

Diagnóstico de la investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar en México



Contenido

Introducción	1
1. Investigación por países	5
China	5
India.....	5
Brasil	6
Australia	7
2. Demanda de investigación de la agroindustria de la caña de azúcar en México	11
Demanda de investigación en campo.....	11
Demanda de investigación en la agroindustria.....	12
3. Oferta de Investigación Científica y Tecnológica en México	13
Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA, A.C.)	13
Colegio de Postgraduados	13
Universidad Veracruzana.....	14
INIFAP.....	15
Universidad Nacional Autónoma de México	15
4. El sistema SI-Investigación del CONADESUCA	19
Líneas temáticas	19
Documentos recopilados por año	20
Documentos por institución	21
Documentos por indicadores de sustentabilidad	22
Accesiones al SI-Investigación	23
Accesiones por línea temática	24
5. Consideraciones	27
Referencias consultadas	28
Lista de abreviaturas	32

Introducción

En México la creación del Instituto para el Mejoramiento del Azúcar (IMPA) tuvo el propósito explícito de mejorar los rendimientos de la caña de azúcar en campo a través de la investigación sobre variedades de caña de azúcar. Esta institución fue creada en 1949 y liquidada en 1990 durante la serie de reestructuraciones de la participación estatal en la economía. La infraestructura del IMPA fue transferida al sector privado y al sector social, como se denominaba a los propietarios de los ingenios cañeros y a las organizaciones de abastecedores de caña en aquella época.

De esta manera la investigación convencional de la caña de azúcar centrada en el mejoramiento de variedades resistentes a sequías, plagas y enfermedades, obtención de tallos rectos y no susceptibles al acame, cultivo de tejidos, etc.; así como las tecnologías emergentes como la ingeniería genética, biotecnología, diversificación del uso de los subproductos y productos de la caña de azúcar, agricultura de precisión, agrometeorología y sistemas de información geográfica, diversificación productiva, entre muchas otras; han recibido nuevamente atención en los últimos años.

Algunas instituciones como INIFAP, universidades públicas y el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA, A.C.), que realizan investigación aplicada principalmente en las áreas convencionales¹, han iniciado con la implementación de programas de investigación sobre tecnologías emergentes.

Los países que hoy lideran la producción de caña, por ejemplo Brasil e India, han tenido históricamente un sistema de investigación sobre la caña de azúcar donde la intervención estatal ha sido determinante. Esta intervención se ha concretado en la conformación de programas y proyectos de investigación que reciben su financiamiento de recursos fiscales o de la expedición de marcos legales que favorezcan la certidumbre a los actores privados o empresas que invierten en la investigación para mejorar los rendimientos en campo y fábrica; y aún en la generación de bienes de capital a través de la industria ligera que genera tecnología

¹ Siguiendo a Trejo (2010) para propósitos de este documento se entenderá como investigación convencional aquella que no involucre la manipulación de los genes o alelos de los organismos vivos, información generada mediante Sistemas de Posicionamiento Global y Sistemas de Información Geográfica y generación de biocombustibles. La separación puede no ser del todo exacta pero es útil para delinear entre la investigación que realizaba el IMPA y las tecnologías emergentes como las referidas.

adaptada a las condiciones del país en cuestión, como alzadoras y cosechadoras de caña de azúcar.

México a raíz de la desaparición del IMPA no cuenta con un arreglo institucional formal para la investigación sobre caña de azúcar pero si existe una política de investigación sobre la caña de azúcar que fija metas y objetivos en el mediano y largo plazo. Los lineamientos de la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA) y el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) que fijan metas y estrategias son indicativos y tienen el propósito de mejorar la rentabilidad, reducir costos, fijar el método de pago de la caña de azúcar, mejorar rendimientos, etc. El cumplimiento de estos lineamientos son concertados con los actores de la agroindustria de la caña como son las organizaciones cañeras, ingenios y sus órganos de representación como son la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA).

El rendimiento en toneladas por hectárea, es una de las variables que reflejaría la investigación aplicada. Como se sabe, la liberación de una variedad comercial de caña de azúcar implica entre 10 y 12 años de investigación para cumplir todos los protocolos de la investigación científica. De esta manera si se asume que el IMPA se estableció en 1949, es de esperar que el impacto de esta institución se notó cinco o más años después en el incremento del rendimiento de caña, resultado de la investigación aplicada que realizaba esta institución.

La tasa de crecimiento calculada para tres periodos muestra que efectivamente así ocurrió. El periodo 1930 a 1955 corresponde al periodo previo a los efectos de la investigación del IMPA; el periodo de 1956 a 1995 a aquel en el que el efecto de la investigación del IMPA fue pleno; y el periodo de 1996 a 2012, al periodo en el que como es de esperar, los rendimientos han decrecido.

Periodo	Tasa de Crecimiento (%)
1930/1954	22.5
1955/1995	48.7
1996/2012	-2.7

Fuente: elaborado con información de INEGI (2012)

La estimación de la tasas de crecimiento entre la zafra 2000/2007 y la zafra 2015/2016 utilizando cifras de CONADESUCA (2016) muestra que el rendimiento en dicho periodo decreció en 4.7%.

En este contexto, la elaboración de un diagnóstico de la situación de la investigación científica y tecnológica en la agroindustria de la caña de azúcar es imprescindible para conocer cuál es el estado actual de esta materia. Para la elaboración del diagnóstico, se procede de la siguiente forma:

Se hace una revisión descriptiva general de la investigación que se realiza en los países de mayor importancia en cuanto a producción de caña de azúcar. Entre otros, Australia, Brasil, China e India.

Enseguida, se realiza el diagnóstico de la situación de la investigación en México. Para ello se define cuál es la demanda de investigación por parte del sector productivo. La demanda de investigación se constituye por la problemática expresada tanto por los productores como por los industrializadores de caña de azúcar. Posteriormente se define cual es la oferta de investigación en caña de azúcar. Esta oferta es la realizada por los organismos e instituciones públicos y privados, dedicados a la academia y la investigación sobre el tema en México.

Asimismo, se analiza cualitativa y cuantitativamente, la documentación existente en el Sistema de Información de la Investigación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (SI-Investigación), implementado por el CONADESUCA.

Por último, se contrasta el análisis de la investigación tecnológica de caña de azúcar en México con la realizada por los países seleccionados en este trabajo para identificar los posibles rezagos en la materia.

1. Investigación de caña de azúcar a nivel global

Para la revisión sobre el estado de la investigación en el mundo se retomó Melgar (2012), y se adaptó la información disponible de las instituciones correspondientes a los países seleccionados.

La matriz que se presenta en el Cuadro 1 sintetiza las principales temáticas de investigación sobre la caña de azúcar en los países seleccionados. Se presentan los países e instituciones de investigación con mayor relevancia en investigación de caña de azúcar.

De acuerdo con Melgar (2012) varios países cuentan con diversos centros, por ejemplo China tiene ocho centros de investigación en caña de azúcar. India tiene tres grandes centros y proyectos de investigación en universidades. Existen centros de investigación específicos en procesos e ingeniería de producción de azúcar y derivados en Estados Unidos, Sudáfrica, Australia y Brasil.

1. Investigación por países

China

Es el segundo productor de caña de azúcar en el mundo. Cuenta con ocho institutos para la investigación y desarrollo sobre la caña de azúcar, subproductos y coproductos de este cultivo en todas las áreas del mismo. Las temáticas investigadas son tanto las tradicionales como las emergentes.

Las áreas de investigación específicas en China son:

1. Genética tradicional de la caña de azúcar para mejorar rendimientos e incrementar azúcar obtenida, etanol, resistencia a enfermedades plagas y malas hierbas; resistencia a la sequía y estrés hídrico; aclimatación.
 2. Genética molecular e ingeniería genética.
 3. Biotecnología, genoma de la caña y marcadores moleculares.
 4. Fitopatología.
-
5. Nutrición y prácticas de cultivo de la caña.
 6. Facilidades y equipo de bienes de capital para campo, fábrica y equipos conexos al proceso que inicia desde la planificación de la preparación del terreno y siembra hasta los nuevos procesos productivos a los que pudieran dar origen los subproductos y coproductos de la caña de azúcar.
 7. Efectos erráticos por el cambio climático y sus fenómenos asociados, como “El niño” y “La niña”.

India

El Instituto del Azúcar de Vasantdada (VSI, por sus siglas en inglés), tiene como objetivo evaluar y satisfacer las necesidades actuales y futuras de la industria del azúcar en el contexto de sus propias condiciones socioeconómicas del país.

Para cumplir este objetivo la investigación que se realiza en el VSI sobre caña de azúcar versa sobre:

1. Desarrollo de variedades prometedoras de caña de azúcar a través de la biotecnología.
2. Sistemas de riego que conservan agua.
3. Métodos ecológicos de producción y protección de cultivos.
4. Reducción de las pérdidas de azúcar en las fábricas de azúcar.
5. Energía eléctrica a través de la cogeneración.
6. Auditoría energética.
7. Reducción de la contaminación.
8. Aplicación de técnicas modernas y sofisticadas en campo y en fábricas de azúcar.
9. Desarrollo de biofertilizantes y vermi-composta para mejorar la fertilidad y la productividad del suelo.

Brasil

Es el mayor productor de caña de azúcar y exportador de azúcar estándar. El país cuenta con una red de instituciones mayoritariamente públicas (6) y algunas privadas (2) que realizan investigación en las líneas convencionales como en las emergentes y de frontera. El eje articulador de las innovaciones, avances científicos y tecnológicos y de investigación y desarrollo en Brasil ha sido la industria del etanol, que recibió gran impulso ante los dos choques en los precios del petróleo de la década de los años setenta (Furtado

et al., 2012). Los otros dos factores que han hecho del sistema de investigación brasileño uno de los más completos y dinámicos es la disponibilidad de recursos naturales (suelo, clima, agua) y una política pública definida de impulso a través de financiamiento a la utilización del etanol como carburante en su industria automotriz.

Las áreas de investigación científica y tecnológica de Brasil pueden describirse en términos generales, pues de enunciarse de forma específica sería muy extenso.

1. Mejoramiento de variedades de caña de azúcar a través del mejoramiento de cruzas y retrocruzas (genética tradicional).
2. Mejoramiento de variedades a través de la manipulación directa del genoma de la caña (ingeniería genética, marcadores moleculares y biotecnología).

El propósito de ambos tipos de mejoramiento es obtener las mejores características para que las variedades tengan más rendimiento en campo y fábrica, resistentes a plagas y enfermedades, adaptación a los cambios y fenómenos climáticos.

3. Agricultura de precisión a través del uso de los sistemas de posicionamiento global, sistemas de información geográfica, percepción remota, etc.
4. Sanidad vegetal de la caña vía la fitopatología, cuarentenas de semillas, etc.
5. Nutrición.
6. Fertilidad y manejo del suelo.
7. Investigación en energías renovables centrada en el etanol

8. Diversificación del uso de los productos y subproductos de la caña.
9. Sustentabilidad.

Australia

De acuerdo con el Sugar Research Australia (SRA), en el país la investigación realizada sobre la caña de azúcar comprende ocho temáticas en general.

1. Variedades óptimamente adaptadas a las variaciones climáticas, fitomejoramiento y liberación de variedades mejoradas.
2. Salud de los suelos y gestión de nutrientes;
3. Manejo de plagas, enfermedades y malezas
4. Sistemas agrícolas y gestión de la producción;

5. Eficiencia y tecnología de molienda
6. Diversificación de coproductos y subproductos así como la adición de valor
7. Transferencia y adopción de conocimientos y tecnología
8. Capacidad de desarrollo, atracción y retención de los participantes en la agroindustria desde productores, molineros, investigadores y recursos humanos en formación.

Cuadro 1. Investigación de caña de azúcar en los principales países productores^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}

Área de investigación	Brasil			Colombia	Estados Unidos		Guatemala	China	India	Tailandia	Sudáfrica	Sudán	Australia		China
	SAAIA	IAC	RIDESA	CENICAÑA	Canal Point	Houma	CENGICAÑA	Yunnan	Vasantdada ⁴ VS	NSTC	SASRI	SASRI	SRA	CSIRO	SASRI
1. Variedades mejoradas genéticamente															
1.1. Alto rendimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2. Adaptación al cambio climático	1		1							1					
1.3. Resistentes plagas y enfermedades	1		1									1			
2. Protección vegetal	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Marcadores moleculares	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
4. Caña transgénica	1			1	1	1		1	1		1		1	1	1
5. Banco de germoplasma	1		1												

² En el caso de Estados Unidos, Canal Point y Houma se refieren a los sitios donde se ubica físicamente las Estaciones Experimentales. El primero se ubica en Florida y el segundo en Louisiana en los Estados Unidos, respectivamente.

³ En el caso de China, Yunnan se refiere a la Yunnan Academy of Agricultural Sciences.

⁴ Para la India, Vasantdada⁴VS se refiere al Vasantdada Sugar Institute.

⁵ Para Tailandia, las siglas NSTC se refieren al National Science and Technology Capability.

⁶ SASI se refieren al South African Sugarcane Research Institute de Sudáfrica.

⁷ SRA se refiere al Sugar Research Australia y CSIRO al Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

⁸ Las siglas YAAS se refieren al Yunnan Academy of Agricultural Sciences de China.

Cuadro 1. Investigación de caña de azúcar en los principales países productores
(continuación)

Área de investigación	Brasil			Colombia	Estados Unidos		Guatemala	China	India	Tailandia	Sudáfrica	Sudán	Australia		China
	SAAIA	IAC	RIDESA	CENICAÑA	Canal Point	Houma	CENGICAÑA	Yunnan	VasantdadaVSI	NSTC	SASRI	SCRC	BSES	CSIRO	SASRI
6. Agronomía tradicional	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7. Mejoramiento del suelo												1			
8. Ingeniería Agrícola	1			1		1			1		1		1	1	
9. Fábrica	1			1					1		1		1	1	
10. Etanol	1			1					1	1				1	1
11. Energías alternativas (biomasa)	1			1					1	1				1	1
12. Laboratorios	1	1		1	1	1	1		1	1	1		1	1	
13. Transferencia de tecnología	1			1		1	1		1	1	1	1	1	1	
14. Capacitación y extensión	1	1		1		1	1		1	1	1		1	1	1
15. Caña transgénica	1			1	1										1
16. Procesos georeferenciados	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
17. Sistemas de información geográfica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17. Marcadores moleculares	1	1	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1
18. Optimización del agua (irrigación)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19. Agrometeorología	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
20. Diversificación de subproductos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: el número (1) dentro de la respectiva celda implica que el respectivo país realiza investigación en dicha temática.

Fuente: Adaptada de Melgar (2012) y actualizada con información de los sitios web de las instituciones consultadas.

2. Demanda de investigación de la agroindustria de la caña de azúcar en México

La problemática de la agroindustria de la caña de azúcar es compleja. No obstante, sólo se enuncia la problemática tecnológica que se puede derivar de la agendas tecnológicas de varias entidades (San Luis Potosí, Michoacán, Quintana Roo, Puebla, Colima, Jalisco, Tabasco), el Plan Rector del Sistema Producto Caña de Azúcar de Veracruz y sobretodo de la documentación del repositorio del sistema SI-Investigación del CONADESUCA.

La problemática tecnológica, identificada como demanda de investigación por parte del sector productivo, podemos dividirla a nivel del productor en campo y la problemática propiamente de la parte industrial de la cadena de valor de la caña de azúcar (Fundación PRODUCE Veracruz-Colegio de Postgraduados, s/f).

Demanda de investigación en campo

1. Monocultivo
2. Degradación del suelo
3. Desequilibrio varietal
4. Bajo grado de renovación del cultivo
5. Fertilización química sin considerar necesidades específicas de cultivo, ciclo y clima
6. Bajo porcentaje de volteo de cepas
7. Extracción excesivas de nutrientes del suelo
8. Excesivo uso de agroquímicos
9. Bajo empleo de mejoradores del suelo
10. Bajo empleo de controles biológicos
11. Quema de caña de azúcar como precosecha
12. Impacto ambiental por la quema de caña de azúcar
13. Bajos rendimientos de campo
14. Escasa investigación nacional para la generación de paquetes tecnológicos
15. Escaso fomento para desarrollar tecnología nacional
16. Escasa vinculación del subsector cañero con el sistema de ciencia y tecnología
17. Limitada economía de escala

18. Completa dependencia extranjera en fabricación de maquinaria

Demanda de investigación en la agroindustria

1. Deficiente calidad de materia prima (bajo contenido de sacarosa y alto contenido de impurezas)
2. Manejo inadecuado de la caña de azúcar (tiempo de traslado de la caña)
3. Bajo rendimiento en caña
4. Rezago tecnológico
5. Elevados costos de producción en fábrica
6. Problemas para lograr economías de escala en algunos ingenios
7. Tecnología de alto impacto ambiental (agua, suelos, aire)
8. Limitado aprovechamiento de subproductos
9. Dependencia tecnológica del extranjero para la fabricación de equipos de proceso
10. Escaso fomento para impulsar la industria ligera o pesada de equipos de proceso
11. Desvinculación de los ingenios con las facultades y universidades de ingenierías
12. Reducida capacidad de almacenamiento del producto y subproductos
13. Escasa investigación sobre requerimiento y financiamiento de equipo e innovación

3. Oferta de Investigación Científica y Tecnológica en México

De forma análoga a como se realizó la actualización de la investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar en el mundo, de la revisión de la documentación existente en el repositorio del sistema SI-Investigación del CONADESUCA y la información disponible en los sitios web de las instituciones y organismos que realizan investigación de la caña de azúcar en México, es posible elaborar la matriz de oferta investigación científica y tecnológica que se realiza sobre caña de azúcar en México.

Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA, A.C.)

El CIDCA fue fundado por la Unión Nacional de Productores de Caña de Azúcar (UNPCA-CNC), la Unión de Productores de Caña (UPC – CNPR) y la Cámara Nacional de la Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA) cuando el gobierno liquidó al IMPA en 1990. El CIDCA cuenta con una Estación Cuarentenaria, una Estación de Hibridación y 11 Centros Experimentales Regionales.

La investigación que realiza el CIDCA, es:

1. Mejoramiento genético
2. Obtención de variedades adaptadas a las regiones agroclimáticas de México
3. Obtención de variedades híbridas mediante el cruzamiento mono parental y multiparentales
4. Sanidad vegetal de la semilla de la caña de azúcar

Colegio de Postgraduados

De acuerdo con la base documental del SI-Investigación, el Colegio de Posgraduados tiene influencia a través de la investigación aplicada en los ingenios del sureste: Presidente Benito Juárez, La Joya, Pujilic, Huixtla, Aszuremex, Santa Rosalía, principalmente.

Esta institución cuenta con la infraestructura de laboratorios de análisis de suelos, laboratorios de fitopatología, laboratorios de reproducción de organismos benéficos, laboratorios de geomática, etc., para apoyo a su investigación.

Una característica distintiva del proceso de investigación realizado por esta institución es que sí su investigación requiere de parcelas demostrativas, ésta se realiza en terrenos de los productores de caña, abastecedores de los ingenios mencionados.

La enseñanza e investigación que realiza el Colegio de Postgraduados es en las siguientes áreas.

1. Manejo sustentable de los suelos cañeros (génesis, fertilidad, nutrición y fertilización)
2. Riego y drenaje en caña de azúcar
3. Plagas de la caña de azúcar
4. Enfermedades en caña de azúcar
5. Manejo y control de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar
6. Propagación masiva de la caña de azúcar
7. Sustentabilidad en el cultivo de caña de azúcar
8. El clima y su utilidad en la estimación de los rendimientos
9. Mejoramiento genético en caña de azúcar
10. Fisiología y Bioquímica en caña de azúcar
11. Sistemas de información geográfica en caña de azúcar
12. Organización de productores en caña de azúcar
13. Derivados, subproductos o coproductos de la caña
14. Mecanización en el cultivo de la caña de azúcar

Universidad Veracruzana

A nivel estatal, la Universidad Veracruzana cuenta con un programa de enseñanza superior sobre la caña de azúcar y realiza investigación tecnológica sobre el tema. El ubicarse en la región que conforma un clúster de ingenios, como lo es Córdoba, Veracruz, le permite tener interacción con los ingenios no sólo a nivel de parcela del productor, sino también en fábrica. Las líneas de enseñanza e investigación que realiza esta institución son:

1. Mejoramiento genético de la caña de azúcar
2. Tecnología agrícola de la caña de azúcar,
3. Fitoprotección de la caña de azúcar,
4. Biotecnología
5. Derivados de la caña de azúcar
6. Medio ambiente.

INIFAP

El INIFAP es un organismo público de investigación. La investigación que ha realizado el INIFAP en materia de caña de azúcar es la investigación convencional. Enfocada principalmente en:

1. Variedades de caña resistente a plagas y enfermedades
2. Variedades adaptadas a las condiciones climatológicas de las regiones
3. Variedades de alto rendimiento industrial
4. Protección y fertilidad del suelo
5. Fisiología
6. Fenología
7. Nutrición
8. Combate a plagas, enfermedades y malas hierbas
9. Mejora de variedades mediante cruza en parcelas experimentales
10. Generación de paquetes tecnológicos
11. Banco de germoplasma
12. Fertirrigación, riego por goteo y riego en general
13. Biofertilizantes y fertilizantes orgánicos

INIFAP (2010) reporta algunos proyectos de investigación relacionados con la tecnología emergente.

1. Digitalización del campo cañero de México para alcanzar la agricultura de precisión.
2. Automatización de las redes agroclimatológicas meteorológicas de las áreas de abastecimiento de los ingenios cañeros
3. Investigación en biocombustibles y etanol

Universidad Nacional Autónoma de México

La investigación sobre caña de azúcar en la Universidad Nacional Autónoma de México es incipiente y se realiza en dos temas tecnológicos específicos.

1. Investigación sobre el uso de biomasa (residuos de la caña de azúcar) para generar energía eléctrica y la producción de etanol.
2. Biofertilizantes

Cuadro 2. Matriz de oferta de investigación sobre la caña de azúcar en México

	INIFAP	CONADESUCA	CIDCA-CNIAA	COL. POST.	UNIVERSIDAD VERACRUZANA	INGENIOS	UACH	UNAM	CONACYT	SAGARPA	SENER
1. Variedades mejoradas:											
1.1. Alto rendimiento	1		1	1	1	1					
1.2. Adaptación al cambio climático	1		1	1	1						
1.3. Resistentes plagas y enfermedades	1		1	1	1	1					
2. Protección vegetal (plagas y enfermedades)	1		1	1	1	1					
3. Biotecnología:											
3.1. Marcadores moleculares		1	1	1							
3.2. Caña transgénica y organismos genéticamente modificados											
4. Banco de germoplasma	1		1	1							
5. Agronomía	1		1	1							
6. Mejoramiento del suelo	1			1	1						
7. Ingeniería Agrícola				1	1						
8. Fábrica	1			1	1						
9. Etanol a partir de caña de azúcar	1			1		1				1	1
10. Energías alternativas (biomasa)				1	1	1		1			
11. Laboratorio y análisis de suelos			1	1	1						
12. Transferencia de tecnología	1			1							
13. Laboratorio de reproducción de organismos benéficos				1							

Nota: el número 1 dentro de la respectiva celda implica que el respectivo país realiza investigación en dicha temática.

Cuadro 2. Matriz de oferta de investigación sobre la caña de azúcar en México
(continuación)

	INIFAP	CONADESUC A	CIDCA-CNIAA	COL. POST.	UNIVERSIDAD VERACRUZAN	INGENIOS	UACH	UNAM	CONACYT	SAGARPA	SENER
14. Capacitación y extensión	1		1	1	1						
15. Procesos georeferenciados	1	1		1							
16. Optimización del agua (irrigación)	1			1							
17. Modelación de procesos biológicos, climatológicos, plagas, enfermedades, etc.	1			1	1						
18. Agrometeorología	1	1									
19. Repositorio de documentos de caña de azúcar	1	1		1	1		1	1			
20. Cultivo de tejidos				1		1					
21. Cultivo <i>in vitro</i> de plántulas			1			1					
22. Convenios de investigación con otros países			1	1	1						
23. Investigación en biofertilizantes				1	1	1		1			
24. Intercambio de material genético con otros países			1								
25. Cooperación entre instituciones de investigación	1		1	1		1					
26. Financiamiento a proyectos de investigación de caña		1							1	1	
27. Programas de enseñanza sobre caña de azúcar				1	1						
28. Medio ambiente y sustentabilidad	1	1	1	1	1	1					
29. Diversificación del uso de subproductos y coproductos	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Fuente: elaborado a partir del acervo de SI-Investigación y los sitios web de las instituciones consultadas.

4. Diversificación del uso de la caña de azúcar en México

En el caso de la línea de investigación sobre la diversificación de los usos de la caña de azúcar el número de documentos disponibles en el sistema SI-Investigación es de 135; es decir el 17.2% del total existentes en el repositorio. La identificación de la temática sobre la que versan es amplia y puede agruparse de distintas formas según instituciones o autores consultados.

De acuerdo con los datos que publica el CONADESUCA (2016) puede afirmarse que actualmente los ingenios cañeros de México están poco diversificados; pues solo obtienen de su proceso en campo y fábrica, ya sea como producto directo, subproductos o coproducto, siete bienes o servicios: a) rastrojos y esquilmos agrícolas, b) azúcar, c) bagazo, d) melaza; y e) cogeneración de energía eléctrica a partir del bagazo; e) vapor; y e) alcohol 96°.

Estos bienes y servicios son en general de contenido tecnológico bajo y poco valor agregado. Por lo tanto, más que hacer referencia a la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar es necesario hablar de la diversificación de los usos de los coproductos y subproductos derivados de la caña de azúcar. La temática identificada en la línea diversificación de usos de la caña de azúcar a partir del Sistema de Información de la Investigación en la Agroindustria de la Caña de Azúcar (SI-Investigación) puede enunciarse que la diversificación incluye:

1. Diversificación de los subproductos de la cosecha
2. Diversificación del uso del bagazo
3. Diversificación del uso de la sacarosa (industria de la sucrosa)

En México, la investigación para obtener derivados de los subproductos de la caña de azúcar es limitada y se realiza a partir de trabajos de investigación en las universidades, sin continuidad después de la finalización estudios de quienes las desarrollan.

4. El sistema SI-Investigación del CONADESUCA

El Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar PRONAC 2014-2015) considera a la investigación y transferencia de tecnología como un medio para incrementar la productividad, en campo y fábrica, así como la competitividad de este subsector. Para ello mandata la creación del Sistema de Información del Estado del Arte en el Sector Azucarero o Sistema de Información de la

Investigación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. La institución responsable de hacer operativo el referido mandato ha sido el CONADESUCA. El repositorio se halla hospedado en su sitio web bajo el nombre de SI-Investigación.

El objetivo de contar con un repositorio de documentos relevantes para ofrecer alternativas o fuentes de información técnica y científica para la solución de problemas específicos de la agroindustria azucarera. La población objetivo de este sistema son los investigadores, académicos y estudiantes involucrados y/o interesados en la innovación y extensión científica y tecnológica.

El sistema es un repositorio conteniendo un acervo documental en referencia a diferentes temas concernientes a la agroindustria azucarera, que ha sido recopilado y clasificado en trece líneas principales.

El SI-Investigación se actualiza de forma continua, desde junio de 2014 y al 30 de noviembre de 2016 constaba de un acervo de 785 documentos.

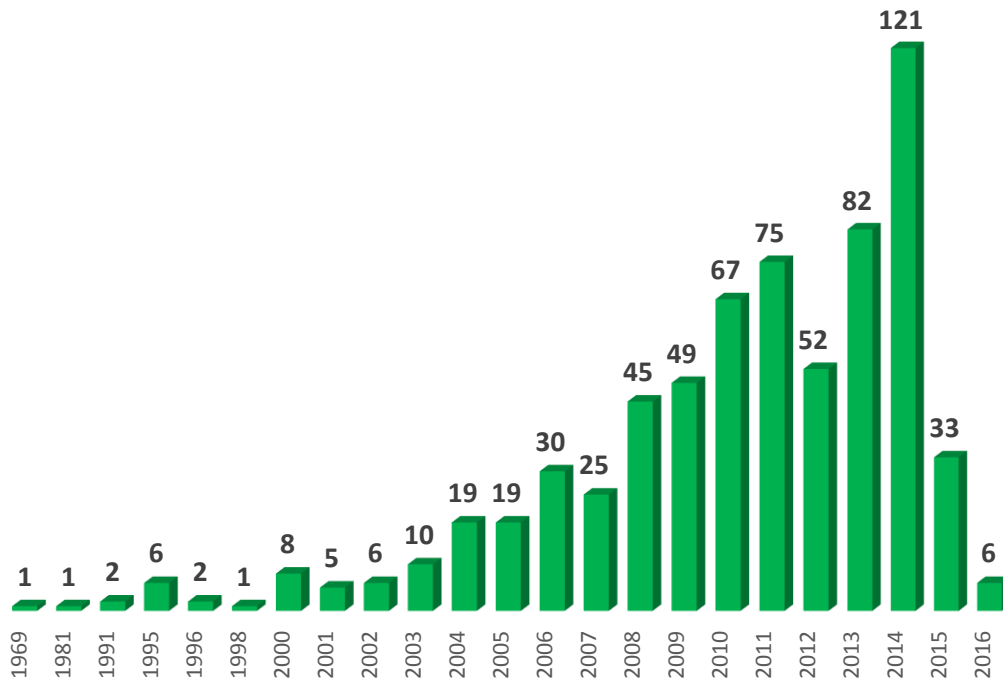
Líneas temáticas

Las líneas de investigación temática del SI-Investigación son 13. La distribución por tema de los documentos muestra que 187 (23.8) del acervo de 785 corresponden a la línea temática del sistema producto, paquete tecnológico y medio ambiente y solo 12 (1.5%) a la línea de innovación y transferencia.

Documentos por tema	Frecuencia	%	% acumulado
Sistema Producto, Paquete Tecnológico y Medio Ambiente	187	23.8	23.8
Diversificación del Uso de la Caña	135	17.2	41.0
Industrialización, Tecnología, Biotecnología, Cogeneración	93	11.8	52.9
Manejo Fitosanitario (Malezas, Plagas y Enfermedades)	91	11.6	64.5
Fertilidad del Suelo y Nutrición	50	6.4	70.8
Variedades y Fenología del Cultivo	49	6.2	77.1
Legislación, Normatividad y Participación del Gobierno	38	4.8	81.9
Cosecha	33	4.2	86.1
Mercado de azúcar y otros edulcorantes	33	4.2	90.3
Manejo Integral del Agua (Riego y Temporal)	28	3.6	93.9
Manejo y Conservación del Suelo	21	2.7	96.6
Financiamiento	15	1.9	98.5
Innovación y Transferencia de Tecnología	12	1.5	100.0
Total	785	100.0	

Documentos recopilados por año

De los 785 documentos recopilados entre el 1 mayo de 2014 y el 31 de noviembre de 2016, la distribución de documentos por años de publicación indica que 121 corresponden al año de 2014.



Documentos por institución

Del acervo de 785 documentos del sistema SI-Investigación, 76 (9.7%) corresponden al Colegio de Postgraduados y 33 (4.2%) a la Universidad Veracruzana.

Institución	Documentos	%	% acumulado
Colegio de Postgraduados (COLPOS)	76	9.7	9.7
Universidad Veracruzana	33	4.2	13.9
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	23	2.9	16.8
Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)	19	2.4	19.2
Universidad Autónoma Chapingo (UACH)	19	2.4	21.7
Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Argentina	19	2.4	24.1
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)	18	2.3	26.4
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	16	2.0	28.4
Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (Cengicaña)	15	1.9	30.3
Tecnicaña	13	1.7	32.0
Otras colaboraciones	484	61.7	93.6
No Disponible	50	6.4	100.0
Total	785	100.0	

Documentos por indicadores de sustentabilidad

El indicador con mayor cantidad de documentos corresponde al indicador de porcentaje de superficie atendida con manejo integrado de plagas con 52 documentos mientras que el indicador de fábrica relación de kabe/karbe solo cuenta con dos documentos.

Indicador de sustentabilidad	Documentos
Campo - Porcentaje de superficie atendida con manejo integrado de plagas	52
Campo - Rendimiento promedio de caña de azúcar (t/ha)	51
Fábrica - Eficiencia en fábrica (%)	31
Campo - Porcentaje de la superficie fertilizada con base en recomendaciones técnicas	29
Campo - Porcentaje de la superficie sembrada con riego tecnificado	14
Campo - Porcentaje de superficie atendida con control biológico	13
Campo - Porcentaje de superficie cosechada en verde	13
Fábrica - Porcentaje de energía eléctrica cogenerada a partir de bagazo de caña	11
Fábrica - Porcentaje de cachaza destinada a la elaboración de composta	11
Campo - Costo de producción por tonelada (\$/t)	10
Campo - Porcentaje de superficie con aplicación de biofertilizantes	8
Fábrica - Porcentaje de vapor generado con bagazo de caña	7
Campo - Porcentaje de la superficie sembrada con labranza de conservación	6
Campo - Porcentaje de superficie con aplicación de abonos orgánicos	5
Fábrica - Normatividad	4
Campo - Porcentaje de superficie atendida con el Programa Campo Limpio	3
Campo - Porcentaje de la superficie sembrada con el sistema piña	3
Fábrica - Relación KABE / KARBE	2
No aplica	512
Total	785

Accesiones al SI-Investigación

El reporte de gestión del sistema muestra la mayor cantidad de búsquedas en el mismo corresponden al indicador de sustentabilidad (3016); el mayor número de descargas corresponden a la categoría de “Tema”; el mayor número de documentos exportados también son de indicadores de sustentabilidad.

Tipo de búsqueda	Apartados del contador			
	Buscar	Descargar	Exportar	Enviar
General	2107	596	15	
Estado	141	132	12	
Indicador de Sustentabilidad	3026	300	54	
Tema	426	854	13	
Todos los Documentos	1030	211	38	
Enviar Trabajo Nuevo				2

Accesiones por línea temática

La línea temática que mayor número de accesiones ha tenido en el periodo reportado fue la de fertilidad del suelo y nutrición; seguida de sistema producto, paquete tecnológico y medio ambiente.

6. Análisis conjunto de la investigación científica y tecnológica

La revisión de la investigación que se realiza en algunos de los principales países en producción de caña de azúcar (China, Brasil, India y Tailandia) permite observar varias regularidades en la investigación científica y tecnológica que se realiza en sus instituciones. La primera es la presencia de un arreglo institucional que permite la ejecución de investigación sobre la caña de azúcar, ya sea exclusivamente por el sector público o en combinación con organismos privados, que sus programas y proyectos nacionales les mandatan con el propósito de mantener su posicionamiento a nivel mundial. Una segunda regularidad es la gran cantidad de líneas de investigación que en dichas naciones se lleva a cabo. Esta investigación se realiza para todos los eslabones de la cadena de valor de la caña de azúcar.

La situación de la investigación en México puede apreciarse al realizarse un comparativo respecto al mundo mediante la matriz de investigación mostrada en el Cuadro 3. Esta matriz es complementada con una columna que indica si el sistema SI-Investigación en su acervo del conocimiento sobre caña de azúcar contiene literatura que permita apoyar la investigación, tanto convencional como emergente, que investigadores y actores del sector pueden realizar.

De la matriz de investigación es posible observar la diversidad de la temática de investigación científica y tecnológica que se realiza sobre la caña de azúcar en el mundo. En el caso de México el abanico de investigación realizada también es muy amplia.

Cuadro 3. Matriz comparativa de investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar

Línea de investigación	Mundo	México	SI-Investigación
1. Mejoramiento genético vía cruzas y retrocruzas	1	1	1
2. Mejoramiento en campos experimentales	1	1	1
3. Mejoramiento genético vía cultivo de tejidos	1	1	1
4. Bancos de germoplasma para mejoramiento tradicional	1	1	1
5. Salud del suelo (fertilidad, erosión)	1	1	1
6. Nutrición vegetal	1	1	1
7. Sanidad vegetal (fitopatología y parasitología)	1	1	1
8. Diversificación de productos y coproductos	1	1	1
9. Ingeniería genética	1		
10. Métodos de riego por goteo	1	1	1
11. Mejoramiento mediante manipulación de los genes y cromosomas	1		
12. Marcadores moleculares	1	1	1
13. Resistencia a plagas y enfermedades vía organismos transgénicos	1		
14. Resistencia a condiciones climáticas adversas y cambio climático vía organismos transgénicos	1		
15. Agricultura de precisión	1		1
16. Sistemas de información geográfica	1	1	1
17. Percepción remota	1	1	1
18. Sistemas agroclimáticos (pronóstico climático)	1	1	1
19. Sustentabilidad	1	1	1
20. Energías alternativas mediante biomasa	1	1	1
21. Biofertilizantes y abonos orgánicos	1	1	1
22. Cogeneración basada en subproductos de caña	1	1	1
23. Etanol primera generación (basado en azúcares)	1	1	1
24. Etanol segunda generación (basado en lignina y celulosa)	1		1

Fuente: elaborado a partir del acervo de SI-Investigación y los sitios web de las instituciones consultadas.

5. Consideraciones

En México la diversidad de investigación científica y tecnológica sobre caña de azúcar que se realiza es amplia. El área de la investigación convencional indica que todas sus temáticas de investigación tienen algún grado de desarrollo en el país. La ventana de oportunidad para mejorar la investigación científica y tecnológica es la investigación emergente. Específicamente en el área de la biotecnología para manipular el genoma de la caña de azúcar.

La investigación sobre caña de azúcar tiene un considerable grado de avance en los países que lideran la producción de caña como son Australia, Brasil, China e India. Una oportunidad para poder hacer de la agroindustria de la caña de azúcar de México competitiva en términos de productividad y costos es estrechar la colaboración con estos países líderes en la materia; adaptando las tecnologías transferidas a las condiciones propias de México.

Finalmente, el sistema SI-Investigación representa una posibilidad excelente para coadyuvar a la investigación científica y tecnológica de la caña de azúcar en México, pues pone a disposición de los investigadores y actores del sector cañero un acervo de documentación con información de actualidad sobre la agroindustria de la caña de azúcar.

Referencias consultadas

INEGI (2012). Estadísticas históricas de México. Tomo I y II. México, 2012.

CONADESUCA (2016). Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México zafras 2006-2007/2015-2016.

COFUPRO - Fundación Produce de San Luis Potosí, A.C. (s/f). Agenda de innovación San Luis Potosí.

COFUPRO – Unidad Operativa Michoacán (2010). Actualización de la agenda de innovación estatal de Michoacán. Morelia, Michoacán.

Diario Oficial de la Federación (2015). Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Diario Oficial de la Federación del 22 de agosto de 2005.

Fundación Quintana Roo PRODUCE A.C. (2011). Agenda de innovación tecnológica. Actualización 2011.

Fundación PRODUCE Puebla A.C. (2010). Agenda de innovación tecnológica 2010. Puebla, Puebla.

Fundación PRODUCE Colima A.C. (2013). Agenda de investigación tecnológica agropecuaria y pesquera del estado de Colima (2013-2018). Colima, Colima.

Fundación PRODUCE Jalisco A.C. (2014). Agenda de innovación tecnológica de Jalisco. Guadalajara, Jalisco.

Fundación PRODUCE Tabasco (2008). Agenda de innovación para el estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.

INIFAP (2010). Reporte anual 2009. Ciencia y tecnología para el campo mexicano. México, D.F.

Melgar, Mario (2012). Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala, Guatemala. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/func-startdown/180/>

SAGARPA (2014). Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018. Diario Oficial de la Federación del 2 de mayo de 2014. México, D.F.

SAGARPA (2104). Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018. Diario Oficial de la Federación del 3 de mayo de 2014. México, D.F.

Trejo, Estrada S. (2010). La biotecnología en México. Situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, México.

Sitios web de los países consultados

Los enlaces a principales centros e instituciones de investigación de caña de azúcar en el mundo son los que se indican a continuación:

País	Centro	Sitio web
Australia	Sugar Research Australia (SRA)	http://www.sugarresearch.com.au/ Consultado 24 diciembre 2016
Brasil	Investe São Paulo	http://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/agronegocios/cana-de-acucar/ Consultado 26 diciembre 2016
	Secretaria de Agricultura e Abastecimento	http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cana/centrocana.php?pg=historicocana Consultado 28 de diciembre 2016
	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucrenergético	http://www.ridesa.agro.ufg.br/ Consultado 5 de enero 2017
Colombia	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA)	http://www.cenicana.org/ Consultado 20 enero 2017
Estados Unidos	USDA-ARS Sugar Cane Field Station, Canal Point Florida	https://www.ars.usda.gov/southeast-area/canal-point-fl/sugarcane-field-station/docs/main/ Consultado 19 enero 2017
	USDA-ARS Sugarcane Research Unit, Houma, Louisiana	http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=64-10-00-00 Consultado 19 enero 2017
Guatemala	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA)	http://www.cengicana.org Consultado 24 diciembre 2016
China	Yunnan Academy of Agricultural Sciences	http://www.yaas.org.cn/list/front.article.articleList/15/21/391.html
India	Vasantdada Sugar Institute (VSI)	http://www.vsisugar.com/ Consultado 24 diciembre 2016
	Indian Institute of Sugarcane Research (IISR)	http://www.iisr.nic.in/ Consultado 24 diciembre 2016
Tailandia	National Science and Technology Development Agency (NSTDA)	http://www.nstda.or.th/eng/index.php/research/foods-and-agriculture?start=18 Consultado 24 diciembre 2016
Sudáfrica	South African Sugarcane Research Institute (SASRI)	http://www.sasa.org.za/sugar_industry/IndustryOverview.aspx
Sudán	Sudanese Sugar Company, Sugarcane Research Center Guneid (SCRC)	http://sugarcaneres.sd/enn/profile.htm Consultado 20 enero 2017

Sitios web consultados de las instituciones de investigación de México

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)	http://www.siiba.conadesuca.gob.mx/siiba/Consulta/ Consultado 22 enero 2017
Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, A.C.	http://www.cniaa.mx/Cidca.aspx
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco	http://www.colpos.mx/wb/index.php/notas-informativas/exitosa-mesa-regional-sobre-cana-de-azucar#.Wld97IN96M8 Consultado 10 de enero 2017 http://www.colpos.mx/tabasco/pagina/Informacion/Contenido%20de%20la%20Informacion/Maestria%20cana%20de%20azucar.pdf Consultado 10 de enero 2017
Universidad Veracruzana	https://www.uv.mx/orizaba/mmeaca/lineas-de-generacion-y-aplicacion-del-conocimiento/ Consultado 10 de enero 2017
INIFAP	http://biblioteca.inifap.gob.mx/portal/index.php/component/content/article/78-colecciones-inifap/97-guia-tecnica-busquedas Consultado 10 de enero 2017
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	https://www.uv.mx/orizaba/mmeaca/lineas-de-generacion-y-aplicacion-del-conocimiento/ Consultado 10 de enero 2017
Universidad Autónoma Chapingo	https://www.chapingo.mx/ceres/ Consultado 10 de enero 2017

Lista de abreviaturas

CENGICAÑA	=	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar
CENICAÑA		Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
CIDCA, A.C.	=	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, Asociación Civil
CNIAA	=	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
CONADESUCA	=	Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar
IAC	=	Instituto Agronómico de Campinas, Brasil
IISR	=	Indian Institute of Sugarcane Research
IMPA	=	Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar
INIFAP	=	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
LDSCA	=	Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar
PRONAC	=	Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018
RIDESA	=	Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroacoleiro, Brasil
SAA	=	Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Brasil
UACH	=	Universidad Autónoma Chapingo
VSI	=	Vasantdada Sugar Institute, Australia