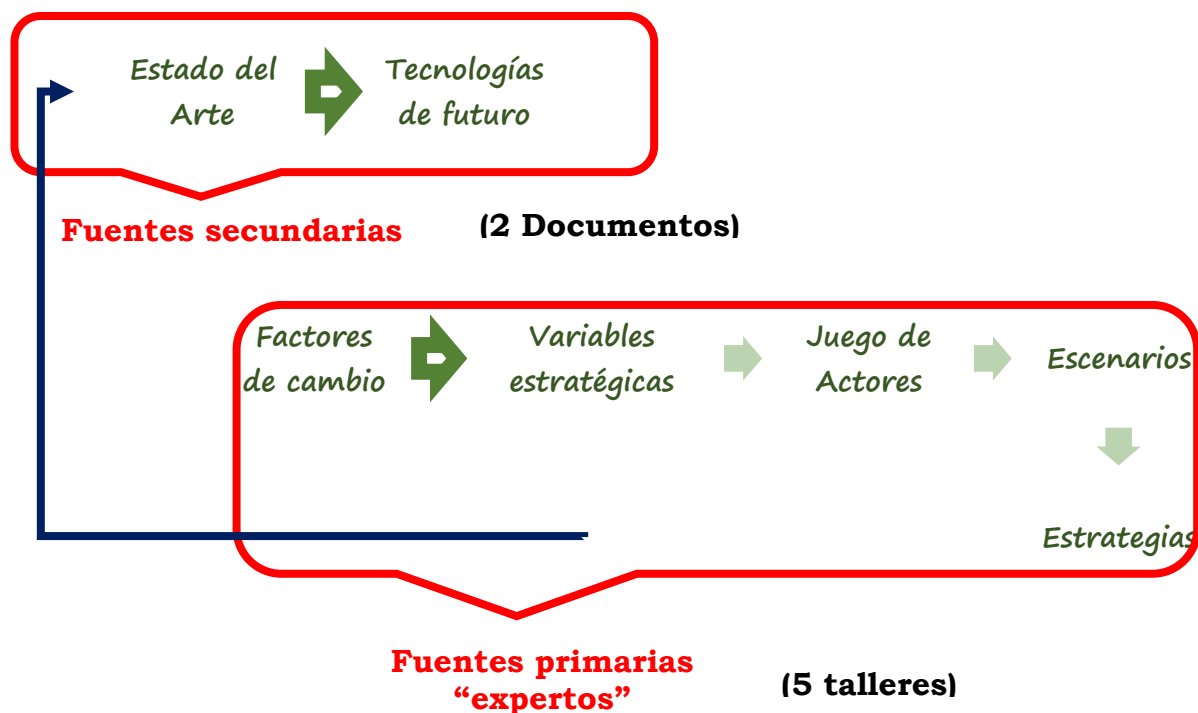


Figura 35. Modelo Prospectivo Estratégico (Mojica, 2008).

Este modelo tiende a facilitarnos la construcción del futuro, tarea en la cual intervienen factores de diferente índole.

El método persigue combinar la medición objetiva y cuantitativa de los fenómenos con la lectura que los expertos implicados hacen de la realidad. Unos que son las tendencias que tienen vida propia porque son capaces de proyectarse por sí solas a través del tiempo, es el caso del cambio tecnológico. Pero otros, la gran mayoría, son fenómenos de incertidumbre. Con los fenómenos de incertidumbre el tratamiento es diferente, como no tienen vida propia dependerán solamente de la capacidad que tengan los expertos de influir sobre ellos.

La prospectiva, mediante el diseño de escenarios y la elección de estrategias, no hace otra cosa que reducir la incertidumbre que pesa sobre estos factores llevando a cabo una verdadera “gestión” de tales fenómenos, la cual pasa por varias fases, desde la observación de las posibles alternativas de futuro, hasta el examen de las acciones que se debe poner en práctica para construir el futuro más conveniente.

3. 2. 2 Fuentes secundarias

3.2.2.1 Estado del arte

En esta fase se estudió la situación actual de la agroindustria de la caña de azúcar, su comportamiento económico, social, cultural, político, ambiental, organizacional, etc. Nos preguntamos ¿cómo es hoy la agroindustria de la caña de azúcar? y también ¿cómo era en el pasado?,. Se acude a la visión presente y a la retrospectiva. Esta información no es cualitativa, sino, se trató de lograr mediciones e indicadores de los fenómenos, es decir, obtener cifras que puedan respaldar las condiciones actuales e históricas (económicas, sociales, ambientales) de la agroindustria de la caña de azúcar.

3. 2. 2. 2 Vigilancia Tecnológica

Este documento es una condición previa al estudio prospectivo, consistió en reconocer las tendencias tecnológicas mundiales, que pueden ser pertinentes para impulsar nuevas alternativas y la identificación de las tecnologías de futuro que van a orientar su comportamiento. El estudio involucra reconocer los “patrones de especialización” que son las actividades económicas que van a orientar el desarrollo económico del futuro de la agroindustria de la caña de azúcar dentro de las condiciones de la economía y la sociedad del conocimiento. Esta actividad se llevó a cabo sirviéndose de buscadores de datos especializados.

3. 2. 3 Fuentes primarias

Son cinco talleres que se realizaron con los expertos. Se parte de los resultados que ha arrojado el Estado del Arte (Capítulo 1) y se tienen en cuenta, en todo momento, los resultados del estudio de Vigilancia Tecnológica (Capítulo 2), con esta información se dio inicio a los cinco talleres.

Los expertos que participaron en los talleres de este trabajo de investigación forman parte de una reconocida dependencia a nivel nacional el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) en el (Cuadro 4) se muestran los nombres de los participantes que poseen alto nivel en el conocimiento y decisión de la agroindustria de la caña de azúcar.

Cuadro 4. Relación de expertos participantes en los talleres

	Nombre	Función
1	Dr. Luis Ramiro García Chávez	Director General de la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)
2	Lic. Ariel Osoyo Katcher	Director de política comercial de CONADESUCA
3	Lic. María Dolores García Maturano	Directora de administración de CONADESUCA
4	Lic. José Fernández Betanzos	Director de información estadística, proyecciones y comunicación de CONADESUCA
5	Lic. Fabiola Rico Morfin	Titular de la unidad Jurídica de CONADESUCA
6	Dr. Pedro Rubén Aquino Mercado	Subdirector de eficiencia productiva de CONADESUCA
7	Ing. Ángel Covarrubias Domínguez	Responsable del programa de etanol de CONADESUCA
8	Ph. D. Diego Esteban Platas Rosado	Investigador Titular del COLPOS Veracruz

3. 2. 3. 1 Primer Taller: Factores de cambio

Exploración de los factores de cambio, los cuales recogen los “puntos críticos” del “Estado del Arte” e involucran nuevos fenómenos que van a permitir reconocer las condiciones de la agroindustria de la caña de azúcar del futuro. Los factores de cambio son llamados así porque implican fenómenos que indican los cambios que va a soportar el sistema. En este taller se aplicó la técnica de “el análisis de ideas preconcebidas” o “estereotipos” dando como resultado una lista en borrador de todos los factores de cambio de los fenómenos: económicos, sociales, culturales, ambientales y políticos que describen el comportamiento de la agroindustria de la caña de azúcar y de su entorno, donde los expertos propusieron, eligieron y cambiaron los más relevantes.

3. 2. 3. 2 Segundo Taller: Variables estratégicas

Precisión de las variables estratégicas. Las “Variables Estratégicas” provienen de los “Factores de Cambio”. Son los elementos que van a servir de puntal y soporte para llevar a cabo la exploración del futuro.

No todos los factores encontrados en la fase anterior son importantes, sino unos pocos que llamaremos variables estratégicas o variables clave. Para la selección de estas, utilizaremos el análisis estructural que Michel Godet diseñó con el nombre de Método “MicMac” y es un aporte a la “Caja de herramientas” (Godet, 2007).

En este taller se priorizaron los factores de cambio más relevantes y obtuvo su disposición dentro de un contexto donde estos elementos se articulan según sus relaciones de causalidad. Un sistema se presenta en forma de un conjunto de elementos relacionados entre sí. La estructura del sistema, es decir, la red de relaciones entre estos elementos, es esencial para comprender su evolución, puesto que esa estructura conserva cierta permanencia.

El objetivo del análisis estructural fue precisamente poner de relieve la «estructura» de las relaciones entre las variables cualitativas cuantificables o no, que caracterizan a la agroindustria de la caña de azúcar y su contexto. Concretamente el análisis estructural ofrece la posibilidad de describir un sistema mediante el uso de una matriz que interconecta todos los componentes del sistema. Este método permite estudiar estas relaciones e identificar las variables esenciales.

Con el análisis estructural se lograron dos objetivos complementarios: En primer lugar, lograr una representación lo más exhaustiva posible del sistema estudiado y en segundo lugar reduce la complejidad del sistema a sus variables esenciales. Este estudio se realizó por un grupo de trabajo compuesto por expertos con experiencia demostrada que forman parte de una reconocida dependencia a nivel nacional la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA).

El análisis estructural para el estudio prospectivo de la agroindustria de la caña de azúcar comprende tres etapas:

- a) Identificación de las variables.
- b) Localización de las relaciones en la matriz del análisis estructural.
- c) Búsqueda de las variables clave a través del método MicMac.

a) Identificación de las variables

Partiendo de los factores de cambio del taller número uno, en esta etapa los expertos seleccionaron una lista lo más exhaustiva posible de las variables que caracterizan el sistema de la agroindustria de la caña de azúcar y su contexto de varias decenas de factores que se tuvieron en cuenta, con base en la siguiente pregunta ¿cuáles son los factores que condicionaran la evolución de la agroindustria de la caña de azúcar? para obtener así una lista relativamente homogénea para establecer la diferencia entre las variables internas y las variables externas. Las variables internas son las que caracterizan el subsistema objeto del estudio; las externas, las que constituyen su contexto.

b) Localización de las relaciones en la matriz del análisis estructural

En una visión sistemática del mundo, una variable solo existe por sus relaciones. De hecho, en la elaboración de la lista anterior, fue precisamente la presencia intuitiva de algunas relaciones lo que nos hizo pensar en la existencia de una u otra variable.

El análisis estructural consistió en interrelacionar las variables en un cuadro de doble entrada (matriz de análisis estructural), (Anexo 1). Antes de concluir que existe una relación entre dos variables, el grupo de análisis

prospectivo respondió sistemáticamente a tres preguntas:

¿Existe una relación de influencia directa entre la variable i y la variable j ? si es no, anotamos 0, en el caso contrario, nos preguntamos si esta relación de influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3).

El llenado de la matriz en general es cualitativo, pero también cuantificado. De esta forma, se distinguen varias intensidades de las relaciones directas: ninguna, fuertes, medias y débiles. En el cumplimiento clásico, estas intensidades son anotadas respectivamente por los valores 0, 3, 2 y 1. De esta manera puede introducirse una cierta dinámica en el análisis estructural y contrastar la sensibilidad de ciertos resultados en función de la intensidad de las relaciones consideradas.

c) Búsqueda de las variables clave a través del método MicMac

Después de haber establecido una lista lo más exhaustiva posible de las variables que deben tenerse en cuenta, se procede a reducir la complejidad del sistema y a identificar las variables clave que habría que estudiar en primer lugar.

Cuando se trabaja con un subsistema interno, en relación con un contexto externo, hay dos tipos de variables esenciales. Por una parte, las variables externas, que son las que ejercen mayor influencia y las que ofrecen una mayor explicación (determinantes principales del sistema); por la otra, las variables internas, que son las más sensibles a ese contexto. Las variables contextuales que no parecen ejercer una influencia sobre el sistema estudiado podrán dejarse de lado.

El objetivo del método MicMac es identificar las variables más motrices e influyentes y más dependientes (variables clave), construyendo una tipología de las variables mediante clasificaciones directas e indirectas.

En efecto, además de las relaciones directas, también existen relaciones indirectas entre variables, mediante cadenas de influencia y bucles de reacción (retroalimentación). Una matriz corriente que incluye varias decenas de variables puede comprender varios millones de interacciones en forma de cadenas y bucles. Para la mente humana es imposible imaginar e interpretar una red de relaciones de tal magnitud.

El método MicMac, es un programa de multiplicación matricial aplicado a la matriz estructural, permite estudiar la difusión de los impactos por los caminos y bucles de reacción y, por consiguiente, jerarquizar las variables por orden de motricidad e influencia y por orden de dependencia.

Principio del método MicMac: Elevación de la matriz a una potencia, se basa en las propiedades clásicas de las matrices booleanas, que se describen brevemente a continuación.

La clasificación directa (Figura 36) es la resultante del juego de relaciones a corto y medio plazo; por lo general su horizonte corresponde a menos de un decenio, verifica la causalidad impacto directo de la variable A sobre la variable B

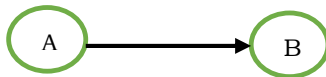


Figura 36. Clasificación directa de la variable A con la variable B

La clasificación indirecta MicMac permite pues, clasificar las variables en función de la influencia que ejerce o que reciben, teniendo en cuenta toda la red de relaciones descrita por la matriz de análisis estructural (Figura 37).

La clasificación indirecta integra efectos en cadena que requieren necesariamente tiempo y nos sitúa en un horizonte más alejado que el medio y el corto plazo (1-15 años).

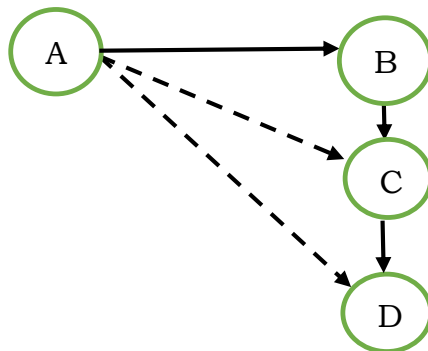


Figura 37. Clasificación indirecta de la variable A con las de más variables

Como ya se señaló, es interesante apuntar que las clasificaciones en línea y columna se hacen estables a partir de cierta potencia. Sin embargo, las

clasificaciones de la matriz elevada a cierta potencia señalan claramente la importancia de algunas variables según los efectos indirectos de retroalimentación.

Se trata de hacer evidentes las variables más motrices y las más dependientes. Se entiende que las variables motrices e influyentes son aquellas cuya evolución condiciona más el sistema, tanto que las variables dependientes son las más sensibles a la evolución de este sistema.

Cada variable lleva un indicador de motricidad y un indicador de dependencia sobre todo el sistema. El conjunto de las variables puede, por tanto, situarse en un plano de motricidad e influencia-dependencia (Figura 38).

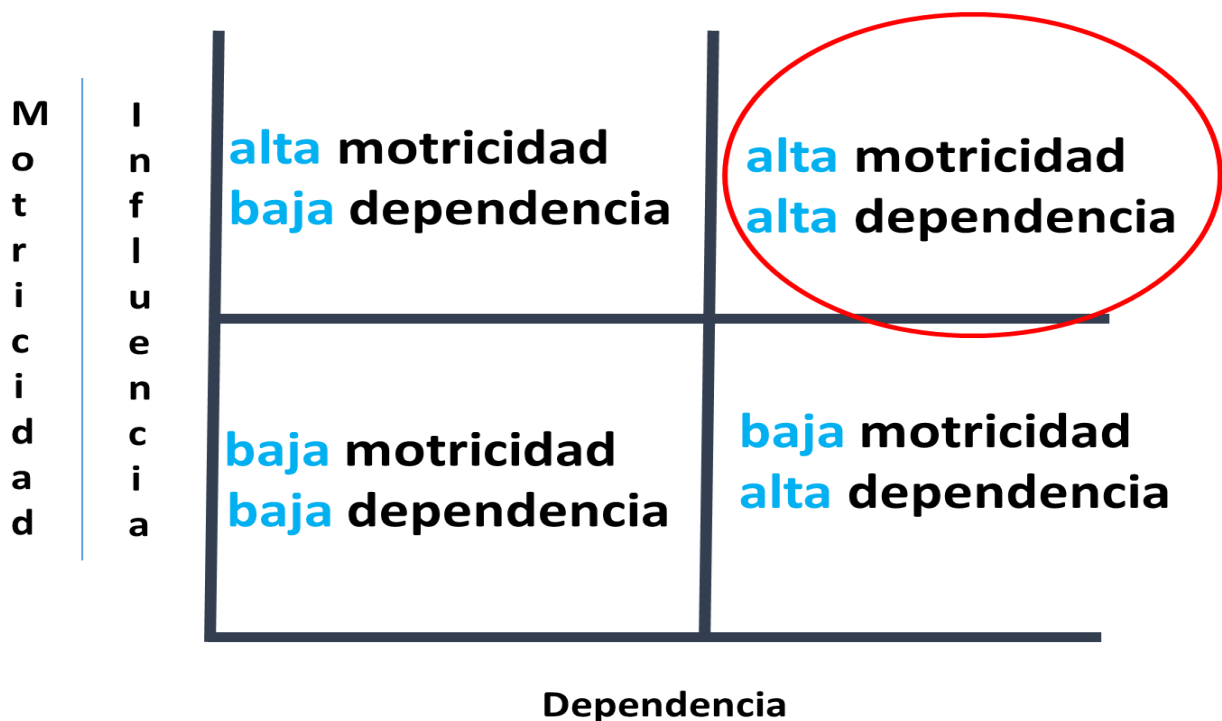


Figura 38. Plano de identificación de las variables estratégicas.

La lectura atenta de este plano provoca múltiples comentarios y reflexiones en el seno del grupo de trabajo. Se trata de la motricidad e influencia o de la dependencia. La comparación de las clasificaciones (directa e indirecta), obtenidas por sencillas proyecciones sobre los ejes de los planos, es rica en

enseñanzas para la investigación de los determinantes principales del fenómeno estudiado y sus parámetros más sensibles.

La investigación de las variables clave impone una visión global del sistema estudiado y excluye desde el primer momento el reducirse al análisis de unas pocas variables, puesto que de lo que se trata precisamente es de identificar estas variables esenciales entre varias decenas de otras variables.

3.2.3.3 Tercer Taller: Poder y estrategias de los actores sociales

Reconocimiento y estrategias de los actores sociales que van a decidir el futuro de la agroindustria de la caña de azúcar, definición del poder que manejan y capacidad de afectar el futuro. La prospectiva estratégica no solo maneja fenómenos, sino que en su búsqueda por interpretar verosímilmente la realidad se lanza a reconocer los grupos humanos o actores sociales que están ocultos detrás de los fenómenos estudiados.

El análisis de actores es un elemento que la prospectiva toma prestado de la sociología, consiste en reconocer que detrás de los fenómenos que hacen parte de la agroindustria de la caña de azúcar. Los actores son un grupo de humanos constituidos para defender sus intereses ejerciendo el poder que tienen, por lo tanto, generan alianzas con otros actores con quienes tengan coincidencias de intereses y conflictos con otros actores con quienes no estén de acuerdo con sus intereses. El poder es la capacidad que tiene alguien de doblegar la voluntad de otro (Dahl, 1957).

La identificación de relaciones de los actores sociales, tanto nacionales como internacionales, es fundamental para explorar las circunstancias en que opera la agroindustria de la caña de azúcar porque se trasciende del análisis de los fenómenos, al examen del comportamiento humano. Se reconocen los actores que van a incidir en el desempeño de la agroindustria, estos actores necesariamente irán a estar ubicados dentro de una de las siguientes categorías: el estado, los medios de producción, la academia y la sociedad civil.

Se realiza un estimativo del grado de poder que maneja cada uno de ellos y se formulan las principales estrategias que los actores sociales pueden utilizar para defender sus intereses.

Por esta razón, en este taller se estudió el comportamiento de los actores sociales que tienen relación con las variables estratégicas, aquí los expertos determinaron 11 actores sociales, un reto por variable, los conflictos, las posibles jugadas o las estrategias que se deben diseñar para lograr el “escenario apuesta”. Para este análisis se utilizó el software “Mactor” (Godet, 2007).

El método Mactor

El método de análisis de juego de actores, Mactor busca valorar las relaciones de fuerza entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de retos asociados. El objetivo es el de facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y de conflictos. La experiencia muestra que un número de actores comprendido entre diez y veinte constituye un compromiso realista y operativo. El método Mactor comprende tres fases:

Fase 1: identificar los retos estratégicos

Teniendo identificados a los 11 actores sociales y a las cinco variables estratégicas, los expertos establecieron un reto para cada variable estratégica, el reto es el objetivo o empeño difícil de llevar a cabo y que constituye por ello un estímulo o un desafío para quien lo afronta, estos retos dividen a los actores a favor y en contra.

Fase 2: Evaluar las relaciones de fuerza de los actores

Se construye una matriz de influencias directas (actores x actores) (Anexo 2), valorizando los medios de acción de cada actor. Con el programa Mactor, se calculan las relaciones de fuerza teniendo en cuenta los medios de acción directos e indirectos que un actor puede actuar sobre otro por mediación de un tercero.

Los expertos calificaron según el grado de influencia, de acuerdo a cuatro niveles de relaciones entre los actores: un actor no tiene ninguna influencia sobre otro (0); un actor puede poner en riesgo de forma limitada los procesos operativos de gestión de otro actor (1); un actor puede poner en riesgo el éxito de los proyectos de otro actor (2), un actor pone en riesgo su propia existencia del otro actor (3). Se ubica entonces a los diferentes actores en un plano de influencia y dependencia. El análisis de las relaciones de fuerza pone de manifiesto las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos, su capacidad de congelar una situación, etc.

El plano de influencia y dependencia (Figura 39), revela cuatro posiciones: la de los actores dominantes muy influyentes y poco dependientes; en el otro extremo, la de los actores de enlace poco influyentes y muy dependientes; la de los actores influidos poco influyentes y poco dependientes y finalmente, los actores autónomos: ni influyentes, ni dependientes en relación con el sistema estudiado.

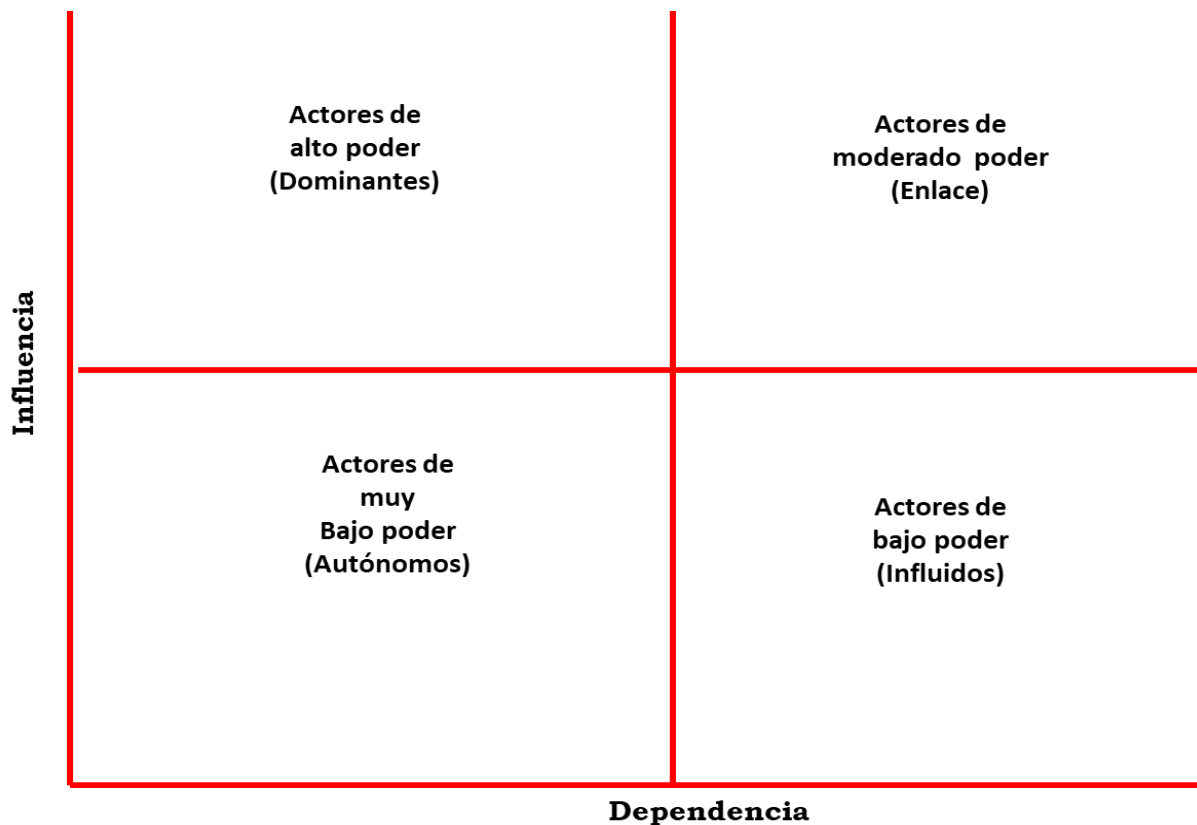


Figura 39. Plano de influencia dependencia de los actores sociales.

Fase 3: Identificar los retos estratégicos

El encuentro y confrontación de los actores en función de sus fines, proyectos y medios de acción, permite revelar un determinado número de retos estratégicos en los que los objetivos convergen o divergen.

Esta etapa permite describir, en una matriz (actores x objetivos), la actitud actual de cada actor en relación con cada objetivo, indicando su aprobación (+1), desaprobación (-1) o neutralidad (0) (Anexo 3).

Para enumerar los juegos de alianzas y de conflictos posibles, el método Mactor precisa del número de retos sobre los cuales los actores, tomados de dos a dos, están en convergencia o divergencia.

Se establecen dos primeros gráficos complementarios de convergencias después de las divergencias posibles. Permiten visualizar los grupos de actores en convergencia de intereses, de evaluar su grado de libertad aparente, de identificar los actores más amenazados potencialmente y de analizar la estabilidad del sistema.

En este análisis se identificó la postura de los actores involucrados, se analizó sus influencias y se evaluó las relaciones de fuerza determinados en la matriz MIDI, se identificaron los retos estratégicos y los objetivos asociados para posicionar a cada actor con respecto a cada objetivo (matriz Mao), se reconoció las convergencias / divergencias (posiciones simples) y se formularon las recomendaciones, estrategias coherentes y formar preguntas clave para el futuro.

3. 2. 3. 4 Cuarto Taller: Diseño de escenarios de futuro

El diseño de los escenarios de futuro es la fase más importante del proceso prospectivo porque permite visualizar diferentes situaciones de la tecnología y sus demás condicionantes, de modo que frente a estas diversas alternativas se puede escoger la más conveniente (Mojica, 2015). El futuro es múltiple, existen varios futuros posibles y el camino que conduce a uno u otro no forzosamente es único. La descripción de un futuro y de la trayectoria asociada a él constituyen un escenario (Godet y Durance, 2009).

El diseño de “escenarios o imágenes de futuro” permiten precisar las visiones del desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar que deseamos construir al horizonte de los próximos diez años.

Los escenarios “posibles” son situaciones que pueden suceder en el futuro. Están basados en el concepto de lo “posible”, definido como lo que puede acontecer porque no riñe con la racionalidad, es decir con el sentido común. Los escenarios posibles son numerosos, que corresponden a condiciones susceptibles de ocurrir. Entre estos habrá uno que más nos interesa que se denomina “escenario apuesta” y que será destacado para ser construido por medio de estrategias. El “escenario apuesta” se elige examinando las consecuencias que tendrían los restantes escenarios de manera que se escogerá el que presente las implicaciones más convenientes para la agroindustria de la caña de azúcar.

Los escenarios “probables” son situaciones que van a suceder porque tenemos buenas razones para afirmarlo. Hay, por lo tanto, unos más probables que otros. Así mismo, el estimativo de otros escenarios menos probables nos puede dar indicios de otras situaciones que podrían ocurrir y que deberíamos evitar. Con esta información se construye un “plan vigía” que nos alerta lo que podría pasar. El diseño del futuro se logra necesariamente a través de la redacción de escenarios, para lo cual se utilizaron las herramientas: el análisis morfológico, el análisis multicriterios, los ejes de Peter Schwartz y el sistema de matriz de impacto cruzado (Smic). Estas herramientas permiten reducir la incertidumbre estimando las probabilidades subjetivas de las diferentes combinaciones, o de los diferentes acontecimientos clave para el futuro.

El análisis morfológico está orientado a explorar de manera sistemática los futuros posibles, permite analizar el sistema estudiado por dimensiones esenciales, partiendo del estudio de todas las combinaciones resultantes de la desagregación de un sistema.

El análisis morfológico es una técnica que consta de tres grandes fases.

- ❖ Definir de las metas por cada variable estratégica en atención a los restos
- ❖ Espacio morfológico
- ❖ Elección de los escenarios posibles

Los expertos mediante un consenso y una profunda reflexión establecen tres metas, para cada variable estratégica, hacen uso de toda la información necesaria para definir metas puntuales y objetivas las cuales componen los diferentes escenarios, segundo el conjunto de estas combinaciones representa el campo de los posibles, también llamado “espacio morfológico” para esta investigación es de $(3^5) = 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$ teniendo una combinación de 243 posibles escenarios, y por último dentro de estos escenarios posibles los expertos eligen uno o varios “deseables” que se denominan “apuesta” porque constituyen el futuro por el cual apostara la agroindustria de la caña de azúcar.

Para comprobar si el análisis morfológico es coherente se aplican dos herramientas, los ejes de Peter Schwartz y el ábaco de Régnier. Los ejes de Peter Schwartz son muy simples porque reduce las alternativas de escenarios solamente a cuatro, algunas veces se utiliza directamente, otras veces se emplea para obtener una visión panorámica de las visiones de futuro logradas mediante los dos métodos anteriores. El ábaco de Régnier es un método original de consulta a expertos, este interroga a los especialistas y procesa sus respuestas, en tiempo real o por correo, gracias a un voto basado en una escala de colores. Para el autor, esta técnica es un "nuevo enfoque de la comunicación interactiva, que utiliza una escala ordinal de colores, con los datos que se pueden representar en una tabla. Esto favorece la expresión de opiniones y representaciones, así como la evolución de los individuos y los grupos. Percibir los territorios de consenso y disenso resulta sencillo y rápido (Régnier, 1989). La lógica utilizada por el ábaco es la de los tres colores del semáforo (verde, amarillo y rojo) más el verde claro y el rojo claro (que permiten matizar las opiniones). El blanco permite votar en blanco y el negro abstenerse. Por tanto, se trata de una escala de decisión por medio de los colores.

Una vez determinado el escenario apuesta por los expertos se utiliza el software Smic para ver la probabilidad de ocurrencia de este escenario.

Impactos cruzados probabilizados (Smic-prob-expert) (programa clásico de minimización de una forma cuadrática con límites lineales)

El método ProbExpert (Smic), fue desarrollado por Michel Godet es un software que trabaja con probabilidades simples y condicionales. Permite definir el escenario más probable que no es sino el camino por donde se está orientando a la agroindustria de la caña de azúcar que se está analizando. Pero al mismo tiempo nos señala otras imágenes de futuro menos probables que son también susceptibles de ser analizadas.

Los métodos de impactos cruzados probabilistas vienen a determinar las probabilidades simples y condicionadas de metas o eventos, así como las probabilidades de combinaciones de estos últimos, teniendo en cuenta las interacciones entre los eventos y/o metas. El objetivo de estos métodos no es solamente el de hacer destacar los escenarios más probables, sino también el de examinar las combinaciones de metas que serán excluidas a priori (Godet y Durance, 2009).

Descripción del método

El Smic-Prob-Expert, es una de las herramientas, que permite escoger, en un sistema con n metas y partiendo de la información aportada por los especialistas, entre las 2^n imágenes posibles (juegos de metas), las que se deberían estudiar particularmente por su probabilidad de materialización. Smic-Prob-Expert permite, según expertos, delimitar los futuros más probables que podrán posteriormente servir de base para la construcción de escenarios.

En un primer momento, el Smic-Prob-Expert parte de cinco o seis metas fundamentales y de algunas hipótesis complementarias. Para garantizar que las metas escogidas sean primordiales para el sistema estudiado, conviene basarse en los resultados de un análisis estructural y de un análisis de juego de actores que permitieron identificar las variables clave.

El software necesita de la calificación de los expertos en tres momentos:

- Evaluar la probabilidad simple de realización de una meta desde una probabilidad 0.1 (muy débil) hasta una probabilidad 1 (acontecimiento muy probable)

- Evaluar bajo forma de probabilidad condicional positiva cada meta tomando como referencia la probabilidad simple en función de todas las demás; tomando en cuenta todas las preguntas que el experto debe plantearse, se le exige revelar la coherencia implícita de su razonamiento.
- Evaluar bajo forma de probabilidad condicional negativa cada meta tomando como referencia la probabilidad simple en función de todas las demás; tomando en cuenta todas las preguntas que el experto debe plantearse, se le exige revelar la coherencia implícita de su razonamiento.

Con el promedio de las probabilidades definidas por el conjunto de los especialistas para cada escenario, se puede definir una jerarquía entre los escenarios y por consiguiente elegir escenarios más probables. Es conveniente entonces realizar en el seno de los escenarios una selección de tres o cuatro entre los cuales debe figurar al menos un escenario de referencia (con una fuerte probabilidad media) y escenarios contrastados.

Se continua con la redacción de los escenarios y se elabora el plan vigía.

3.2.3.5 Quinto Taller: Elección y priorización de Estrategias

Descripción de las “estrategias”, entendidas como objetivos y acciones por medio de las cuales se comenzará desde ahora a construir el escenario por el cual los expertos apostaron, estas acciones deberán ser pertinentes e igualmente controlables por los “actores sociales” encargados de ponerlas en práctica; Estas acciones dan lugar a proyectos.

En el marco de un procedimiento de prospectiva estratégica, el objetivo es casi siempre identificar proyectos coherentes, es decir, opciones estratégicas compatibles con la identidad de la empresa y con los escenarios de evolución más probables del entorno (Godet y Durance, 2009).

Una vez reconocido el escenario por el cual apuesta la agroindustria de la caña de azúcar se requiere garantizar que se realice. Esta fase es muy importante porque en ella precisamos la acción específica que deberán llevar a cabo los

actores sociales para iniciar la construcción del futuro que hemos determinado como más aconsejable.

Godet y Durance definen al “planeamiento estratégico prospectivo como un nuevo enfoque de planeamiento que consiste en guiar a todos los planeamientos estratégicos de la organización hacia un futuro, creando escenarios futuros que desea alcanzar la organización, y tomando medidas correctivas para un presente más deseado y para alcanzar aquel escenario posible, deseable y probable” (Godet y Durance, 2007).

Una estrategia se define como la sumatoria de una meta y unas acciones. Las metas provienen necesariamente del escenario elegido como apuesta y las acciones son identificadas y analizadas por los expertos. Existen varias maneras de precisar las acciones; para nuestro caso se aplicó el ábaco de Régnier que nos permitió priorizar las acciones según su grado de pertinencia con las metas.

Cabe mencionar que el análisis prospectivo solo llega hasta las estrategias y propone el nombre de los posibles proyectos que se deriven de las acciones propuestas y analizadas.

3. 3 Resultados

3. 3. 1 Primer taller: Factores de cambio

Los factores de cambio son fenómenos: económicos, sociales, culturales, ambientales y políticos, susceptibles de evolucionar positiva o negativamente; representan, por lo tanto, situaciones con capacidad de modificarse. Estos fenómenos fueron identificados en el primer taller de expertos con base en los “puntos críticos” del “Estado del Arte”. Se asume que la realidad no es estática, sino que está sometida a un cambio constante y continuo; es un proceso diacrónico, vale decir que asume su evolución natural en el tiempo, como lo indica la etimología de esta palabra.¹⁷

¹⁷ δια (a través de) y χρόνος (tiempo)

Con base a los resultados del estado del arte y vigilancia tecnológica, los expertos eligieron 65 factores de cambio divididos en cinco dimensiones (Cuadros 5, 6, 7, 8, y 9).

Cuadro 5. Factores de cambio de la dimensión económica

Fenómenos económicos	
1	Competitividad (sustitutos, calidad y precios)
2	Mercado (cadena productiva)
3	Productividad (campo y fábrica)
4	Costos de producción (campo y fábrica)
5	Diversificación (subproductos, co-productos)
6	Precios internacionales del azúcar (subproductos, co-productos)
7	Costos del transporte
8	Rentabilidad
9	Recursos financieros (rentabilidad económica)
10	Globalización
11	Tenencia de la tierra
12	Bajos rendimientos (campo y fábrica)
13	Infraestructura (Eficiencia de los ingenios)
14	Precio de insumos
15	Ordenamiento del campo altamente productivo
16	Presupuesto para CONADESUCA
17	Acuerdos de suspensión
18	Etiquetado nutrimental
19	Sistema de pago de materia prima
20	Competencia con otros cultivos

Cuadro 6. Factores de cambio de la dimensión social

Fenómenos sociales	
21	Educación (básica, media y superior)
22	Cultura
23	Bienestar social (bajos ingresos) (productor)
24	Implementación de servicios
25	Responsabilidad social (fábrica y campo)
26	Seguridad social
27	Índices de pobreza y marginación
28	Situación de cortadores
29	Equidad y género
30	Trabajo infantil
31	Migración
32	Edad de productores
33	Campañas negativas sobre de azúcar de caña

Cuadro 7. Factores de cambio de la dimensión ambiental

Fenómenos ambientales	
34	Sustentabilidad
35	Energía (cogeneración de energía)
36	Cambio climático
37	Uso de la tierra (degradación de suelos)
38	Productos orgánicos
39	Contaminación (suelo, agua y aire) (campo y fábrica)
40	Manejo del agua (campo y fábrica)
41	Buenas prácticas agrícolas
42	Agenda 2030

Cuadro 8. Factores de cambio de la dimensión política

Fenómenos políticos	
43	Marco normativo
44	Impacto organizaciones sindicales (fábrica)
45	Políticas públicas incluyentes diferenciadas
46	Nuevo arreglo institucional
47	Impacto organizaciones cañeras (campo, cañeros libres)
48	Poder de negociación (alianzas)
49	T-MEC (exportaciones e importaciones)
50	Conflictos
51	Informalidad en las relaciones contractuales
52	Relación ejecutivo-legislativo
53	Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña Azúcar no establece sanciones para incumplimientos

Cuadro 9. Factores de cambio de la dimensión tecnológica

Fenómenos tecnológicos	
54	I + D + I +TT (Investigación, Desarrollo e Innovación Transferencia de Tecnología)
55	Conectividad (comunicaciones)(carreteras)
56	Equipamiento (fábrica, campo y mercado)
57	Automatización (fábrica y mercado)
58	Agricultura de precisión (sensores, drones)
59	Capacitación (fábrica, campo y mercado)
60	Tecnologías de la información (Internet de las cosas, Big Data)
61	Tecnologías emergentes (biotecnología, nanotecnología)
62	Plataforma de información
63	Interoperabilidad
64	Adaptabilidad de tecnologías
65	Infraestructura para investigación (campo experimental)

3. 3. 2 Segundo taller: Variables estratégicas

Como se ha dicho, las variables estratégicas son los fenómenos que van a servir de pilar y soporte de las etapas posteriores de esta investigación. A partir de ellas se establecieron los retos de la agroindustria de la caña de azúcar, lo mismo que las metas de los escenarios y las estrategias que serán necesarias alcanzar para construir el futuro de la agroindustria.

El reconocimiento de las variables estratégicas se llevó a cabo por dos caminos, en primer lugar, se priorizaron los factores de cambio, para lo cual se pidió a los expertos que tuvieran presente la importancia de cada factor con respecto a la misión del CONADESUCA “proponer y coordinar la instrumentación de políticas públicas que promuevan la eficiencia, rentabilidad y sustentabilidad del sector, y que garanticen el abasto nacional de azúcar, a fin de contribuir al logro de un México próspero”. Este proceso se puede denominar priorización simple y para cumplirlo se empleó una escala de puntuación le asignaron el número 25 al factor de cambio más importante y relevante para la agroindustria de la caña de azúcar y así sucesivamente hasta llegar al número 1, se analizó la información en una tabla en Excel y los 25 factores de cambio que más puntuación tuvieron, se observan en el (Cuadro 10).

Cuadro 10. 25 Factores de cambio más relevantes e importantes

Factores de cambio	
1	Investigación, Desarrollo e Innovación Transferencia de Tecnología (I + D + I +TT)
2	Diversificación (DIVERSIFIC)
3	Competitividad (COMPETITIV)
4	Mercado (MERCADO)
5	Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA-SANC)
6	Agricultura de precisión (AGRIC-PREC)
7	Costos de producción (COST-PROD)
8	Contaminación (CONTAMINAC)
9	Ordenamiento del campo altamente productivo (ORDEN-TERR)
10	Productividad (PRODUCTIVI)
11	Sustentabilidad (SUSTENTABI)

12	Tecnologías emergentes (TECNOL-EME)
13	Tecnologías de la información (TECNOL-INF)
14	Infraestructura para investigación (INFRA-INVE)
15	T-MEC (T-MEC)
16	Automatización (AUTOMATIZA)
17	Cambio Climático (CAMB-CLIMA)
18	Políticas públicas incluyentes diferenciadas (POLIT-PUBL)
19	Infraestructura (INFRAESTRU)
20	Globalización (GLOBALIAZA)
21	Precios internacionales del azúcar (PREC-INTER)
22	Etiquetado nutrimental (ETIQ-NUTRI)
23	Sistema de pago de materia prima (SIST-PAG-M)
24	Manejo del agua (MANJO-AGUA)
25	Marco normativo (MARCO-NORMA)

A partir de este listado de factores se buscó una estructura lógica de la causalidad, verificando la influencia que uno de los fenómenos tiene sobre otros, con tal efecto se realizó un “análisis estructural”, técnica propuesta bajo el nombre de “MicMac” que permitió configurar una percepción sistémica agrupando los factores en tres niveles, según la manera como unas influyen sobre otras.

En el (Cuadro 11) se observa la calificación que los expertos hicieron en la matriz relacional de doble entrada según su relación de influencia de las variables estratégicas.

Cuadro 11. Resultados de las calificaciones de los expertos en matriz

	1 : I+D+I+TT	2 : DIVERSIFIC	3 : COMPETITIV	4 : MERCADO	5 : LDSCA-SANC	6 : AGRIC-PREC	7 : COSTS-PROD	8 : CONTAMINAC	9 : ORDEN-TERR	10 : PRODUCTIVI	11 : SUSTENTABI	12 : TECNOL-EME	13 : TECNOL-INF	14 : INFRA-INVE	15 : T-MEC	16 : AUTOMATIZA	17 : CAMB-CLIMA	18 : POLÍT-PUBL	19 : INFRAESTRU	20 : GLOBALIAZA	21 : PREC-INTER	22 : ETIQ-NUTRI	23 : SIST-PAG-M	24 : MANJO-AGUA	25 : MARC-NORMA
1 : I+D+I+TT	0	3	3	2	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	1	2	2	3	2
2 : DIVERSIFIC	3	0	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2
3 : COMPETITIV	3	3	0	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2
4 : MERCADO	2	2	3	0	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
5 : LDSCA-SANC	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3
6 : AGRIC-PREC	3	2	3	2	1	0	3	2	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	2
7 : COSTS-PROD	3	3	3	3	1	3	0	2	3	3	3	3	3	3	1	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2
8 : CONTAMINAC	2	2	2	2	2	2	2	0	2	3	3	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	1	1	3	2
9 : ORDEN-TERR	2	3	3	2	2	3	3	2	0	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	1	1	2	2	3
10 : PRODUCTIVI	3	3	3	3	1	3	3	2	3	0	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2
11 : SUSTENTABI	2	3	2	2	1	2	2	2	2	0	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
12 : TECNOL-EME	3	3	3	2	1	3	3	2	2	2	3	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
13 : TECNOL-INF	3	2	3	2	1	3	2	1	2	2	2	3	0	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
14 : INFRA-INVE	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	0	2	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2
15 : T-MEC	2	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	2	2	0	2	1	3	2	2	2	3	2	2	1	3
16 : AUTOMATIZA	3	2	3	2	1	3	3	3	2	3	2	2	2	2	1	0	2	1	3	2	1	1	2	2	2
17 : CAMB-CLIMA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2	0	3	2	2	2	1	1	3	2
18 : POLÍT-PUBL	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	0	2	3	2	3	2	3	3
19 : INFRAESTRU	3	3	3	2	1	2	3	2	3	3	2	2	2	2	1	3	2	1	0	1	2	1	2	2	2
20 : GLOBALIAZA	2	3	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	0	3	2	1	1	2
21 : PREC-INTER	2	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	0	1	2	1	2
22 : ETIQ-NUTRI	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	2
23 : SIST-PAG-M	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	1	0	1	3
24 : MANJO-AGUA	3	2	2	1	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2
25 : MARC-NORMA	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	0

En síntesis, el “análisis estructural” ordena las variables en cuatro categorías que según la fuerza de su impacto causal se pueden determinar como de alta, mediana, baja o muy baja causalidad y según esta clasificación determinar el impacto de unas sobre otras.

Mediante el proceso del software MicMac se obtuvieron las variables esenciales para el desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar, inicialmente a través de una clasificación directa, que es fácil de hacer, luego a través de una clasificación indirecta (*MicMac o Matrice d' Impacts Croisés Multiplication Appliqués à un Classement*). Esta clasificación indirecta se obtiene después de aumentar la potencia de la matriz. Compara la jerarquía de variables en los diferentes rankings (directo, indirecto, potencial). Este análisis confirmó cuán importantes son algunas variables, pero también reveló qué variables, dada su acción indirecta, desempeñan un papel más dominante, algo que no apareció en

la clasificación directa. Los resultados de la influencia y la dependencia de cada variable se representan sobre un plano (el eje de abscisa corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia (Figura 40).

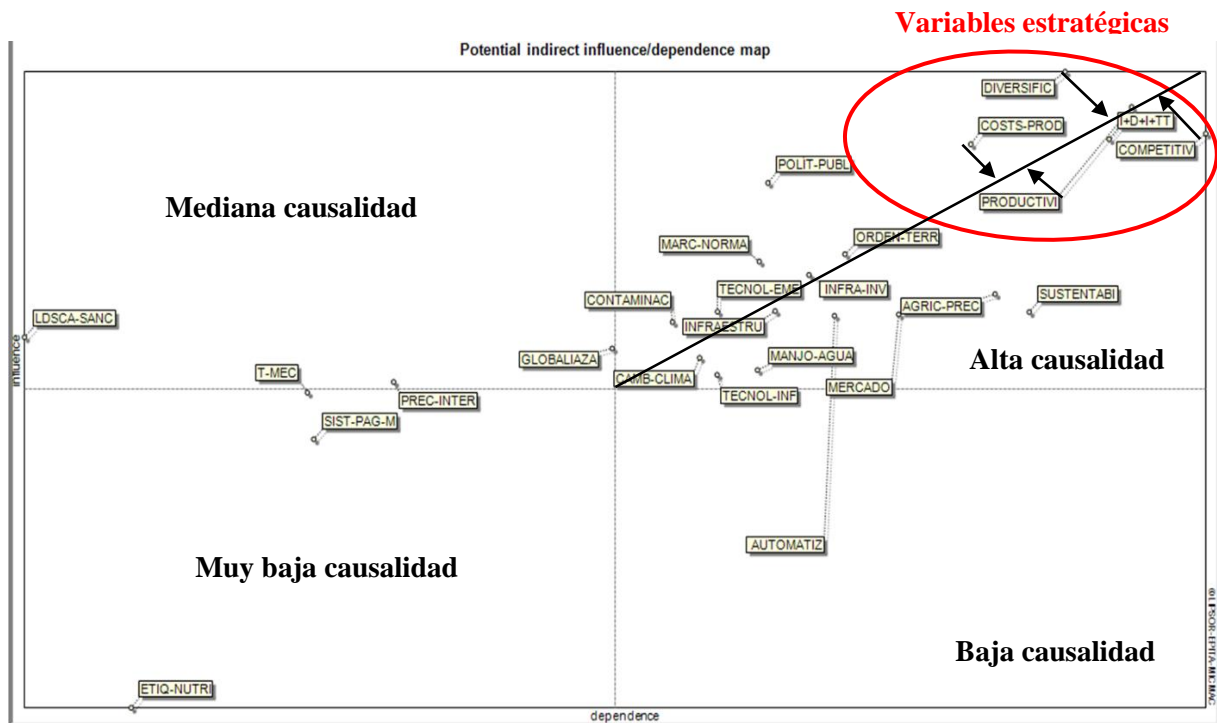


Figura 40. Resultados del MicMac variables estratégicas.

A partir de aquí se denominan “variables estratégicas”, asumiendo que una variable es un fenómeno que se modifica en virtud de otro. En la (Figura 40) se observa en el círculo rojo las variables estratégicas con los valores más altos en influencia y dependencia, se seleccionó un Pareto del 20 % de las 25 variables iniciales y se definieron las cinco variables estratégicas que son el soporte para llevar a cabo la exploración del futuro de la agroindustria de la caña de azúcar, ellas son: Competitividad, Productividad, Diversificación, Investigación más Desarrollo más Innovación más Transferencia de Tecnología (I+D+I+TT) y Costos de Producción.

Estas variables que se determinaron como estratégicas, merecen leerse formando un contexto sistémico conformado por ellas mismas según las interrelaciones de causa y efecto, con el objeto de respetar los principios de contextualidad y complejidad sobre los que reposa la prospectiva estratégica.

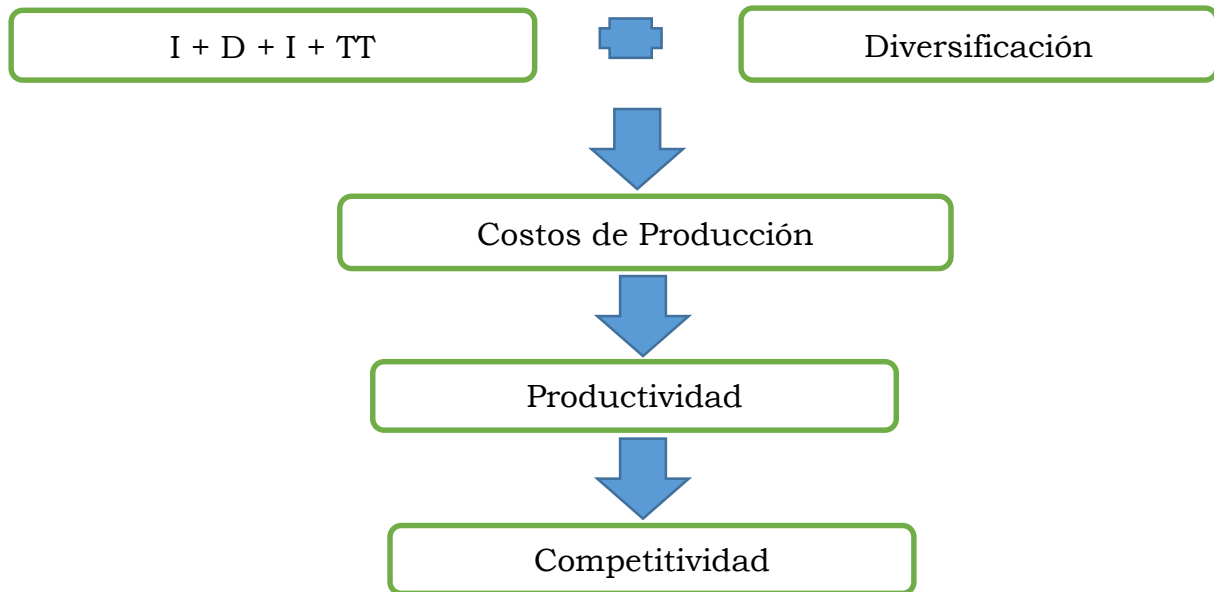


Figura 41. Sintaxis lógica de las variables estratégicas.

En la (Figura 41) se aprecia la sintaxis lógica de las variables estratégicas donde si la agroindustria de la caña de azúcar contara con Investigación más Desarrollo más Innovación más transferencia de tecnología y diversificara sus productos, subproductos y co-productos, bajaría los costos de producción, incrementaría su productividad vertical, tendría mejor mercado y podría ser más competitiva nacional e internacionalmente.

3. 3. 3 Tercer taller: Juego de actores

Los expertos identificaron a 11 actores sociales que intervienen en el comportamiento de las variables estratégicas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Relación de actores sociales

Actores sociales	
1	Productores de caña
2	Industriales (dueños de ingenios)
3	Competencia
4	Gobierno
5	Proveedores de insumos
6	Consumidores
7	Instituciones de educación e investigación
8	Asociaciones de productores
9	Sindicatos de obreros
10	Organismos internacionales
11	Organizaciones no gubernamentales (ONGS)

Se valoraron las relaciones de fuerza entre los actores con la aplicación del software “Mactor” y se estudiaron sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de objetivos asociados, el objetivo fue facilitar a un actor ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y de conflictos.

Los “expertos”, que son los profesionales integrantes del “CONADESUCA”, calificaron el poder de los actores sirviéndose de una matriz relacional que permite verificar la incidencia que cada uno de los actores ejercía sobre los demás y de la dependencia de unos con respecto a otros.

El poder de los actores sociales está estimado por la fuerza que ejerce cada actor sobre los restantes y relacionarlo con los impactos que recibe de los otros. De manera que, a mayor incidencia de un actor sobre los restantes y menor influencia sobre él, el indicador de poder será mayor.

Las calificaciones de los expertos de actor por actor de acuerdo al grado de influencia que un actor puede ocasionar en la conducta de otro se observan en el (Cuadro 13).

Cuadro 13. Calificaciones de actor por actor de acuerdo al grado de influencia.

ACTOR X	1. Productor	2. Industrial	3. Competencia	4. Gobierno	5. Proveedor	6. Consumidor	7. Institución	8. Asociación	9. Sindicatos	10. Organismo	11. Organización
1. Productor	0	2	2	2	2	1	1	3	2	1	1
2. Industrial	3	0	2	2	2	2	2	3	3	1	1
3. Competencia	2	3	0	2	2	2	2	2	2	1	1
4. Gobierno	2	2	1	0	1	2	2	2	2	2	2
5. Proveedor	3	2	2	1	0	1	1	2	2	1	1
6. Consumidor	1	2	3	2	1	0	1	1	1	1	2
7. Institución	2	2	1	2	2	2	0	1	1	2	2
8. Asociación	3	2	2	3	2	2	1	0	2	1	1
9. Sindicatos	2	2	2	2	2	1	1	2	0	1	1
10. Organismo	1	2	2	2	1	1	2	1	1	0	2
11. Organización	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0

Si define el poder como la capacidad que tiene un actor de doblegar la voluntad de otro, según la teoría de Robert A. Dahl (Dahl, 1957), el grado de poder que manejan los diferentes actores se visualiza en la (Figura 42), según la calificación asignada a cada uno sobre otro en el taller de "expertos"

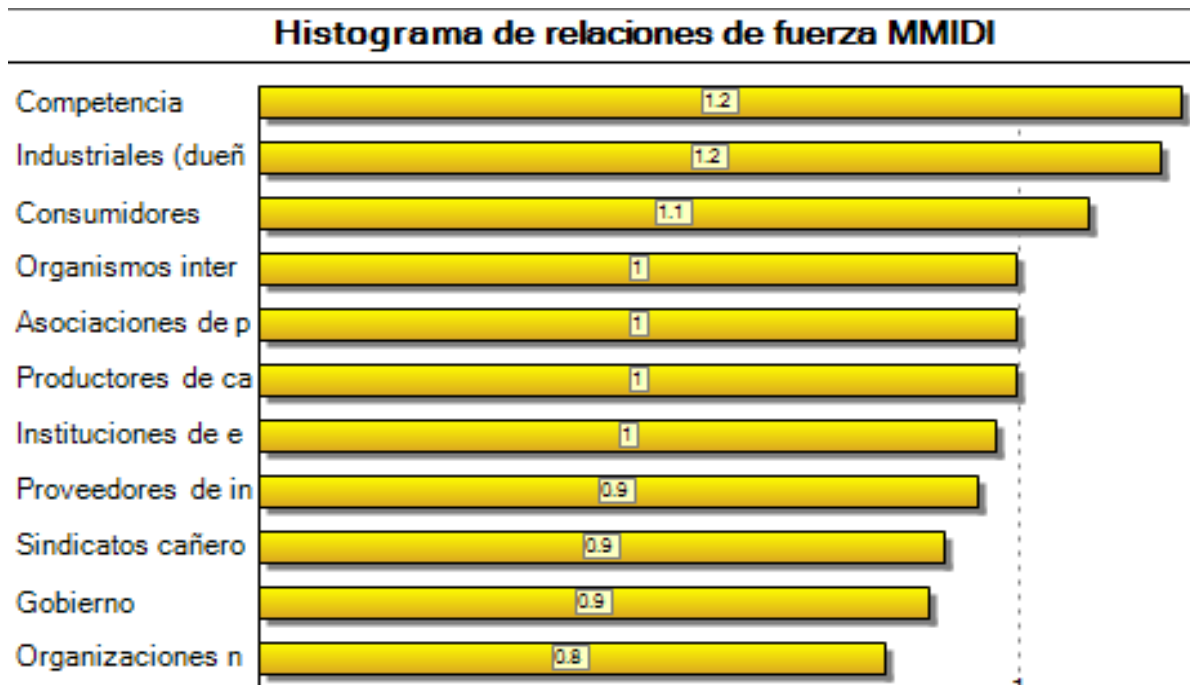


Figura 42. Histograma del poder de los actores sociales.

A partir de este histograma se clasificó a los diferentes actores en tres categorías alto, mediano y bajo poder, a saber:

Actores de alto poder:

- Competencia interna
- Dueños de los ingenios (industriales)
- Consumidores

Actores de mediano poder

- Organismos internacionales
- Asociaciones de productores
- Productores de caña
- Instituciones de investigación
- Proveedores de insumos

Actores de bajo poder

- Sindicatos de obreros
- Gobierno
- Organizaciones no gubernamentales

Los expertos definieron un reto por cada variable estratégica. Se entiende como reto, un objetivo o empeño difícil de llevar a cabo y que constituye por ello un estímulo o un desafío.

Con los retos se analizó el comportamiento de los actores sociales sobre las variables estratégicas, aquí se determinaron las posibles estrategias de los actores sociales para seguir en el sistema.

En las (Figuras 43, 44, 45, 46 y 47) se observan los retos por cada variable estratégica diseñados por los expertos y los actores sociales a favor y en contra de cada reto.

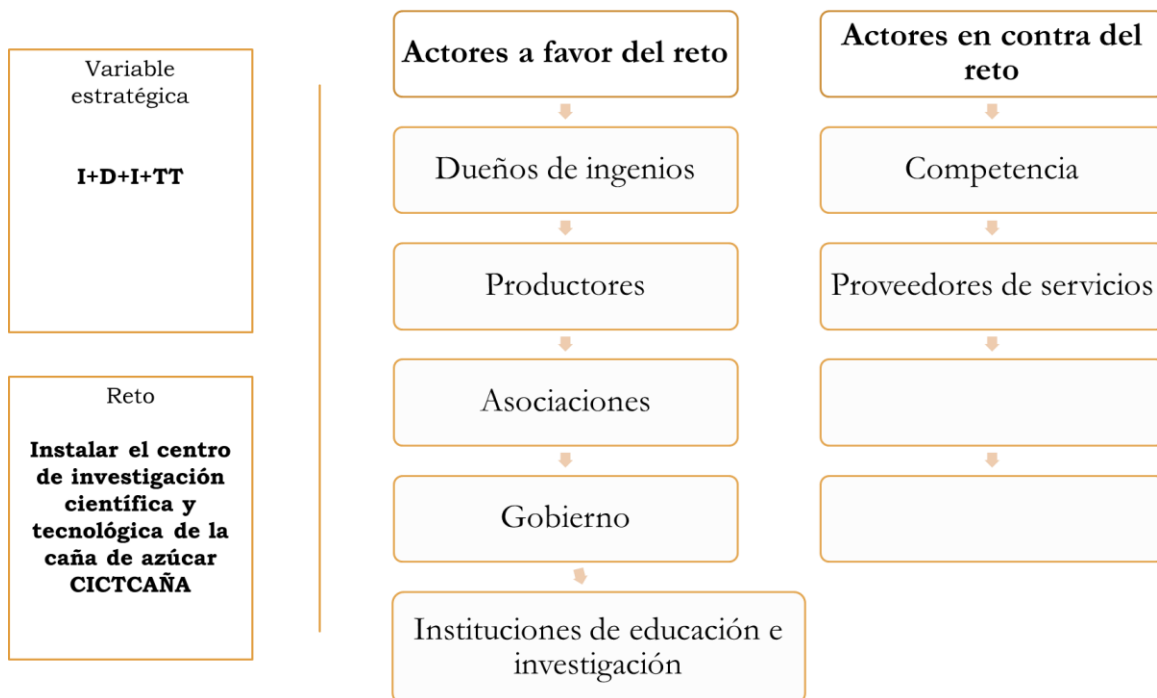


Figura 43. Reto de la variable I+D+I+TT y sus actores a favor y en contra

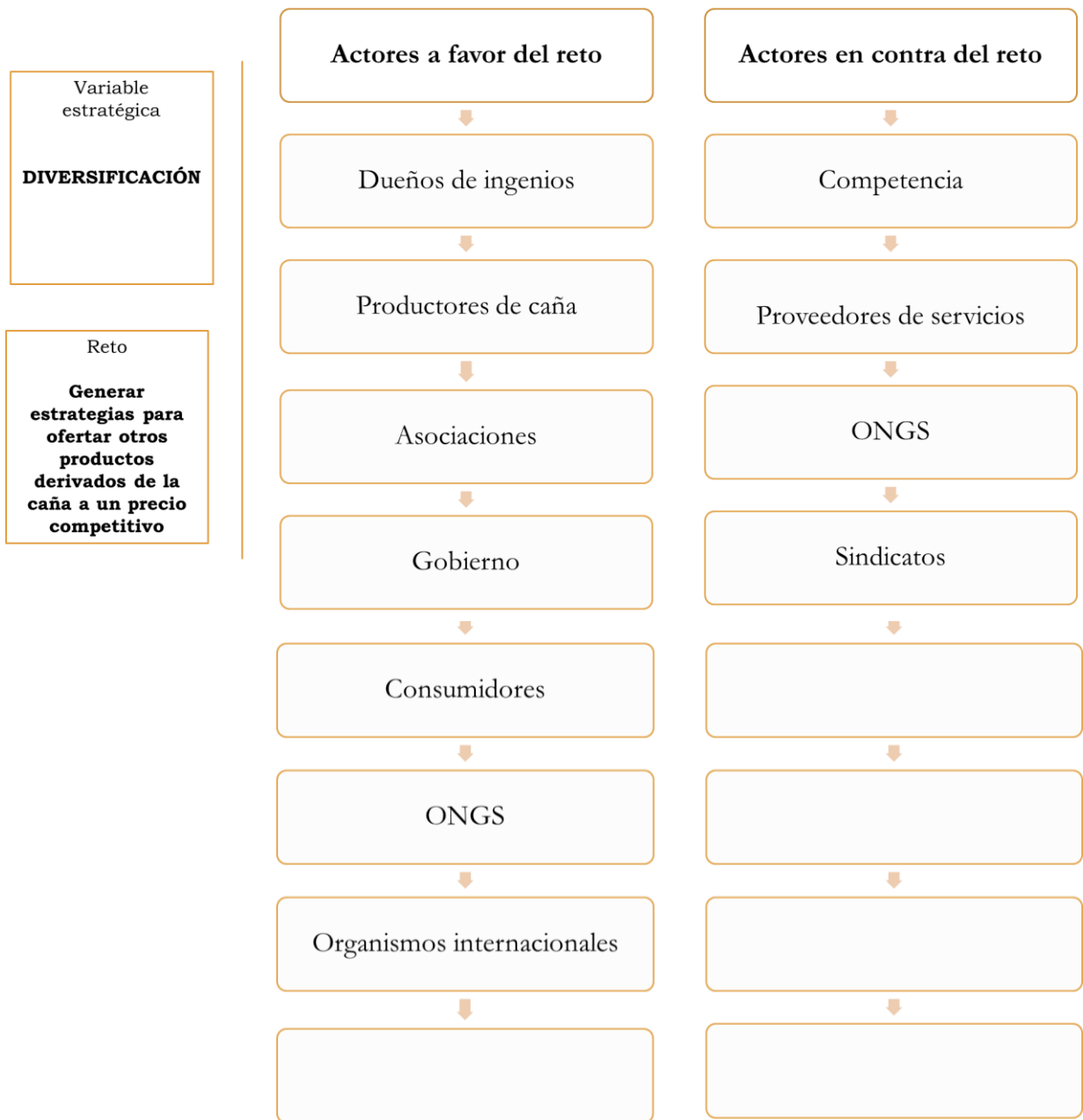


Figura 44. Reto de la variable diversificación y sus actores a favor y en contra

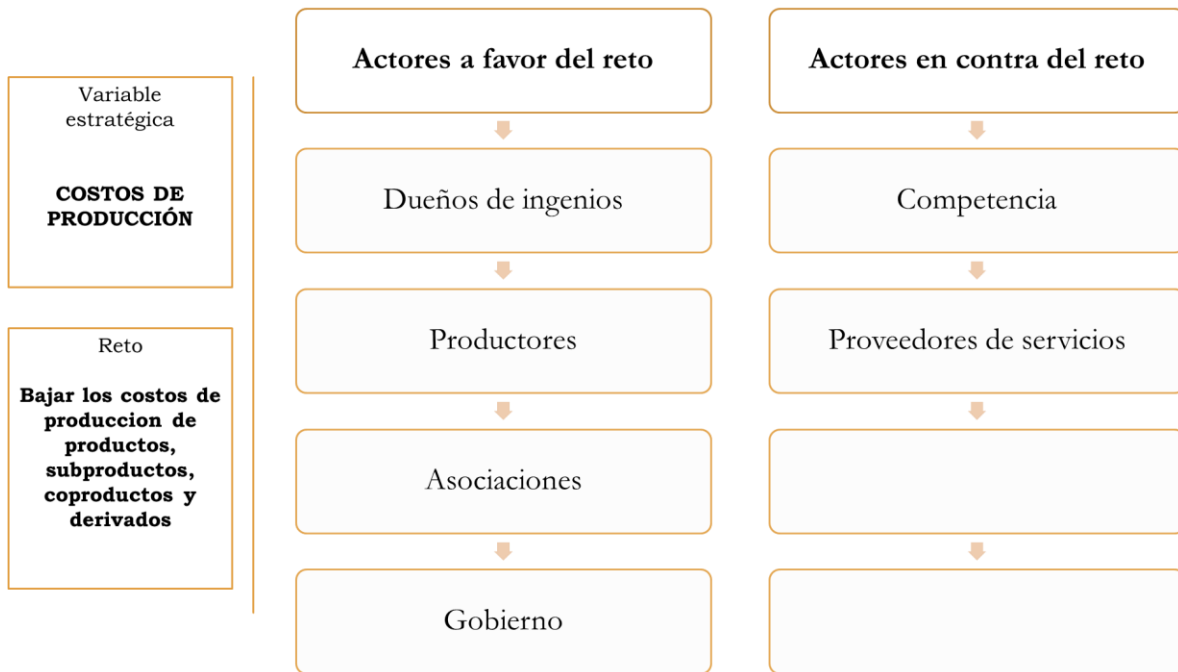


Figura 45. Reto de la variable costos de producción y sus actores a favor y en contra



Figura 46. Reto de la variable productividad y sus actores a favor y en contra

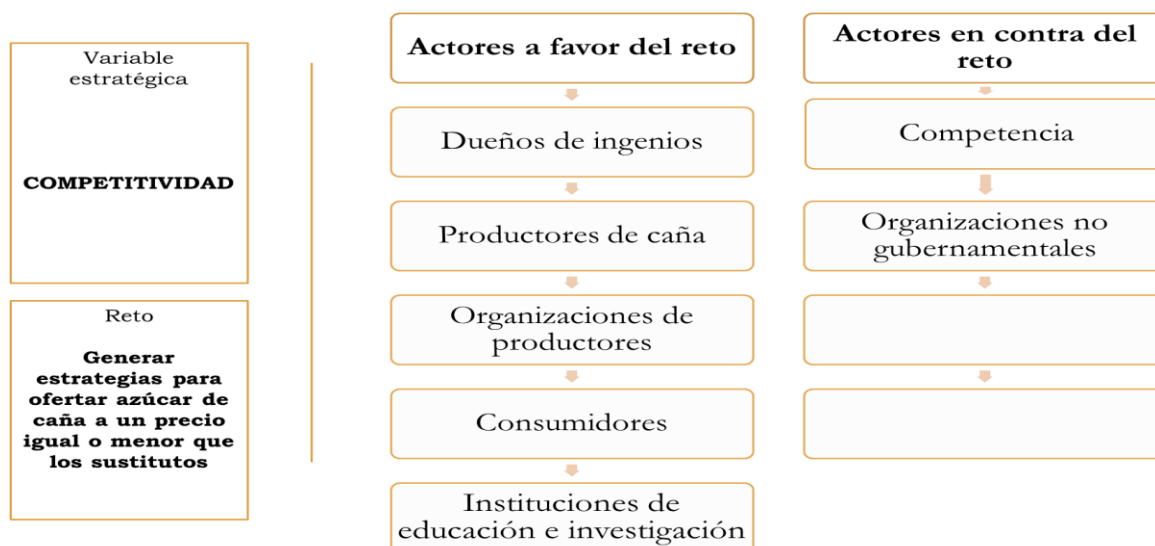


Figura 47. Reto de la variable competitividad y sus actores a favor y en contra

Las calificaciones de los expertos de actor por reto de acuerdo al grado de aceptación o rechazo de cada actor con respecto a cada reto se observan en el (Cuadro 14).

Cuadro 14. Calificaciones de actor por reto

ACTOR X RETO	1	2	3	4	5
1. Productores de caña	2	3	1	2	3
2. Industriales (dueños de los ingenios)	2	3	2	2	2
3. Competencia	-1	1	1	0	-1
4. Gobierno	3	3	3	3	3
5. Proveedores de insumos	1	1	1	-1	-1
6. Consumidores	2	1	2	0	2
7. Instituciones de educación e investigación	2	3	3	2	2
8. Asociaciones de productores	2	2	2	2	2
9. Sindicatos de obreros	2	2	1	1	2
10. Organismos internacionales	2	1	2	1	1

11. Organizaciones no gubernamentales (ONGS) 1 1 1 2 1

Retos **1**: Generar estrategias para ofertar azúcar de caña a un precio competitivo **2**: Incrementar el rendimiento agroindustrial **3**: Generar estrategias para ofertar otros productos derivados de la caña a un precio competitivo **4**: Instalar el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA) **5**: Bajar los costos de producción de productor, subproductos, co-productor y derivados.

De esta relación de pesos a favor y en contra se generaron estrategias para movilizar el accionar de los actores según cada reto haciendo uso del programa “Mactor”, el cual evidenció como resultado que, en la agroindustria de la caña de azúcar, hay un grupo antagónico bien caracterizado.

Para el reto: Instalar el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA), de la variable I+D+I+TT (investigación, desarrollo, e innovación y transferencia de tecnología), el único actor social que está en contra son los proveedores de insumos (fertilizantes químicos y herbicidas) ya que con la implementación del centro de investigación reduciría la compra de insumos, la estrategia para que los proveedores se puedan pasar para el otro lado es que ellos tendrían que ofrecer productos orgánicos y a un mejor precio es como se podrían continuar en el sistema (Figura 48).

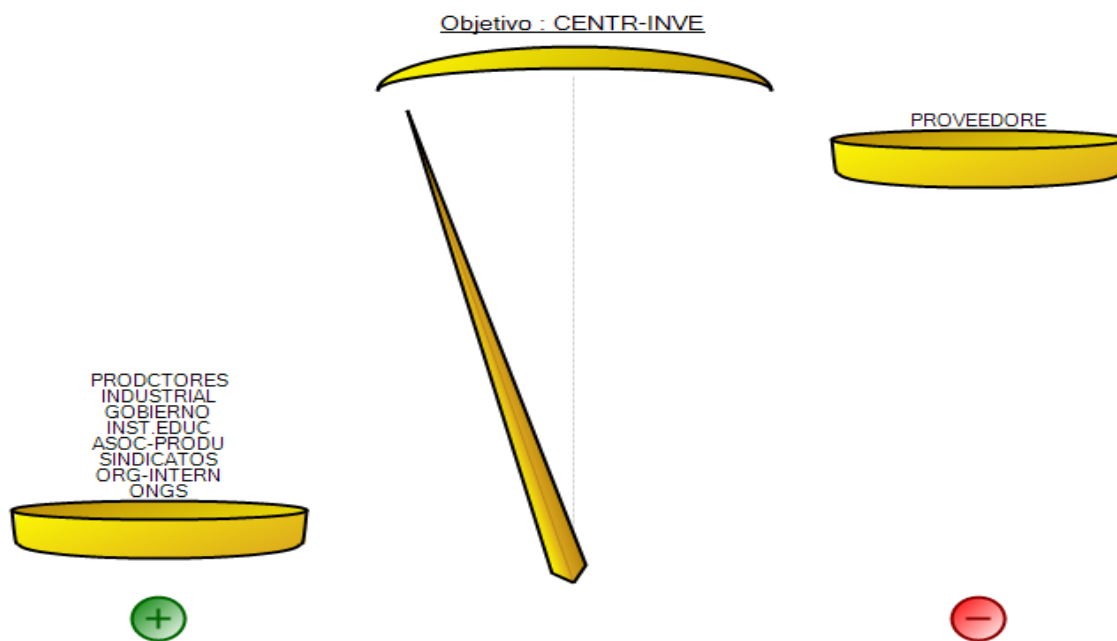


Figura 48. Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable I+D+I+TT

Para el reto: Generar estrategias para ofertar otros productos derivados de la caña a un precio competitivo de la variable diversificación, se observa que todos los actores sociales están a favor de que se diversifique en la elaboración de otros productos, subproductos y co-productos, obteniendo como resultado la ampliación de mercado (Figura 49).



Figura 49. Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable diversificación.

En el reto: Bajar los costos de producción en campo, fábrica y el margen de comercialización de la variable costos de producción, se observa que los actores sociales que están en contra son la competencia y los proveedores de fertilizante y agroquímicos ya que si se logra bajar los costos de producción el requerimiento de insumos disminuiría. La estrategia es que los proveedores oferten productos orgánicos amigables con el medio ambiente y la competencia baje sus precios en el mercado (Figura 50).

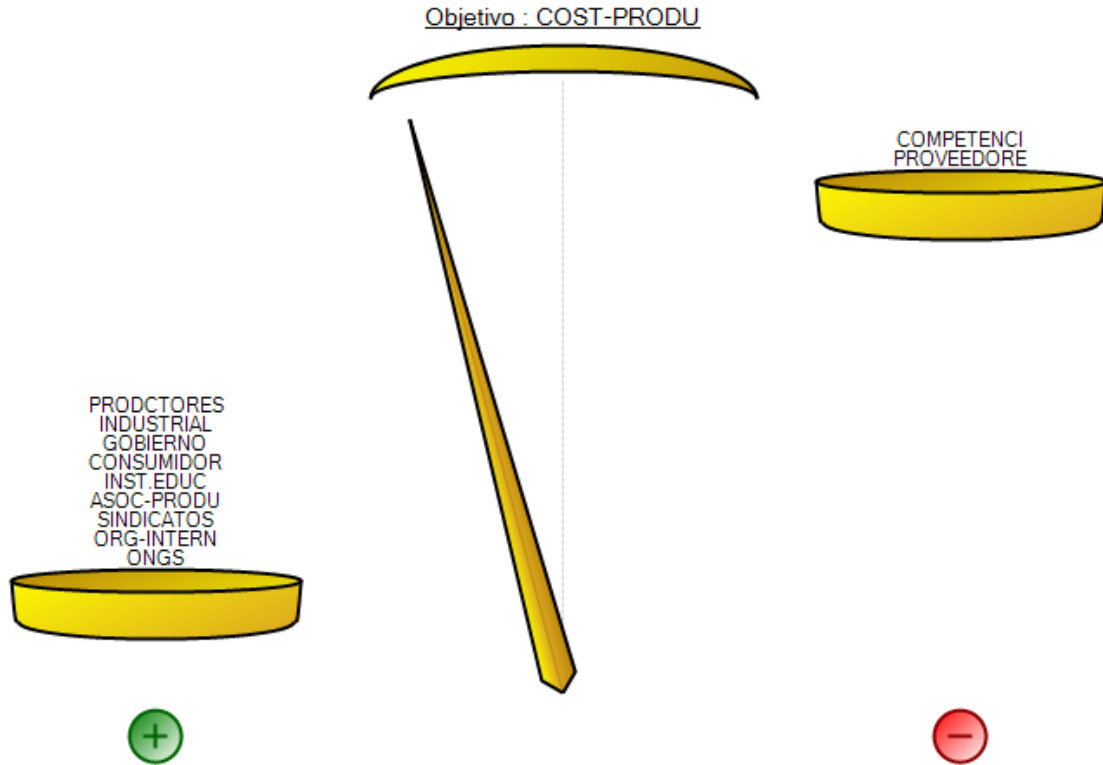


Figura 50. Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable costos de producción.

Para el reto: incrementar el rendimiento agroindustrial de la variable productividad, se observa que todos los actores sociales están a favor de que se incremente la producción vertical (Figura 51).

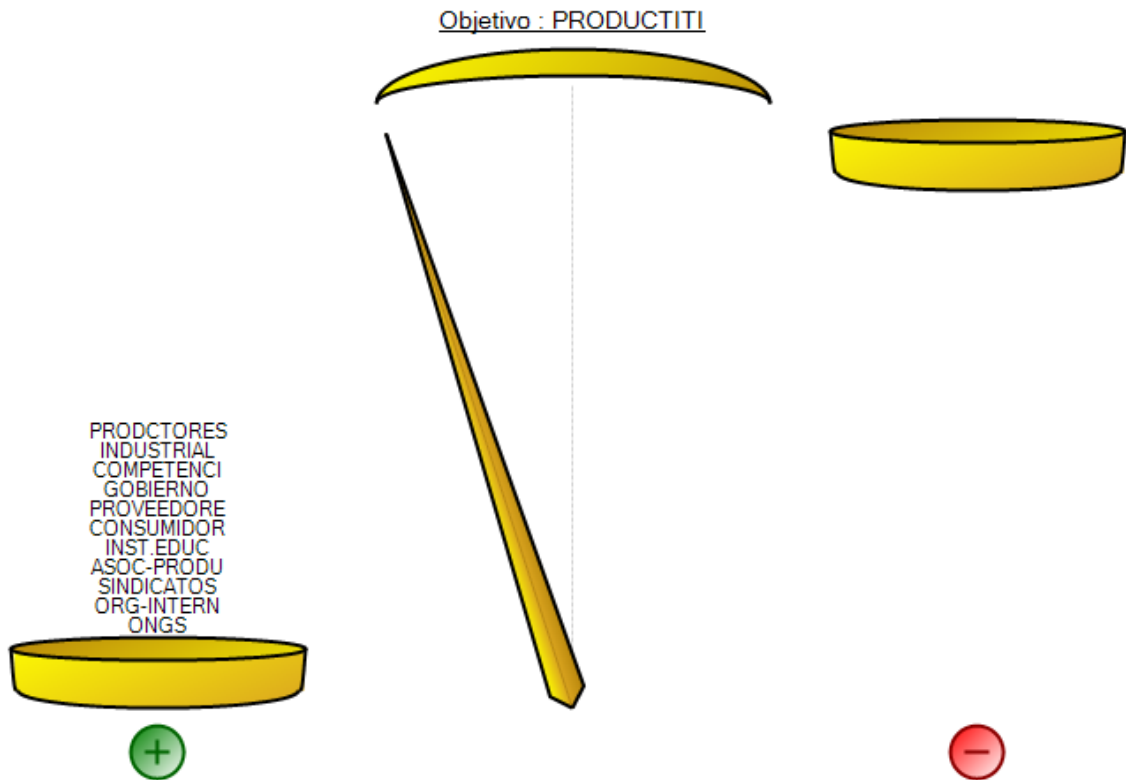


Figura 51. Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable productividad.

En el reto: generar estrategias para ofertar azúcar de caña a un precio competitivo de la variable competitividad, se observa que los actores sociales que están en contra son la competencia interna ya que, si se logra bajar los costos de producción, se diversifica y aumenta la producción se ofertaría más y a un mejor precio el azúcar de caña mexicana y se tendría mejor competencia en el mercado. La estrategia es que la competencia baje sus precios del azúcar en el mercado.

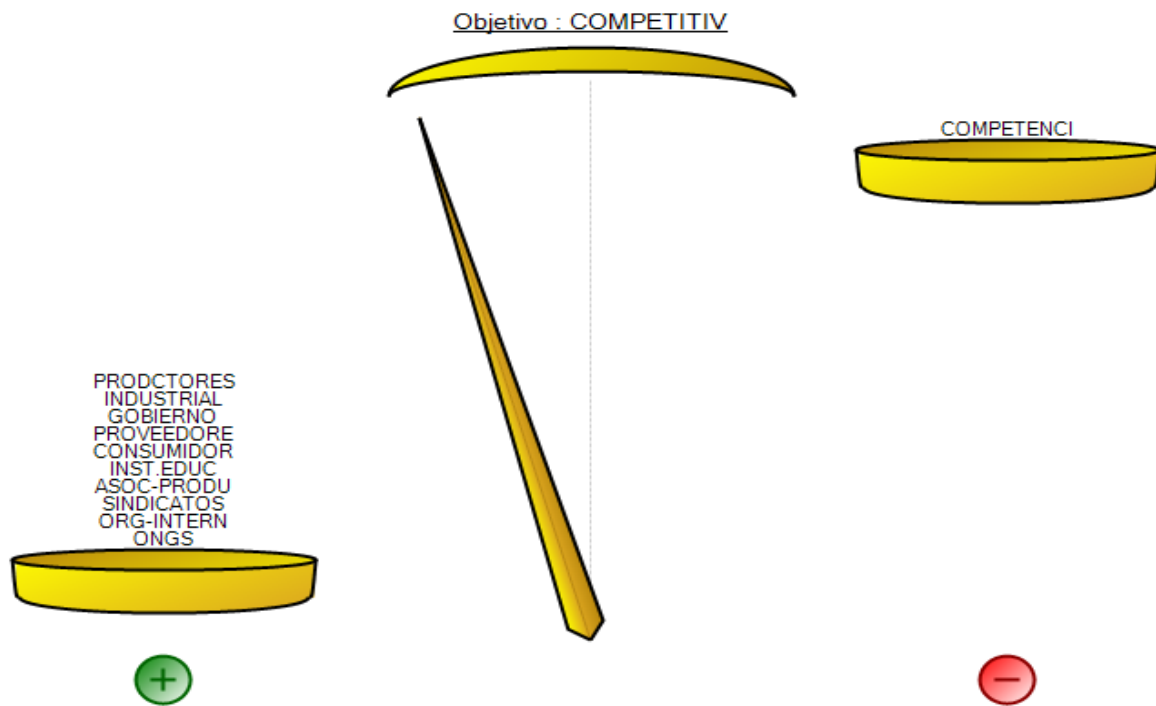


Figura 52. Balance de posicionamientos de los actores sociales en el reto de la variable competitividad.

Como resultado del análisis del poder y las estrategias de los actores sociales que intervienen en el devenir de la agroindustria de la caña de azúcar, se puede comprobar la presencia de dos grupos antagónicos bien caracterizados, los cuales aparecen en la (Figura 52) de convergencia de los actores.

Mapa de cercanías y lejanías de los diferentes actores, según exista coincidencia o divergencia de intereses.

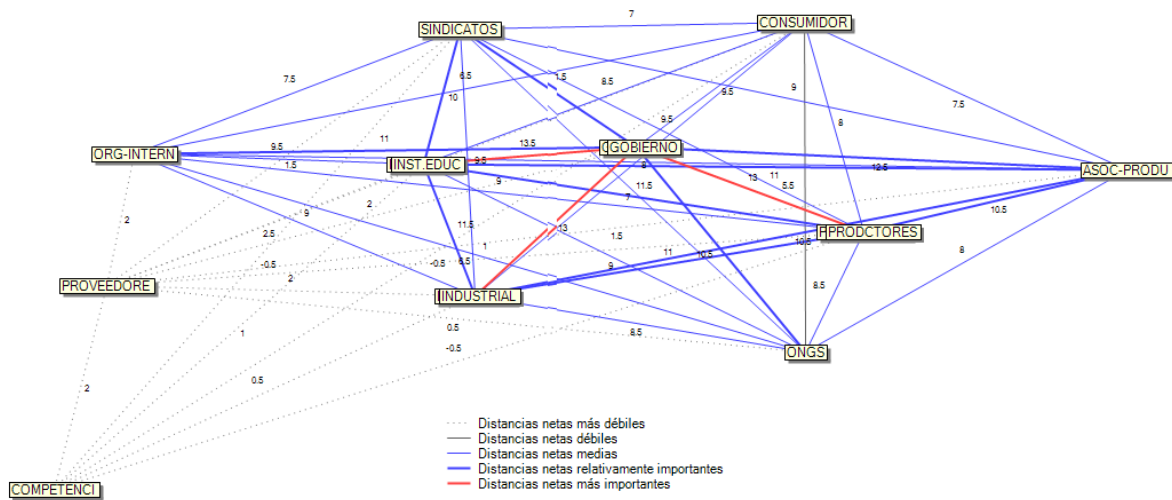


Figura 53. Distancias netas entre actores.

En la (Figura 53) se observa a los entes reguladores del gobierno compartiendo intereses con los productores, los dueños de los ingenios y la academia como un grupo sólido y compacto, pero necesariamente en conflicto con los otros actores.

3. 3. 4 Cuarto taller: Escenarios

Con el diseño de los escenarios respondemos a la pregunta: ¿Qué alternativas tiene la agroindustria de la caña de azúcar, para el futuro?

Se retoman las variables estratégicas que nos permitieron diseñar los “retos” con los cuales se analizaron el poder y las posibles estrategias de los actores. Los expertos definieron tres metas para cada variable según la sintaxis lógica una fácil de llevar a cabo una mediana y una difícil de realizar, los resultados se pueden observar en el (Cuadro 15).

A continuación, presentamos las variables y las metas que dan lugar cada una, las cuales permitirán diseñar los escenarios o visiones de futuro de la agroindustria de la caña de azúcar en México.

Cuadro 15. Metas por variables estratégica

Variables	M1	M2	M3
I+D+I+TT	Formalizar el esquema de funcionamiento del CICTCAÑA	Implementación del esquema del CICTCAÑA	Obtener los productos de I+D+I+TT
Diversificación	Políticas publicas que detonen la diversificación	Que exista demanda de los productos diversificados	Voluntad política para aplicar el marco jurídico existente relativo a la diversificación
Costos de producción campo \$470 t⁻¹ Fabrica \$10 Kg⁻¹ de azúcar Margen de comercialización 70 %	Bajar 5 % los costos de producción campo \$446.5 t⁻¹, fabrica \$9.5 Kg⁻¹, y margen de comercialización 66.5 %	Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t⁻¹, fabrica \$9 Kg⁻¹, y margen de comercialización 63 %	Bajar 20 % los costos de producción campo \$376 t⁻¹, fabrica \$8 Kg⁻¹, y margen de comercialización 56 %
Productividad 7.718 t ha⁻¹	Mantener el promedio de los últimos 10 años 7.718 t ha⁻¹	Incrementar el promedio 8.939 t ha⁻¹	Incrementar el promedio 10.160 t ha⁻¹
Competitividad	Bajar los costos de produccion de azúcar en un 5 %	Bajar los costos de produccion de azúcar en un 10 %	Bajar los costos de produccion de azúcar en un 20 %

Las combinaciones de las metas de estas variables son imágenes de futuro conjeturales que dan a lugar a escenarios posibles. El número de combinaciones se denomina el espacio morfológico, el cual se estima multiplicando entre si el número de metas de cada variable. Para nuestro caso el espacio morfológico representa 243 combinaciones o escenarios posibles¹⁸, entre los cuales el grupo de expertos eligió tres escenarios que fueron (Cuadros 16, 17 y 18).

1. Agroindustria sostenible
2. Contra corriente
3. Un dulce futuro

¹⁸ El número de combinaciones posibles de las hipótesis es igual a 3 a la quinta potencia, porque se tiene cinco variables y cada una comporta tres hipótesis.

Cuadro 16. Escenario 1 Agroindustria sostenible

Escenario 1	Variables	M1	M2	M3
Agroindustria sostenible	<i>I+D+I+TT</i>	Formalizar el esquema de funcionamiento del CICTCAÑA	Implementación del esquema del CICTCAÑA	Obtener los productos de I+D+I+TT
	<i>Diversificación</i>	Políticas publicas que detonen la diversificación	Que exista demanda de los productos diversificados	Voluntad política para aplicar el marco jurídico existente relativo a la diversificación
	<i>Costos de producción campo \$470 t⁻¹ Fabrica \$10 Kg⁻¹ de azúcar Margen de comercialización 70 %</i>	Bajar 5 % los costos de producción campo \$446.5 t ⁻¹ , fabrica \$9.5 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 66.5 %	Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t ⁻¹ , fabrica \$9 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 63 %	Bajar 20 % los costos de producción campo \$376 t ⁻¹ , fabrica \$8 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 56 %
	<i>Productividad 7.7±8 t ha⁻¹</i>	Mantener el promedio de los últimos 10 años 7.718 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 8.939 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 10.160 t ha ⁻¹
	<i>Competitividad</i>	Bajar los costos de producción de azúcar en un 5 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 10 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 20 %

Corre el año 2030, la agroindustria de la caña de azúcar en México cuenta con el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA), este centro tiene capital humano calificado, infraestructura y recursos financieros necesarios, utiliza tecnologías inteligentes para realizar investigación, e innovación y transferencia de tecnología que los productores necesitan. Este centro de investigación da la pertinencia a la agroindustria de la caña de azúcar para diversificar sus productos con gran demanda en el mercado a precios competitivos, fortaleciendo las políticas ambientales y aplicando el marco regulatorio. Como consecuencia se logra bajar el 10 % de los costos de producción en campo de \$470 t⁻¹ a \$423 t⁻¹, en fábrica de \$10 kg⁻¹ a \$9 kg⁻¹, y el margen de comercialización de 70 % a 63 %, mejorando el extensionismo, el desarrollo de competencias laborales y la logística de tiempos, movimientos y almacenamiento. Con esto se incrementa la producción de forma vertical, mejorando la eficiencia en la extracción de azúcar, se reordena la programación del campo para generar mejores rendimientos y sube de la media nacional de

7.718 t ha⁻¹ a 10.160 t ha⁻¹. Finalmente, la agroindustria de la caña de azúcar baja sus costos de producción de campo, cosecha y fábrica en un 10 %, fortaleciendo la economía de escala lo que hace a esta agroindustria sea más competitiva.

Cuadro 17. Escenario 2 Contra corriente

Escenario 2	Variables	M1	M2	M3
Contra corriente	I+D+I+TT	Formalizar el esquema de funcionamiento del CICTCAÑA	Implementación del esquema del CICTCAÑA	Obtener los productos de I+D+I+TT
	Diversificación	Políticas publicas que detonen la diversificación	Que exista demanda de los productos diversificados	Voluntad política para aplicar el marco jurídico existente relativo a la diversificación
	Costos de producción campo \$470 t ⁻¹ Fabrica \$10 Kg ⁻¹ de azúcar Margen de comercialización 70 %	Bajar 5 % los costos de producción campo \$446.5 t ⁻¹ , fabrica \$9.5 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 66.5 %	Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t ⁻¹ , fabrica \$9 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 63 %	Bajar 20 % los costos de producción campo \$376 t ⁻¹ , fabrica \$8 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 56 %
	Productividad 7.718 t ha ⁻¹	Mantener el promedio de los últimos 10 años 7.718 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 8.939 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 10.160 t ha ⁻¹
	Competitividad	Bajar los costos de producción de azúcar en un 5 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 10 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 20 %

Corre el año 2030, en la agroindustria de la caña de azúcar de México se formaliza el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA), en este momento se encuentra en la implementación del esquema del centro de investigación quien se encargará de realizar la investigación, e innovación y transferencia de tecnología a los productores. La agroindustria de la caña de azúcar diversifica sus productos con gran demanda en el mercado a precios competitivos, fortaleciendo las políticas ambientales y aplicando el marco regulatorio. Como consecuencia se logra bajar el 10 % de los costos de producción en campo de \$470 t⁻¹ a \$423 t⁻¹, en fábrica de \$10 kg⁻¹ a \$9 kg⁻¹, y el margen de comercialización de 70 % a 63 %, mejorando el extensionismo, el desarrollo de competencia laborales y la logística de tiempos, movimientos y

almacenamiento. Con esto se incrementa la producción de forma vertical, mejorando la eficiencia en la extracción de azúcar y reordenando la programación del campo, se generan mejores rendimientos y sube de la media nacional de 7.718 t ha⁻¹ a 8.939 t ha⁻¹. Y finalmente la agroindustria de la caña de azúcar baja sus costos de producción de campo, cosecha y fabrica en un 10 %, fortaleciendo la economía de escala lo que hace a esta agroindustria sea más competitiva.

Cuadro 18. Escenario 3 Un dulce futuro

Escenario 3	Variables	M1	M2	M3
Un dulce futuro	I+D+I+TT	Formalizar el esquema de funcionamiento del CICTCAÑA	Implementación del esquema del CICTCAÑA	Obtener los productos de I+D+I+TT
	Diversificación	Políticas publicas que detonen la diversificación	Que exista demanda de los productos diversificados	Voluntad política para aplicar el marco jurídico existente relativo a la diversificación
	Costos de producción campo \$470 t ⁻¹ Fabrica \$10 Kg ⁻¹ de azúcar Margen de comercialización 70 %	Bajar 5 % los costos de producción campo \$446.5 t ⁻¹ , fabrica \$9.5 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 66.5 %	Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t ⁻¹ , fabrica \$9 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 63 %	Bajar 20 % los costos de producción campo \$376 t ⁻¹ , fabrica \$8 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 56 %
	Productividad 7.718 t ha ⁻¹	Mantener el promedio de los últimos 10 años 7.718 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 8.939 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 10.160 t ha ⁻¹
	Competitividad	Bajar los costos de producción de azúcar en un 5 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 10 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 20 %

Corre el año 2030, la agroindustria de la caña de azúcar en México se formaliza el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA), en este momento se encuentra en la implementación del esquema del centro de investigación quien se encargará de realizar la investigación, e innovación y transferencia de tecnología a los productores. Existe una gran voluntad política en la aplicación del marco jurídico que impulsa a la agroindustria de la caña de azúcar a diversificar sus productos con gran demanda en el mercado a precios competitivos, fortaleciendo las políticas

ambientales y aplicando el marco regulatorio. Como consecuencia se logra bajar el 10 % de los costos de producción en campo de \$470 t⁻¹ a \$423 t⁻¹, en fábrica de \$10 kg⁻¹ a \$9 kg⁻¹, y el margen de comercialización de 70 % a 63 %, mejorando el extensionismo, el desarrollo de competencia laborales y la logística de tiempos, movimientos y almacenamiento. se incrementa la producción de forma vertical, mejorando la eficiencia en la extracción de azúcar y reordenando la programación del campo, se generan mejores rendimientos y sube de la media nacional de 7.718 t ha⁻¹ a 10.160 t ha⁻¹. Y finalmente la agroindustria de la caña de azúcar baja sus costos de producción de campo, cosecha y fábrica en un 10 %, fortaleciendo la economía de escala lo que hace a esta agroindustria sea más competitiva.

Los expertos eligieron al escenario apuesta mediante la herramienta del ábaco de Regnier (Figura 54).

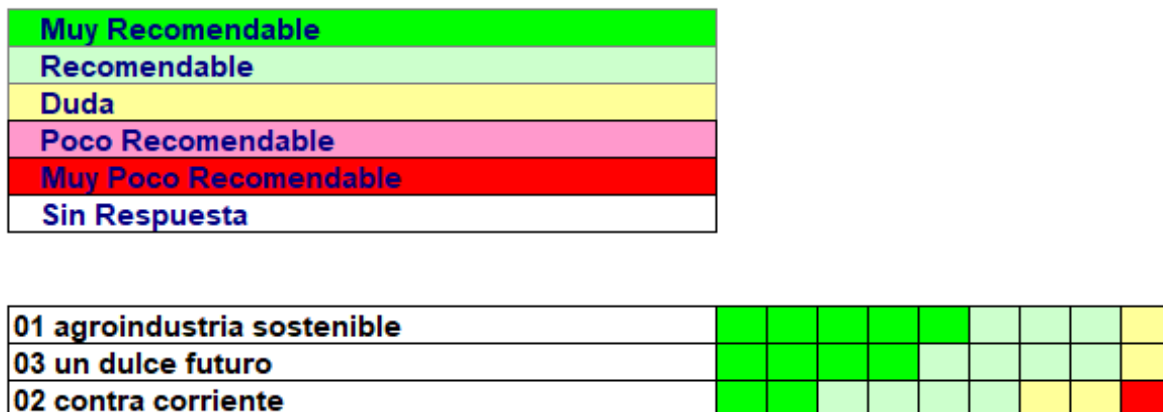


Figura 54. Recomendación del escenario apuesta

El escenario “Agroindustria sostenible” se denominó escenario apuesta, de acuerdo a su ponderación, este escenario plasma los anhelos de los expertos representantes de la agroindustria de la caña de azúcar y fue elegido teniendo en cuenta situaciones reales y alcanzables.

La narrativa del escenario apuesta, es la redacción misma de la imagen de futuro de la agroindustria de la caña de azúcar en México al 2030, en un contexto integrador de los elementos antes descritos.

Cuadro 19. Escenario Apuesta

Escenario Apuesta	Variables	M1	M2	M3
Agroindustria sostenible	I+D+I+TT	Formalizar el esquema de funcionamiento del CICTCAÑA	Implementación del esquema del CICTCAÑA	Obtener los productos de I+D+I+TT
	Diversificación	Políticas publicas que detonen la diversificación	Que exista demanda de los productos diversificados	Voluntad política para aplicar el marco jurídico existente relativo a la diversificación
	Costos de producción campo \$470 t ⁻¹ Fabrica \$10 Kg ⁻¹ de azúcar Margen de comercialización 70 %	Bajar 5 % los costos de producción campo \$446.5 t ⁻¹ , fabrica \$9.5 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 66.5 %	Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t ⁻¹ , fabrica \$9 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 63 %	Bajar 20 % los costos de producción campo \$376 t ⁻¹ , fabrica \$8 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 56 %
	Productividad 7.7±8 t ha ⁻¹	Mantener el promedio de los últimos 10 años 7.718 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 8.939 t ha ⁻¹	Incrementar el promedio 10.160 t ha ⁻¹
	Competitividad	Bajar los costos de producción de azúcar en un 5 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 10 %	Bajar los costos de producción de azúcar en un 20 %

Corre el año 2030, la agroindustria de la caña de azúcar en México cuenta con el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar (CICTCAÑA), este centro tiene capital humano calificado, infraestructura y recursos financieros necesarios, utiliza tecnologías inteligentes para realizar investigación, e innovación y lleva acabo la transferencia de tecnología a los productores. Este centro de investigación da la pertinencia a la agroindustria de la caña de azúcar para diversificar sus productos con gran demanda en el mercado a precios competitivos, fortaleciendo las políticas ambientales y aplicando el marco regulatorio. Como consecuencia se logra bajar el 10 % de los costos de producción en campo de \$470 t⁻¹ a \$423 t⁻¹, en fábrica de \$10 kg⁻¹ a

\$9 kg⁻¹, y el margen de comercialización de 70 % a 63 %, mejorando el extensionismo, el desarrollo de competencia laborales y la logística de tiempos, movimientos y almacenamiento. Con esto se incrementa la producción de forma vertical, mejorando la eficiencia en la extracción de azúcar y se reordena la programación del campo para generar mejores rendimientos y sube de la media nacional de 7.718 t ha⁻¹ a 10.160 t ha⁻¹. Y finalmente la agroindustria de la caña de azúcar baja sus costos de producción en campo, cosecha y fábrica en un 10 %, fortaleciendo la economía de escala, ofreciendo un mejor precio del azúcar en el mercado lo cual hace que esta agroindustria sea más competitiva (Cuadro 19). Como prueba para corroborar la selección del escenario apuesta se llevó a cabo la prueba con los ejes de Peter Schwartz (Schwartz y Vásquez, 1995) (Figura 55).

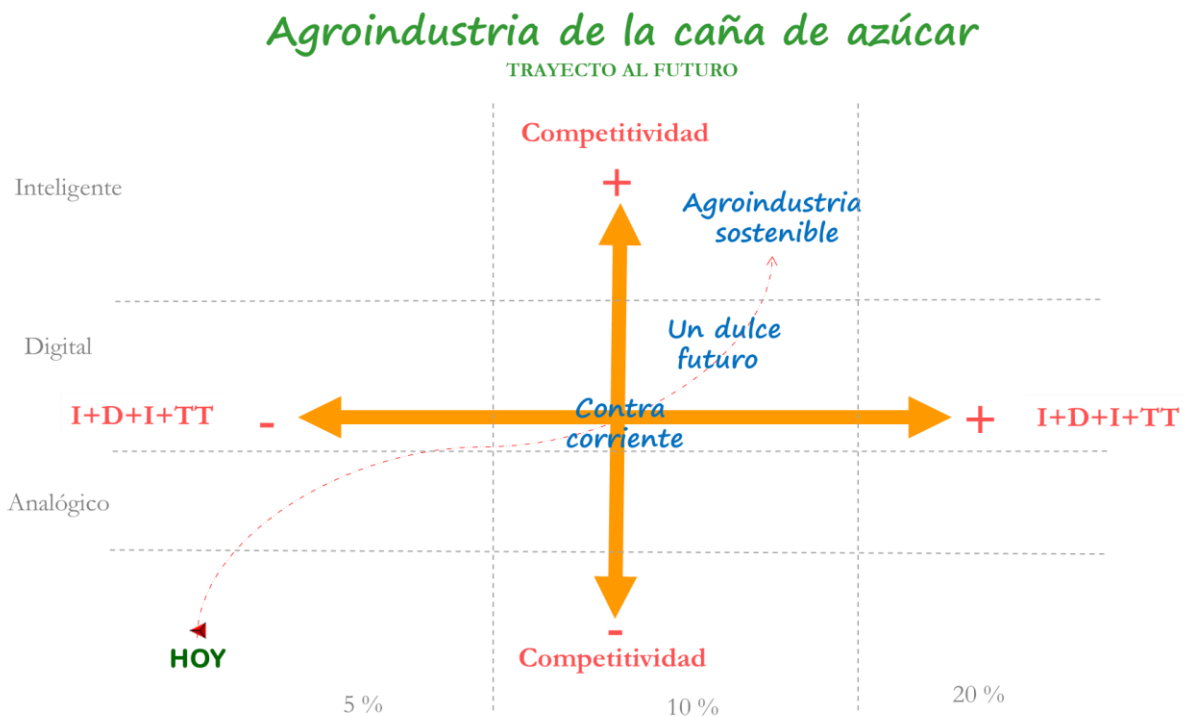


Figura 55. Prueba con los ejes de Peter Schwartz del escenario apuesta

Se concluyó que el escenario “Agroindustria sostenible” es el que posee mayor coherencia entre los diferentes escenarios siendo el escenario apuesta.

Una vez determinado el escenario apuesta por los expertos se utilizó el software Smic para calcular la probabilidad de ocurrencia del escenario apuesta, este

software evaluó los cambios en las probabilidades de un conjunto de acontecimientos como consecuencia de la realización de uno de ellos. Partiendo de la información facilitada por los expertos, posibilita elegir entre las 2^n imágenes posibles (juegos de metas) aquellas que deberían (según su probabilidad de realización) ser estudiadas muy particularmente.

Para poder ver la probabilidad de ocurrencia del escenario apuesta fueron necesarias 3 calificaciones: la de probabilidades simples (Figura 56), probabilidades condicionales positivas (Figura 57) y probabilidades condicionales negativas (Figura 58), se les pidió a los expertos que calificaran las probabilidades sobre las metas del escenario apuesta.

Promedio de las calificaciones de probabilidades simples

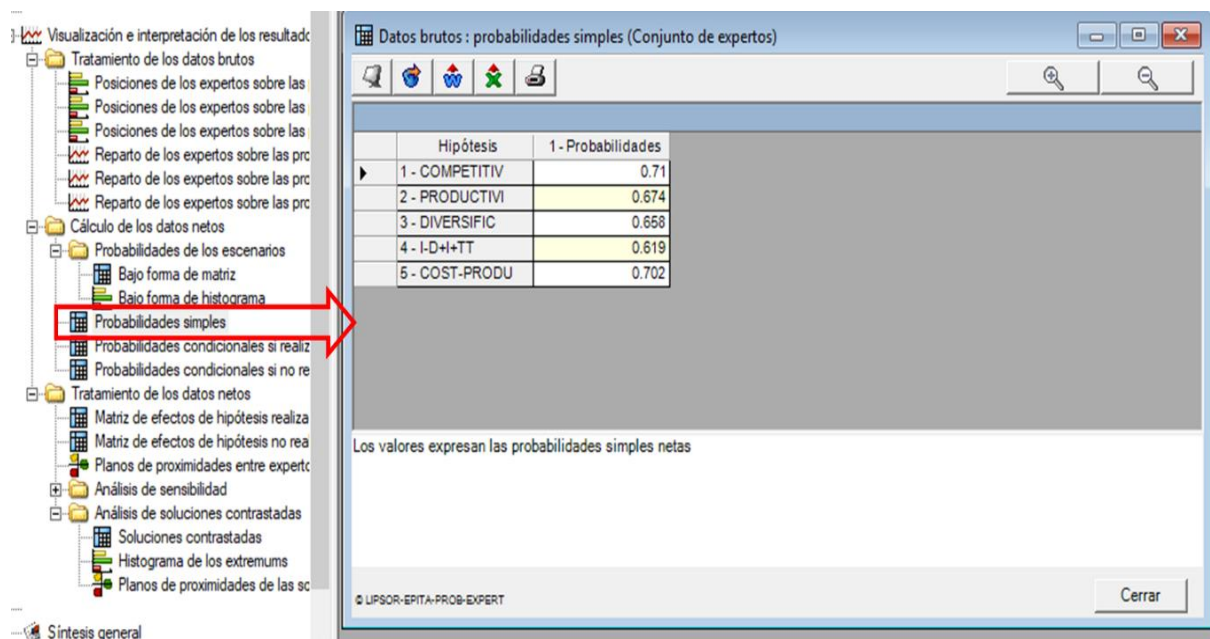


Figura 56. Calificaciones de probabilidades simples

Promedio de las calificaciones de probabilidades condicionales positivas

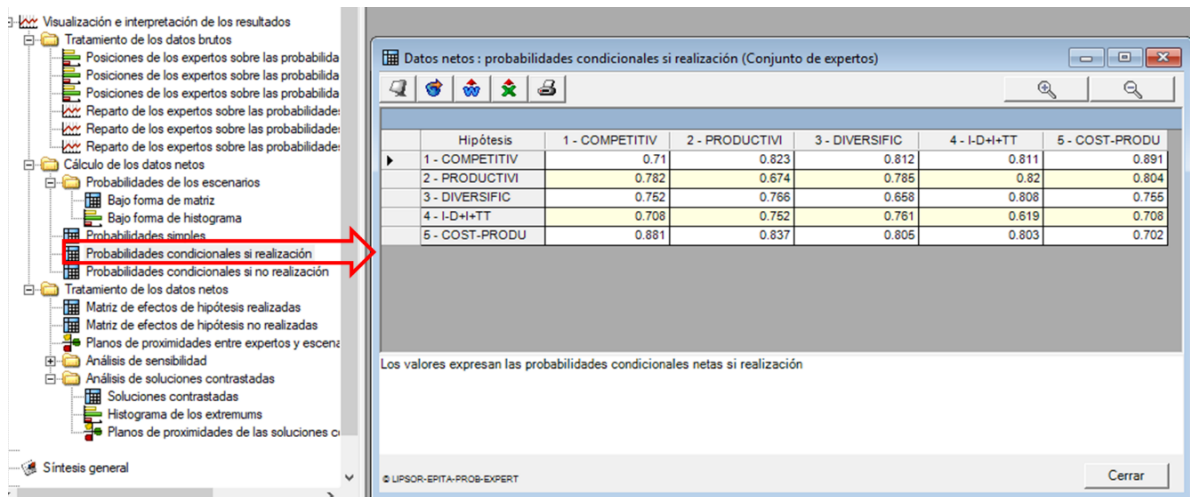


Figura 57. Calificaciones de probabilidades condicionales positivas

Promedio de las calificaciones de probabilidades condicionales negativas

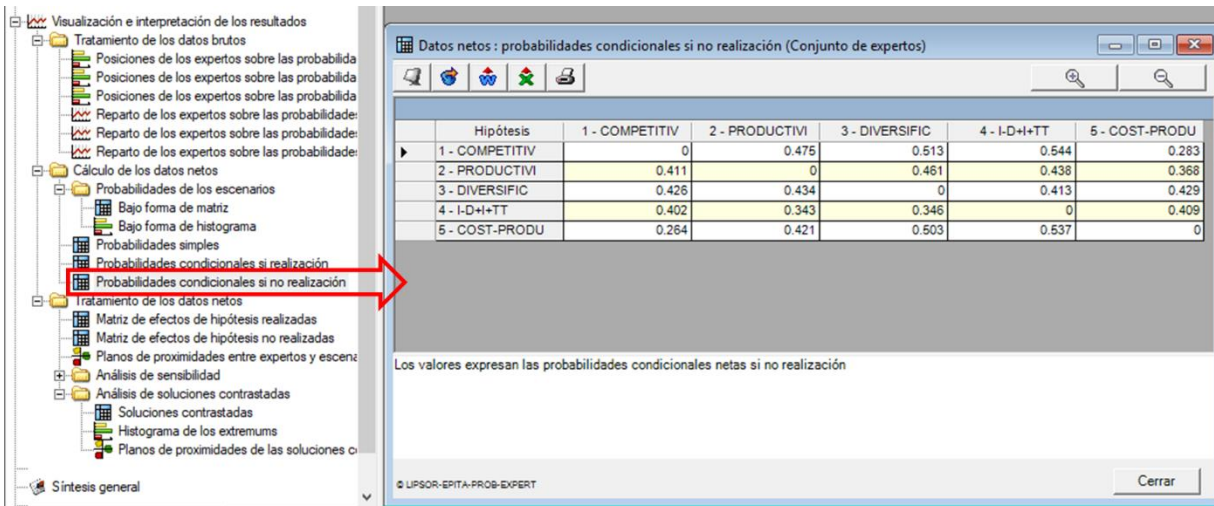


Figura 58. Calificaciones de probabilidades condicionales negativas

Con estas calificaciones de los expertos, los resultados del procesamiento de los datos por medio del software “Smic”, se observan en el siguiente histograma (Figura 59).

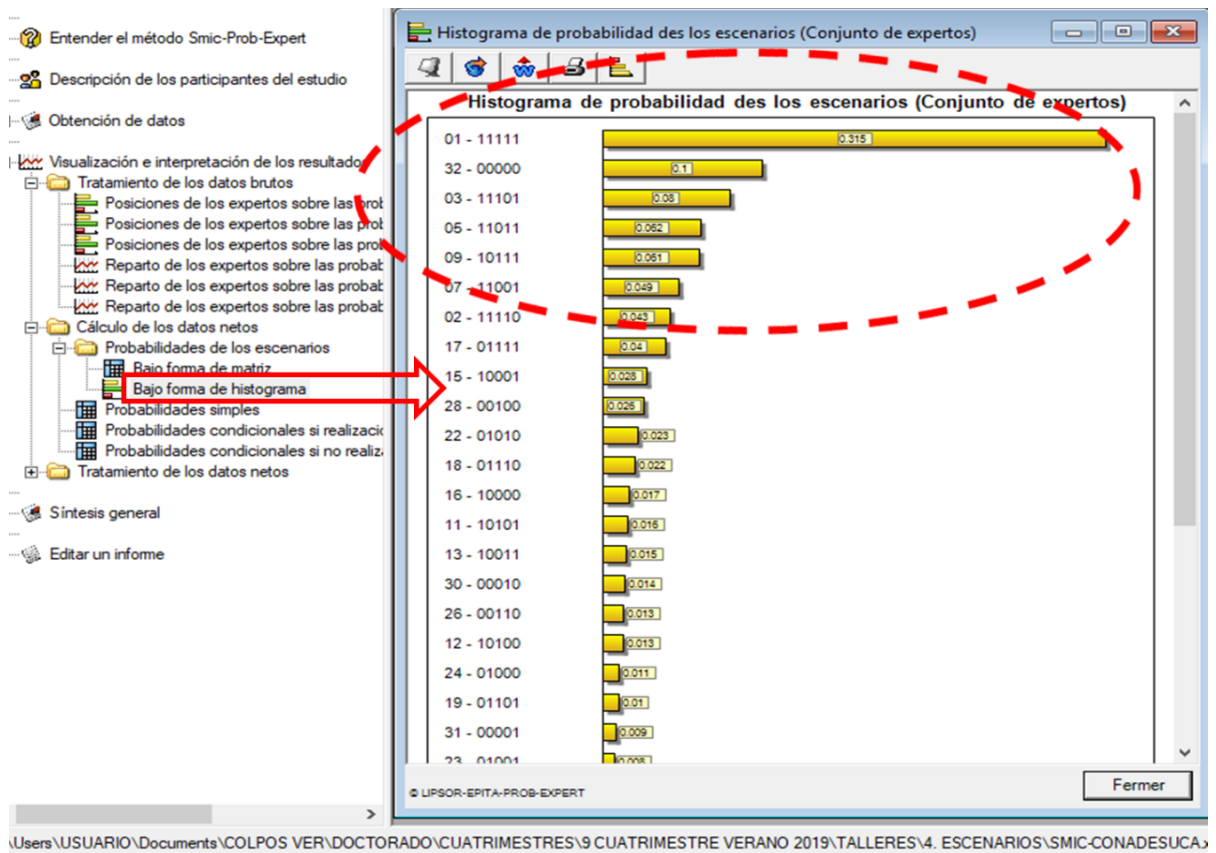


Figura 59. Histograma de la probabilidad del escenario apuesta.

La probabilidad de ocurrencia del escenario apuesta es de un 31.5 %, se toma un parámetro del 70 % (Cuadro 20), para saber que situaciones discordantes y negativas se pueden presentar en el camino del presente al futuro, para lo cual se establece el “Plan Vigía”.

Cuadro 20. Ponderación del 70 % para elaborar el plan vigía

Escenario	Porcentaje	Ponderación
01-11111	0.315	0.315
32-00000	0.100	0.415
03-11101	0.080	0.495
05-11011	0.052	0.547
09-10111	0.051	0.598
07-11001	0.049	0.649
02-11110	0.043	0.690
		70 %

3.3.4.1 Plan vigía

Se ha dicho que la travesía del presente al futuro va acompañada de un plan vigía, que consiste en indicar si se está haciendo lo correcto mientras se construye el escenario apuesta. En otras palabras, es un sistema de alertas que debe indicar en qué momento se pierde el camino y se toman otras vías.

(Escenario 32 – 00000)

0= I + D + I + TT, **0**= DIVERSIFICACIÓN, **0**= COSTOS DE PRODUCCIÓN, **0**=PRODUCTIVIDAD,
0= COMPETITIVIDAD

Si sucede (00000): No hay tecnología, no se diversifica, costos de producción altos, poca productividad y no se es competitivo.

Esta es la consecuencia: la agroindustria de la caña de azúcar en México no cuenta con un centro de investigación para realizar investigación, e innovación y transferencia de tecnología, por lo consiguiente no diversifica sus productos sigue produciendo azúcar a altos costos, su logística es deficiente en tiempos, movimientos y almacenamiento, cada vez más se reduce la producción de forma vertical, aumentando la deficiencia en la extracción de azúcar, su mala programación en campo hace que disminuya el rendimiento y finalmente la

agroindustria de la caña de azúcar gasta mucho en producir en campo, cosecha y fábrica lo que hace a esta agroindustria no sea competitiva en precios ni en mercado y vaya en decadencia hasta su desaparición.

(Escenario 03 – 11101)

**1 = I + D + I + TT, 1 = DIVERSIFICACIÓN, 1 = COSTOS DE PRODUCCIÓN, 0 = PRODUCTIVIDAD,
1 = COMPETITIVIDAD**

Si sucede (11101): si hay tecnología, se diversifica, bajan los costos de producción, pero no mejora la productividad y se es competitivo.

Esta es la consecuencia: El rendimiento de toneladas por hectárea está por debajo de la media nacional de 70 t ha⁻¹, es muy deficiente la extracción de azúcar y su mala programación de campo hace que disminuya cada vez más los rendimientos teniendo los estándares más bajos en la producción que seguirá en descenso, cada vez más los productores ganan menos y su calidad de vida se ve reflejada en escases.

(Escenario 05 - 11011)

**1 = I + D + I + TT, 1 = DIVERSIFICACIÓN, 0 = COSTOS DE PRODUCCIÓN, 1 = PRODUCTIVIDAD,
1 = COMPETITIVIDAD**

Si sucede (11011): si hay tecnología, si se diversifica, pero no bajan los costos de producción, si hay productividad y se es competitivo.

Esta es la consecuencia: Cuesta mucho producir un kilo de azúcar por los altos costos en campo y fábrica y el margen de comercialización es muy alto lo que hace poco rentable la producción de azúcar

(Escenario 09 - 10111)

**1 = I + D + I + TT, 0 = DIVERSIFICACIÓN, 1 = COSTOS DE PRODUCCIÓN, 1 = PRODUCTIVIDAD,
1 = COMPETITIVIDAD**

Si sucede (10111): si hay tecnología, no se diversifica, bajan los costos de producción, si hay productividad y se es competitivo.

Esta es la consecuencia: Se sigue produciendo solo azúcar no hay voluntad política para establecer un marco jurídico para la diversificación, no se aprovechan los subproductos y co-productos derivados de la caña de azúcar por lo cual se reduce su mercado a un solo producto dejando una gran ventaja competitiva a la competencia

(Escenario 07 - 11001)

1 = I + D + I + TT, **1** = DIVERSIFICACIÓN, **0** = COSTOS DE PRODUCCIÓN, **0** = PRODUCTIVIDAD,
1 = COMPETITIVIDAD

Si sucede (11001): si hay tecnología, se diversifica, pero no bajan los costos de producción, no se mejora la productividad y se es medio competitivo.

Esta es la consecuencia: seguir produciendo a los mismos costos de producción en campo y fábrica no es rentable la producción de azúcar, cada vez la producción será deficiente y perderá cada vez más mercado el azúcar bajando su competitividad con los otros sustitutos a nivel nacional e internacional.

(Escenario 02 - 11110)

1 = I + D + I + TT, **1** = DIVERSIFICACIÓN, **1** = COSTOS DE PRODUCCIÓN, **1** = PRODUCTIVIDAD,
0 = COMPETITIVIDAD

Si sucede (11110): si hay tecnología, se diversifica, se bajan los costos de producción, si hay productividad, pero no se es competitivo.

Esta es la consecuencia: seguirá en los mismos lugares del ranking, para que la agroindustria de la caña de azúcar sea competitiva se necesita ofertar azúcar a igual o menor precio en el mercado, aumentar su calidad en el producto, si no sucede esto seguirá siendo no competitiva en el mercado nacional e internacional.

3.3.5 Quinto taller: Estrategias

Los expertos definieron tres estrategias por cada meta por medio de las cuales se llevará a cabo el escenario apuesta (Cuadro 21).

Cuadro 21. Estrategias para construir el escenario apuesta

META	ESTRATEGIAS-PROYECTOS
1. Obtener los productos de investigación	1. Capital humano, Infraestructura y Recursos financieros
I+D+I+TT	2. Transferencia de tecnología
	3. Evaluación de impacto
2. Que exista demanda de los productos diversificados	4. Ofertar productos derivados de la caña precios competitivos
DIVERSIFICACIÓN	5. Fortalecer la política ambiental
	6. Aplicar el marco regulatorio
3. Bajar 10 % los costos de producción campo \$423 t ⁻¹ , fabrica \$9 Kg ⁻¹ , y margen de comercialización 63 %	7. Extensionismo
COSTOS DE PRODUCCIÓN	8. Desarrollo de competencia laborales
	9. Mejorar la logística de tiempos, movimientos y almacenamiento a través de un marco regulatorio
4. Incrementar el promedio 10.160 t ha ⁻¹	10. Aumentar el rendimiento vertical
PRODUCCIÓN	11. Mejorar la eficiencia de la extracción de azúcar
	12. Mejorar la programación del campo cañero
5. Bajar los costos de producción de azúcar en un 10 %	13. Bajar costos de producción de campo y cosecha
COMPETITIVIDAD	14. Bajar costos de producción en fabrica
	15. Aumentar las economías de escala

Se utilizó la técnica de ábaco de Regnier, en el cual los expertos priorizaron la recomendación que cada estrategia tiene como un elemento determinante para realizar el escenario elegido, donde nos indica que estrategia se debe de hacer primero y así sucesivamente.

Cuadro 22. Resultados de la priorización de las estrategias

Muy Recomendable	Recomendable	Duda	Poco Recomendable	Muy Poco Recomendable	Sin Respuesta
13 Bajar costos de producción de campo y cosecha					
02 Transferencia de tecnología					
14 Bajar costos de producción en fabrica					
04 Ofertar productos derivados de la caña precios competitivos					
03 Evaluación de impacto de la transferencia de tecnología					
10 Aumentar el rendimiento vertical					
05 Fortalecer la política ambiental					
07 Extensionismo					
15 Aumentar las economías de escala					
06 Aplicar el marco regulatorio para la diversificación					
11 Mejorar la eficiencia de la extracción de azúcar					
12 Mejorar la programación del campo cañero					
01 Capital humano, Infraestructura y Recursos financieros					
09 Mejorar la logística de tiempos, movimientos y almacenamiento a través de un marco regulatorio					
08 Desarrollo de competencia laborales					

En el (Cuadro 22) se destaca la gran capacidad de gestión que existe en el escenario apuesta en donde 6 de las 15 acciones planteadas tienen una fuerte y moderada recomendación y, solamente, 1 tienen una nula recomendación; no obstante, todas las acciones son de vital importancia por la dinámica que se genera en impulsar esta visión de futuro consensuada del escenario “Agroindustria sostenible”.

Se recomienda iniciar por establecer el centro de investigación y transferencia de tecnología de la caña de azúcar para generar, adoptar e utilizar las tecnologías inteligentes que apoyaran a la automatización de los procesos de producción tanto en fábrica y campo para disminuir los costos de producción, con estas tecnologías inteligentes se podrá diversificar obteniendo otros productos derivados de la caña de azúcar y ofertarlos a precios competitivos, esta amplia el mercado teniendo la oportunidad de ser más competitivo a nivel nacional e internacional.

3.4 Resumen

La prospectiva estratégica se llevó a cabo en las instalaciones de la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), en la ciudad de México, con expertos conocedores de la problemática de la agroindustria de la caña de azúcar y con poder de decisión.

Taller 1. Factores de cambio: los expertos con base al estado del arte y la vigilancia tecnológica, seleccionaron 65 factores de cambio.

Taller 2. Variables estratégicas: los expertos mediante la técnica de puntuación eligieron 25 los más relevantes e importantes de los 65 factores de cambio, con estos se aplicó el software MicMac para obtener las variables estratégicas que son: Competitividad, Productividad, Diversificación, Investigación más Desarrollo más Innovación más Transferencia de Tecnología (I+D+I+TT) y Costos de Producción. Se realizó su sintaxis lógica dentro de un contexto sistémico conformado por ellas mismas según las interrelaciones de causa y efecto, con el objeto de respetar los principios de contextualidad y complejidad sobre los que reposa la prospectiva estratégica.

Taller 3. Actores sociales: los expertos identificaron a 11 actores sociales que intervienen en el comportamiento de las variables estratégicas, los retos y las estrategias de cada actor social.

Taller 4. Escenarios: los expertos redactaron 3 metas por cada variable estratégica para diseñar 3 escenarios probables: 1. Agroindustria sostenible, 2. Contra corriente y 3. Un dulce futuro. Los expertos mediante el ábaco de Regnier eligieron al escenario apuesta que fue “Agroindustria sostenible” se hizo la narrativa al 2030. Como prueba para corroborar la selección del escenario apuesta se llevó a cabo la prueba con los ejes de Peter Schwartz. Para ver la probabilidad de concurrencia del escenario apuesta se utilizó el software Smic. Y se elaboró el plan vigía.

Taller 5. Estrategias: Los expertos definieron tres estrategias por cada meta por medio de las cuales se llevará a cabo el escenario apuesta. Mediante la técnica de ábaco de Regnier, priorizaron la recomendación que cada estrategia. Las

inmediatas son: bajar costos de producción en campo y fábrica, adaptación de tecnologías inteligentes y ofertar productos derivados de la caña de azúcar a un precio competitivo.

3.5 Conclusión

La metodología de la prospectiva estratégica es nueva en nuestro país, siendo la agroindustria de la caña de azúcar la primera en que se utiliza esta metodología en el planeamiento de su futuro en México. Esta investigación permitió reconocer el rumbo hacia el progreso que decidió tomar la agroindustria de la caña de azúcar en el año 2030, constituyendo una hábil y competitiva agroindustria.

Así mismo plasma una visión de futuro consensuada que surgió de la construcción colectiva, colocándose por encima de la individualidad y centrándose en la búsqueda de la acción común, incorporando los intereses, los anhelos, las concepciones materiales de los colectivos de expertos vinculados al proceso.

La agroindustria de la caña de azúcar en México, toma una actitud proactiva frente al futuro, calificando las tendencias y preparándose para el cambio, de tal manera que nunca sea sorprendida por el cambio mundial. Con el estudio prospectivo, la agroindustria de la caña de azúcar emprende una importante travesía hacia el futuro, pero no de manera ciega sino guiada por los expertos que participaron en esta investigación, que les permite iluminar las acciones del presente.

El cambio más significativo en la agroindustria de la caña de azúcar tiene que ver con la implementación del CICTCAÑA para poder realizar investigación, desarrollo tecnológico, innovación y transferencia de tecnología que son las que modernizaran los procesos de producción, reducirán los tiempos en los procesos y bajaran los costos de producción, podrán diversificar obteniendo mayor mercado, aumentaran su producción vertical y así de esta manera serán más competitivos.

3. 6 Literatura citada

- Blondel, M. 1996. La acción (1893): ensayo de una crítica de la vida y de una ciencia de la práctica; introducción de Juan María Isasi y César Izquierdo.
- Chan Kim, W., y R. Mauborgne. 2005. Blue Ocean Strategy: How to create uncontested market space and make the competition irrelevant. Harvard Business Review Press, Boston.
- Dahl, A. 1957. The concept of power. Behavioral science 2: 201-215.
- Godet, M. 1991a. De l'anticipation à l'action. Paris: Dunod.
- Godet, M. 1991b. L'avenir autrement. Armand Colin Editeur.
- Godet, M. 2007. Manuel de prospective stratégique-Tome 2-3ème édition-L'Art et la méthode. Dunod.
- Godet, M., y P. Durance. 2007. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. Cuadernos de LIPSOR 104.
- Godet, M., y P. Durance. 2009. Cuaderno del Lipsor. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. París: Lipsor.
- Mojica, F. J. 2008. Dos modelos de la escuela voluntarista de prospectiva estratégica. Centro de pensamiento estratégico y prospectiva, Universidad Externado de Colombia: 1-11.
- Mojica, F. J. 2015. Introducción a la prospectiva estratégica. Documento de Consulta Universidad Externado de Colombia.
- Régnier, F. 1989. Annoncer la couleur. Pour une approche nuancée du consensus. Nancy, Francia: Institut de métrologie qualitative.
- Schwartz, P., y J. M. Vásquez. 1995. La planificación estratégica por escenarios. Cuadernos de Administración 14: 199-225.
- Zafranet. 2019. Análisis de la situación actual por tendencia, producción y consumo de edulcorantes en México. <https://www.zafranet.com/2019/01/analisis-de-la-situacion-actual-por-tendencia-produccion-y-consumo-de-edulcorantes-en-mexico/>.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Contrastación de hipótesis

La Hipótesis Específica 1 indica que: si la agroindustria de la caña de azúcar no está preparada para diversificar, investigar, innovar, adaptarse o transformarse a los cambios tecnológicos futuros, el sector no será competitivo volviéndose obsoleto y tenderá a desaparecer. Con base en los resultados del trabajo de investigación indican que, si la agroindustria de la caña de azúcar no invierte en las tecnologías inteligentes y no establece el Centro de Investigación Científico Tecnológico de la Caña de Azúcar (CICTCAÑA) para hacer investigación, desarrollo, innovación y transferencia de tecnología para sus productores, gestione los proyectos específicos para dinamizar la agroindustria azucarera y disminuya su producción a la mitad, entonces sus costos de operación y producción seguirán incrementándose y no será rentable, por lo que no se encontraron elementos suficientes para falsear la hipótesis.

La Hipótesis Específica 2 indica que: Las variables económicas y las tecnologías inteligentes definirán la situación de la agroindustria de la caña de azúcar en el futuro. Con base en la información obtenida en el capítulo uno y dos de esta investigación, indican que son indispensables las variables económicas para poder invertir en las tecnologías inteligentes que definen el futuro de la agroindustria, por lo que no se encontraron elementos suficientes para falsear la hipótesis.

La Hipótesis Específica 3 indica que: La investigación e innovación serán las respuestas para hacer más competitiva la agroindustria de la caña de azúcar. Con base en la información del estudio prospectivo se encontró que la investigación, la innovación, el desarrollo y la transferencia de tecnología para los productores de caña de azúcar es fundamental para que la agroindustria mejore sus procesos de producción tanto en campo como en fábrica, baje sus costos de producción, aumente su producción vertical, diversifique sus

productos, subproductos y co-productos y de esta manera ampliar su mercado y ser más competitiva nacional e internacionalmente. Por lo que no se encontraron elementos suficientes para falsear la hipótesis.

La Hipótesis General indica que: El cambio tecnológico es necesario para la permanencia de la agroindustria azucarera mexicana en el futuro próximo. Con base en los resultados de la aplicación del método de la prospectiva estratégica se constata que, es fundamental un cambio tecnológico para la agroindustria de la caña de azúcar y necesita con carácter de urgente invertir en tecnologías inteligentes para mejorar sus procesos de producción (campo y fábrica), de esta manera bajaría los costos de producción, incrementaría la producción vertical, diversificaría sus productos teniendo un mejor mercado, siendo cada vez más competitiva nacional e internacionalmente, por lo que no se encontraron elementos suficientes para falsear la hipótesis.

2. Conclusiones por capítulos

Desde el enfoque agroecosistémico, se tiene que analizar su sistema superior para poder comprender al AES, para ello se apoyó en la teoría general de sistemas, la teoría económica y la teoría de la complejidad. No se puede percibir la realidad a corto plazo tiene que ser consensuada, holística y a largo plazo por lo que la prospectiva estratégica es un método pertinente para su análisis.

2.1 Estado del Arte

La problemática de la agroindustria de la caña de azúcar es compleja pero lo que más le afecta es la pérdida en el consumo gradual de azúcar esto se debe en gran medida a la sustitución por JMAF. El consumidor principal es la industria refresquera, si esta industria deja de consumir azúcar para usar JMAF, más la reducción de exportación de azúcar en el acuerdo comercial T-MEC, esto obligara a los ingenios a reducir su producción de azúcar refinada para aumentar la producción de azúcar cruda lo que trae como consecuencia 100 dólares por

tonelada menos para la agroindustria de la caña de azúcar lo que afectara directamente a los productores.

2.2 Vigilancia Tecnológica

La agroindustria de la caña de azúcar al no contar con un centro especializado que haga investigación, desarrollo, innovación y la transferencia de tecnología para sus productores, tiene que invertir en las tecnologías inteligentes como: la agricultura de precisión, drones, sensores, inteligencia artificial (IA), algoritmos, Smartphone, internet de las cosas (IoT), satélites, geolocalización, Big Data, Apps, biotecnología, genética, nanotecnología, resinas termoplásticas, plásticos de origen vegetal, para mejorar sus procesos en campo y fábrica. Solo así podrá salir del rezago tecnológico y con el tiempo ser competitiva.

La agroindustria de la caña de azúcar tiene que invertir en investigación y desarrollo tecnológico, adoptar las tecnologías existentes tanto en maquinaria y equipo para campo y fábrica, entonces: El campo cañero mexicano puede llegar a ser sustentable y sostenible a corto, mediano y largo plazo tanto social, económica como ecológicamente.

2.3 Prospectiva estratégica

En seguimiento a los resultados de la presente investigación, y solo después de ajustar la cantidad de azúcar producida en México de acuerdo a la demanda interna y a la producción que se pueda exportar a Estados Unidos de Norteamérica, la industria azucarera mexicana tiene viabilidad técnica y económica si y solo si, lleva acabo lo siguiente: detonar el cambio estructural impulsando el establecimiento del centro de investigación y transferencia de tecnología de la caña de azúcar para generar, adoptar e utilizar las tecnologías inteligentes que apoyaran a la automatización de los procesos de producción tanto en fábrica y campo, para disminuir los costos de producción, aumentar su producción vertical, con estas tecnologías inteligentes se podrá diversificar

obteniendo otros productos derivados de la caña de azúcar y ofertarlos a precios competitivos, ampliando su mercado, teniendo la oportunidad de ser más competitiva en el mercado interno.

Este estudio prospectivo de la agroindustria de la caña de azúcar en México, al horizonte 2030 permite alinear esfuerzos entre Academia – Gobierno – Empresa – Productores, en la que se gestionen proyectos específicos para dinamizar la agroindustria, lo que impactará de forma favorable para los actores sociales que la conforman.

2.4 Conclusión general

La agroindustria azucarera mexicana ha cumplido su ciclo y es el momento de su transformación estructural. El cambio estructural significa ajustar la producción nacional de azúcar a las condiciones de demanda del mercado nacional y el volumen de azúcar que se puede exportar al mercado de Estados Unidos de América del Norte, y el excedente de producción de caña aprovecharlos para obtener diversos productos como el alcohol etílico y anhidro, así como derivados de las fibras y jugos de caña. Se debe poner en marcha el Centro de Investigación Científico Tecnológico de la Caña de Azúcar (CICTCAÑA), para detonar el incremento de la productividad y competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en un mediano y largo plazo, y dotar a la agroindustria de las tecnologías inteligentes que son las que modernizarán los procesos de producción, reducirán los tiempos en los procesos y bajarán los costos de producción tanto en campo como en fábrica, aumentará el rendimiento vertical., solo entonces, puede ser sustentable y sostenible a mediano y largo plazo tanto social, económica como ecológicamente.

3. Recomendaciones

La agroindustria de la caña de azúcar tiene que invertir en tecnologías inteligentes, la inteligencia artificial, la agricultura de precisión, el Big Data, la biotecnología, en la diversificación de sus productos, subproductos y co-productos, adoptar innovaciones en sus procesos tanto en campo como en fábrica para disminuir costos de producción y ser más rentable.

El estudio prospectivo solo llega hasta las estrategias y propone el nombre de los proyectos que se deriven de las acciones propuestas y analizadas por los expertos. Ya es responsabilidad de los expertos en realizar los proyectos que genera la presente investigación.

La agroindustria de la caña de azúcar tiene que establecer el Centro de investigación y transferencia de tecnología de la caña de azúcar para generar, adoptar y utilizar las tecnologías inteligentes que apoyarán a la automatización de los procesos de producción tanto en fábrica y como en campo para disminuir los costos de producción, con estas tecnologías inteligentes se podrá diversificar obteniendo otros productos derivados de la caña de azúcar y ofertarlos a precios competitivos, esto amplía el mercado teniendo la oportunidad de ser más competitiva nacional e internacionalmente.

Por último, como el estudio prospectivo no es un resultado, sino un proceso éste debe ser revisado, evaluado y en su caso, rediseñado, de manera periódica a fin de que no pierda efectividad, utilidad, congruencia y vigencia. Vivimos en un medio de continuas evoluciones donde lo único seguro es el cambio.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz Relacional de Análisis Estructural																										
Factores		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										

Marque 3= Fuerte 2=Moderada 1=Débil 0=Nula

Anexo 2

ACTOR X ACTOR	1. Productores de caña	2. Industriales (dueños de ingenios)	3. Competencia	4. Gobierno	5. Proveedores de insumos	6. Consumidores	7. Instituciones de educación e inves	8. Asociaciones de productores	9. Sindicatos cañeros	10. Organismos internacionales	11. Organizaciones no gubernamenta
1. Productores de caña	0										
2. Industriales (dueños de ingenios)		0									
3. Competencia			0								
4. Gobierno				0							
5. Proveedores de insumos					0						
6. Consumidores						0					
7. Instituciones de educación e investigación							0				
8. Asociaciones de productores								0			
9. Sindicatos cañeros									0		
10. Organismos internacionales										0	
11. Organizaciones no gubernamentales (ONGS)											0

Anexo 3

ACTOR X RETO	1. Generar estrategias para ofertar azúcar de caña a un precio competitivo	2. Incrementar el rendimiento agroindustrial	3. Generar estrategias para ofertar otros productos derivados de la caña a un precio competitivo	4. Instalar el centro de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar	5. Bajar los costos de producción campo, fábrica y el margen de comercialización
1. Productores de caña					
2. Industriales (dueños de ingenios)					
3. Competencia					
4. Gobierno					
5. Proveedores de insumos					
6. Consumidores					
7. Instituciones de educación e investigación					
8. Asociaciones de productores					
9. Sindicatos cañeros					
10. Organismos internacionales					
11. Organizaciones no gubernamentales (ONGS)					