

ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE QUE PROYECTA LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y EL USO DE ETANOL COMO COMBUSTIBLE EN MÉXICO

Juan Ruiz Ramírez¹

Christian Pérez Salazar²

Gabriela E. Hernández Rodríguez³

RESUMEN

Veracruz, es la entidad que registra la mayor producción de azúcar en México, utilizando aproximadamente 250 mil hectáreas, y sus 22 ingenios generan el 40% de la producción nacional; además, se estima que 1 de cada 7 habitantes del estado de Veracruz dependen económicamente de esta actividad. En los últimos 60 años se han venido produciendo grandes rezagos tecnológicos, tanto en campo como en fábrica que tienden a agravarse frente a la competitividad internacional. En cambio, en los países del área de América Latina, los cañaverales tienden a crecer con mayor productividad por hectárea y los ingenios se reconvierten, para no sólo producir azúcar, como sucede en México, sino también para la producción de etanol y la generación de energía eléctrica.

En la generación de fuentes alternas de combustible como sustitutos de la gasolina, el Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016 (PVD), contempla el eje “Economía fuerte para el desarrollo de la gente”, como uno de sus cuatro ejes el Desarrollo agropecuario, considerado como detonador del crecimiento, el cual menciona que los cultivos localizados en zonas de baja productividad, se puede hacer su reconversión hacia la explotación de biomasa generadora para bioenergéticos. En este sentido, uno de los objetivos que considera el PVD es promover la agroindustria y los biocombustibles con criterios sustentables. Algunas de las estrategias en materia de bioenergéticos son: impulsar la agroindustria de los bioenergéticos y divulgar información sobre las condiciones de mercado, precio y rentabilidad de los biocombustibles. Ante esta situación, se plantea el objetivo de actualizar el software de proyección de escenarios

¹ Facultad de Economía

² Instituto de Investigaciones Multidisciplinarias

³ Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales. Universidad Veracruzana

de la producción de la superficie requerida para sembrar caña de azúcar, del bio-etanol como sustituto de la gasolina y del ahorro de divisas por dejar de importar gasolina.

Como parte de este desarrollo, los autores del presente trabajo han presentado en diversos foros académicos e industriales, trabajos referentes a proyecciones sobre la producción de etanol, a partir de la caña de azúcar, para utilizarlo en mezclas con las gasolinas, evitando así los altos costos de las importaciones para satisfacer la demanda de consumo nacional.

Un primer resultado de estos esfuerzos fue la elaboración de un software “Generador de Escenarios V1.0 B”, el cual ha servido de apoyo para proyectar el consumo nacional e importación de gasolina y proponer diversas estrategias para ampliar el campo cañero para la producción de etanol.

Después de un análisis detallado sobre los resultados de estas proyecciones se consideró necesario realizar algunas modificaciones al software, en algunos indicadores que servirán para obtener resultados más precisos en la realización de dichas proyecciones.

Por lo anterior, el presente trabajo presenta los resultados de este análisis y muestra la nueva versión del programa, la cual servirá en la realización de futuros trabajos referentes a estos temas.

Se concluye que el Software “Proyección de Escenarios” es una herramienta útil en la toma de decisiones en el campo agropecuario y en Políticas Públicas de Veracruz y México.

Palabras Clave: Proyección de escenarios, caña de azúcar, Bio-etanol, Desarrollo Regional, Políticas Públicas.

IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO

El cultivo de la caña de azúcar dio origen a un sistema agroindustrial que ocupa un lugar preponderante y trascendente en la actividad económica y social de México. Esta actividad la iniciaron los conquistadores españoles y actualmente se ha creado toda una tradición productiva donde se cultiva y se procesa la caña en 54 ingenios ubicados en Campeche, Colima, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2010).

La agroindustria cañera es de suma importancia para la economía mexicana ya que es una fuente importante de empleo directo e indirecto, en las diferentes regiones cañeras del país. Tan solo en Veracruz se cuenta con 22 ingenios, de los cuales 19 se encuentran en operación, ligados a municipios rurales y urbanos en crecimiento, representando hasta el año 2009, alrededor de 145,000 empleos directos entre cortadores, obreros y productores. (Se estima que aproximadamente un millón de veracruzanos dependen directa e indirectamente de la Agroindustria de la Caña de Azúcar). Esta mano de obra es empleada para la ejecución de las labores de cosecha, transporte y siembra. Influye a su vez en las actividades propias del sector terciario (servicios), ya que proporciona ingresos a la población que toma parte en la economía de esas regiones agroindustriales durante los meses en que se establece la zafra.

Los tres principales estados productores de azúcar en la República Mexicana son Veracruz, San Luis Potosí y Jalisco, los cuales cubren el 60% de la superficie cosechada, 58.33% de la caña molida bruta y poco más del 58% de la producción de azúcar; los mayores rendimientos por hectárea se obtienen en los estados de Morelos ($112,5 \text{ t ha}^{-1}$), Chiapas ($86,5 \text{ t ha}^{-1}$) y Jalisco (85 t ha^{-1}) (Aguilar, 2010).

Al cierre del ciclo azucarero 2010-2011, se reportó una superficie cosechada de 673,480 hectáreas y un volumen industrializado de 44,131,570 toneladas de caña molida bruta, con una producción de 5,183,500 toneladas de azúcar. De estas, Veracruz sembró una superficie de 270,894 hectáreas con un volumen industrializado de 16,174,739 y una producción de 1,892,096 toneladas de azúcar. (SIAP, 2011).

La producción de azúcar en México depende de tres elementos fundamentales: a) la cantidad y calidad de la caña industrializada, b) el rendimiento en fábrica, y c) la capacidad instalada y

aprovechada de los ingenios azucareros. La cantidad de caña molida depende a su vez del rendimiento en campo y de la superficie que se cosecha con fines de industrialización; esta superficie podrá o no incrementarse en dependencia de diversos factores, entre los cuales destacan el precio de liquidación de la caña y la rentabilidad de este cultivo con respecto a otros cultivos competitivos por los recursos disponibles de tierra, trabajo y capital (Aguilar, 2010).

Para los ingenios mexicanos, aspectos como la caída en la productividad de la industrialización de los coproductos y subproductos de la caña, la persistencia del bajo nivel de los precios mundiales, la influencia de Brasil en los mercados mundiales, y los factores internos: precio de la caña, nivel de eficiencia de fábrica, duración de la zafra, consumo de energéticos y tiempo perdido, entre otros, hacen que numerosos autores como Aguilar (2009), Viniegra (2007), Castillo (2005) y Rappo (2002), planteen que la industria de la caña de azúcar en México enfrenta una crisis de competitividad desde hace varios años por diversas causas, y más que el aspecto meramente tecnológico, la agroindustria requiere de alternativas que resuelvan de raíz los problemas que se han gestado por varias décadas en los ingenios y sus áreas de influencia, análoga a lo que Ayres (1987) había definido como un fenómeno de envejecimiento que afecta a las instituciones humanas y a las naciones. Éstas se vuelven crecientemente inflexibles, y gradualmente pierden la habilidad para adaptarse al cambio. Las grandes organizaciones se vuelven burocráticas y se sobrecargan de reglas y regulaciones, que propician no poder responder rápidamente ni a las amenazas ni a las oportunidades (Aguilar, 2010).

En la mayoría de los discursos de los principales actores políticos, sociales, económicos y académicos, está presente la preocupación por la crisis de la industria azucarera, planteando el desarrollo como vía para la solución de esos problemas. Más aún, los adjetivos “sustentable” y “competitivo” parecen hoy un concepto generalizado y una condición para la legitimación social de la idea de desarrollo.

Según Seebaluck (2008), existen cuatro alternativas para incrementar la productividad en los ingenios azucareros, las cuales se describen a continuación:

1. Basarse sólo en la producción de azúcar. Esta no es una estrategia eficaz, sobre todo si se depende de los mercados de exportación. Bajo esta estrategia, no hay normalmente ningún valor agregado, salvo ser a la vez proveedor de melazas; esta alternativa sólo es recomendable

para los ingenios que presentan un mercado interno en la industria alimentaria, características de alta productividad, y que carecen de destilería.

2. Sólo producir etanol. Cuando la caña de azúcar se transfiere totalmente a la producción de etanol, existen importantes ahorros en los costos de inversión de capital, ya que sólo las instalaciones de preparación de caña y la extracción de jugo son necesarias. Sin embargo, el etanol sólo es viable para un mercado regional desabastecido estable; además se debe operar a una escala razonable y disponer de materia prima durante todo el año. Se recomienda particularmente para ingenios no productivos que podrían reconvertirse y/o utilizar su destilería en desuso y aprovechar una zona de abasto existente.

3. Producción de azúcar y etanol en cantidades fijas. Significa que se reservan todos los azúcares económicamente explotables en la meladura y el uso de mieles C o finales para la producción de etanol en destilerías anexas. Esta opción tradicional sigue siendo viable si los precios del azúcar son competitivos, los mercados del azúcar y etanol son activos y los precios del petróleo siguen a la baja. Cuando los mercados se saturan de azúcar, los precios desciendan y los mercados de etanol emerjan, la industria dejará de capitalizarse.

4. Producción de azúcar y etanol en proporciones flexibles. En este escenario, el azúcar es extraída hasta las fases primaria y segunda, lo que resulta en la producción de melaza A o B, respectivamente. La presencia de azúcares fermentables adicionales aumenta la eficiencia de conversión a etanol. En consecuencia, si se espera que el etanol tenga un valor cercano a los mercados o mayor que el azúcar, entonces tiene sentido económico dar prioridad a la producción de etanol utilizando melaza A o B como materia prima. Si los precios de mercado fluctúan con el tiempo, un productor puede beneficiarse al tener la flexibilidad para cambiar entre estos productos finales. En consecuencia, la decisión de dar prioridad a la producción de azúcar o de etanol se realiza en el mercado, acorde con la experiencia brasileña.

Bajo estos escenarios, podría haber un impacto positivo en la viabilidad económica de la agroindustria de la caña de azúcar en México a través de la diversificación productiva y puede ser una oportunidad la producción de nuevos compuesto derivados para los mercados regionales.

EL BIOETANOL

En el año 2007, se promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, con el fin de promover y desarrollar el uso de los bioenergéticos como elemento clave para ayudar a lograr la autosuficiencia energética del país a través del uso de energías renovables. Esta iniciativa constituyó el primer paso hacia la transformación de la agroindustria de la caña de azúcar.

La producción de etanol a partir de la caña de azúcar, posibilita no solo el empleo de las mieles finales, sino también de los jugos, mieles intermedias y el uso del bagazo como energético (Aguilar, 2007).

La implementación de un programa nacional utilizando etanol como combustible debe tomar en cuenta los siguientes aspectos (Mesa, 2000; Enríquez, 2005; Farrel, 2006; Guo, 2006 y Viniegra, 2007):

1. Comenzar en principio a escala pequeña con el 10% de etanol en mezcla con la gasolina e incrementar poco a poco la proporción, de acuerdo al avance de desarrollos tecnológicos, económicos y políticos nacionales.
2. Ser precavidos en el empleo de tecnologías probadas en otros países en escala comercial, evaluando sistemáticamente las condiciones particulares de cada ingenio al implementarlas.
3. La decisión de cada ingenio para producir etanol tiene que basarse en una cuidadosa evaluación de los objetivos y realizar estudios de factibilidad técnica, económica y ambiental.
4. Los conceptos básicos de economía, administración de proyectos industriales, especificaciones técnicas en el diseño de las destilerías, equipos, manuales operativos, materiales y servicios, deben tomarse en cuenta al evaluar el proyecto en función de los costos.
5. El estado debe legalizar e imponer el empleo de la mezcla de gasolina/etanol, proveer incentivos fiscales y económicos para promover la mezcla y regular el precio del gasohol para que los grupos empresariales tengan ganancias que amorticen su inversión.

6. Debe instituirse un programa para desarrollar procesos económicamente factibles para el tratamiento químico y/o biológico de los productos de desecho de las destilerías y la posibilidad de recobrar subproductos; también se deben desarrollar procesos para emplear los residuos lignocelulósicos de la caña de azúcar.
7. El Programa Nacional de Etanol debe estar basado en tecnología existente que ha sido probada, con flexibilidad para adaptarse a desarrollos futuros.
8. Deben establecerse programas de investigación y desarrollo agrícola con el objetivo de obtener nuevas variedades de caña de azúcar, métodos y sistemas de cultivo, cosecha y manejo de plagas y enfermedades capaces de producir un máximo en la cantidad de biomasa recobráble por hectárea cultivada.
9. La opción de diversificar la tradicional agroindustria azucarera a través del etanol, cambiará completamente la naturaleza de la economía azucarera nacional. El cambio dependerá de la magnitud de conversión, pero se tenderá a una mayor estabilidad de la agroindustria.

Si se pone en operación un programa de etanol bajo las condiciones actuales de la agroindustria de la caña de azúcar en México, se enfrentarían varios obstáculos; en primer lugar, PEMEX (Aguilar, 2007), ya que tiende a considerar al etanol como un competidor que afectaría su porcentaje de participación en el mercado de energéticos; pero si tomamos en cuenta lo mencionado por Bravo Garzón (2005), referente a la incapacidad de PEMEX para abastecer la demanda nacional, en realidad sólo se estaría disminuyendo la importación de gasolinas, que en 2011 ha superado la producción de PEMEX.

En toda Institución se requiere realizar una planeación, para ello se deben de hacer escenarios futuros para la toma de decisiones y en el caso particular de la agroindustria azucarera en México, se requiere hacer escenarios de la caña de azúcar, de la gasolina requerida por los automotores y la producción del etanol como sustituto de la gasolina. Es por ello que, desde el año 2005, investigadores del Instituto de Investigaciones Multidisciplinarias (IIM) de la Universidad Veracruzana, desarrollaron un software que proyecta la producción de la caña de azúcar y el uso de etanol como combustible en México, con el fin de presentar una estrategia de corto y mediano plazo para mezclar etanol con las gasolinas.

SOFTWARE GENERADOR DE ESCENARIOS

El desarrollo del software surge del trabajo presentado por investigadores del IIM (Bravo, 2005) ante la necesidad de facilitar los cálculos en la generación de estrategias para la producción de etanol para su uso como carburante. Su primera versión llamada “Generador de Escenarios. Versión 1.0 B” (Figuras 1 y 2), fue presentada en la Convención ATAM del año 2006 (Bravo, 2006a); una segunda presentación fue expuesta en el Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría 2006 (Bravo, 2006b).

Figura 1. Pantalla para calcular los datos históricos y proyección de la siguiente zafra. Versión 1.0 B

Figura 2. Pantalla para calcular la proyección del consumo de gasolinas. Versión 1.0 B

Los cálculos realizados mediante este programa en 2005 arrojaron como uno de los resultados que para el año 2009, México importaría alrededor del 75.8% de gasolina con referencia a lo que produciría y en 2010 un 83.2%. Si se analizan los datos oficiales de la Secretaría de Energía, publicados en el Sistema de Información Energía (SIE, 2011), se observa que en el año 2009, el porcentaje de importación con respecto a la producción de PEMEX fue de 69.9% y en el 2010 de 89.0%. Es decir, existió una diferencia en los cálculos realizados con el software de $\pm 6\%$ aproximadamente.

En esta primera versión existían algunas restricciones para los cálculos, por ejemplo, sólo se podía realizar el cálculo para la sustitución del 10% y 25% de etanol.

Después de una primera revisión en los aspectos principalmente de usabilidad, en el año 2009, se realizó una nueva versión basada en el lenguaje de programación Java, agregando la posibilidad de indicar el porcentaje de sustitución de etanol que se deseara. Esta nueva versión se llamó “Generador de Escenarios Versión 1.2” (Figuras 3 y 4) y ha sido utilizada en el desarrollo de diversos trabajos (Gamboa, 2007; Cruz, 2011; Pérez, 2011).

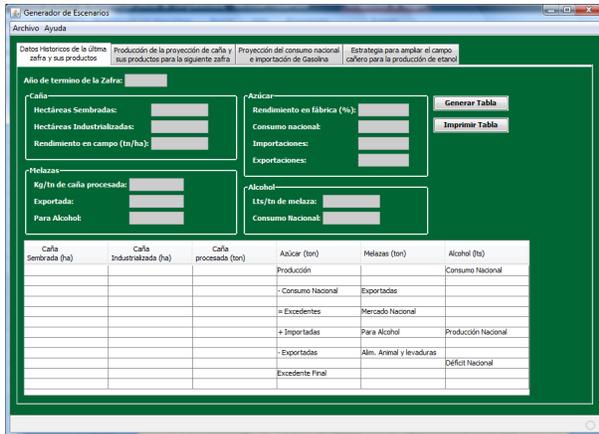


Figura 1. Pantalla para calcular los datos históricos de la última zafra y sus productos. Versión 1.2

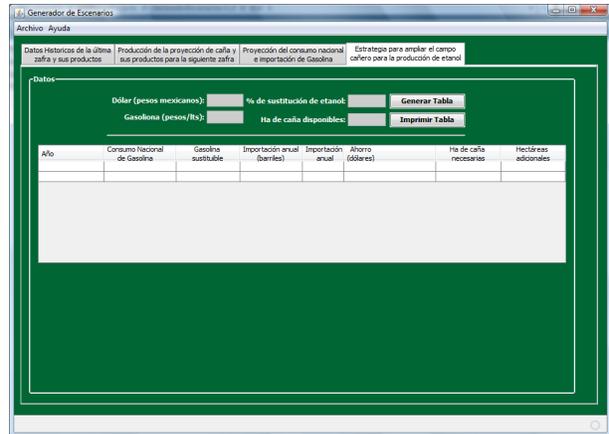


Figura 2. Pantalla para calcular la estrategia para ampliar el campo cañero para la producción de etanol. Versión 1.2

Con esta nueva versión, se realizaron cálculos para establecer cuál sería la proyección del consumo nacional e importación de gasolinas para el 2025, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Proyección de consumo nacional e importación de gasolina 2011-2025

Año	Consumo anual (barriles)	Importación anual (barriles)	Consumo anual (litros)	Importación anual (litros)	% de la Producción de PEMEX
2011	310,250,000.000	156,950,000.000	49,329,750,000.000	24,955,050,000.000	102.381
2012	319,247,250.000	165,947,250.000	50,760,312,750.000	26,385,612,750.000	108.250
2013	328,505,420.250	175,205,420.250	52,232,361,819.750	27,857,661,819.750	114.289
2014	338,032,077.437	184,732,077.437	53,747,100,312.523	29,372,400,312.523	120.504
2015	347,835,007.683	194,535,007.683	55,305,766,221.586	30,931,066,221.586	126.898
2016	357,922,222.906	204,622,222.906	56,909,633,442.012	32,534,933,442.012	133.478
2017	368,301,967.370	215,001,967.370	58,560,012,811.830	34,185,312,811.830	140.249
2018	378,982,724.424	225,682,724.424	60,258,253,183.373	35,883,553,183.373	147.216
2019	389,973,223.432	236,673,223.432	62,005,742,525.691	37,631,042,525.691	154.386
2020	401,282,446.912	247,982,446.912	63,803,909,058.936	39,429,209,058.936	161.763
2021	412,919,637.872	259,619,637.872	65,654,222,421.645	41,279,522,421.645	169.354
2022	424,894,307.370	271,594,307.370	67,558,194,871.873	43,183,494,871.873	177.165
2023	437,216,242.284	283,916,242.284	69,517,382,523.157	45,142,682,523.157	185.203
2024	449,895,513.310	296,595,513.310	71,533,386,616.329	47,158,686,616.329	193.474
2025	462,942,483.196	309,642,483.196	73,607,854,828.202	49,233,154,828.202	201.985

Fuente: Elaboración propia utilizando el software de generación de escenarios del IIM.

tomando en cuenta un incremento del 2.9% anual en el consumo de gasolina.

Al analizar nuevamente los datos que ofrece el SIE, éste reporta que en junio de 2011, se elaboraron 392,619 barriles diarios de gasolinas y se importaron 402,707, lo que quiere decir que se importó un 102.569% con respecto a la producción de PEMEX; y al compararlo con los resultados del software de generación de escenarios, se observa que los cálculos son casi idénticos, existiendo una mínima diferencia, aunque el cálculo realizado por el software es por el año completo. Pero, si se considera que los resultados de los cálculos realizados con la primera versión y la diferencia de $\pm 6\%$ que arroja, se puede afirmar que para el 2025, se importarán entre 195% y el 207% de gasolinas de las que puede producir PEMEX.

Otros de los resultados muestran la estrategia para ampliar el campo cañero, de acuerdo con la sustitución del 10% de etanol, evitando así su importación, mostrando el ahorro económico que se tendría (el cual podría ser invertido para el desarrollo agrícola e industrial), y las hectáreas adicionales a sembrar –sin considerar las 800 mil hectáreas disponibles de acuerdo con la SEDARPA– (lo cual repercutiría en la generación de empleos y el cuidado al medio ambiente).

Tabla 2.

Tabla 2. Estrategia para sustituir las importaciones de 10% de gasolina por la producción de etanol y el ahorro de divisas.

Año	Gasolina sustituible (litros)	Ahorro (dólares)	Hectáreas Necesarias de caña	Hectáreas adicionales
2011	4,932,975,000.000	3,894,905,478.261	797,699.709	0.000
2012	5,076,031,275.000	4,007,857,737.130	820,833.000	23,133.292
2013	5,223,236,181.975	4,124,085,611.507	844,637.157	23,804.157
2014	5,374,710,031.252	4,243,684,094.241	869,131.635	24,494.478
2015	5,530,576,622.159	4,366,750,932.974	894,336.452	25,204.817
2016	5,690,963,344.201	4,493,386,710.030	920,272.210	25,935.757
2017	5,856,001,281.183	4,623,694,924.621	946,960.104	26,687.894
2018	6,025,825,318.337	4,757,782,077.435	974,421.947	27,461.843
2019	6,200,574,252.569	4,895,757,757.681	1,002,680.183	28,258.236
2020	6,380,390,905.894	5,037,734,732.653	1,031,757.908	29,077.725
2021	6,565,422,242.164	5,183,829,039.900	1,061,678.888	29,920.979
2022	6,755,819,487.187	5,334,160,082.057	1,092,467.576	30,788.688
2023	6,951,738,252.316	5,488,850,724.437	1,124,149.135	31,681.560
2024	7,153,338,661.633	5,648,027,395.446	1,156,749.460	32,600.325
2025	7,360,785,482.820	5,811,820,189.914	1,190,295.195	33,545.734

Fuente: Elaboración propia con el software "Generador de Escenarios Versión 1.2"

Después de analizar nuevamente los cálculos del software, en el 2011, se propuso realizar una revisión más a detalle de las proyecciones obtenidas con el fin de hacer más exacto los cálculos. Las principales observaciones fueron:

- Los cálculos de los datos históricos y la proyección de la siguiente zafra tiene poca relación con los aspectos de la proyección del consumo de gasolina y la estrategia para ampliar el campo cañero para la producción de etanol; por lo que se separaron quedando como resultado dos programas diferentes: “Generador de Escenarios de la Zafra 2.0” y “Generador de Escenarios de las Gasolinas 2.0”.
- El programa solicita algunos datos que son difíciles de encontrar, por lo que muestra una nota sobre los sitios donde posiblemente puedan ser localizados.
- El precio del dólar, así como el de la gasolina sufren constantes variaciones a lo largo del año, por lo que se agregaron los campos adicionales para introducir esta información y realizar el cálculo correspondiente.

RESULTADOS

De acuerdo a las modificaciones descritas, a continuación se presentan las nuevas versiones de los programas obtenidos.

Generador de Escenarios de la Zafra 2.0

En este primer programa, los cambios realizados fueron relativamente pocos, lo único que se añadió fue la leyenda ubicada en la parte superior derecha que indica algunas direcciones electrónicas en donde se pueden buscar los datos que solicita el programa para realizar los cálculos (Figura 5).

La primera pestaña genera los escenarios de la última zafra y algunos de sus productos, mientras que la segunda, la proyección de la producción de caña y sus productos para la siguiente zafra; en ambos cálculos, las tablas resultantes pueden ser impresas. Otro aspecto que fue modificado fue la alineación de los datos dentro de los campos de texto.

Figura 3. Ventana principal del programa “Generador de Escenarios de la Zafra 2.0”

Generador de Escenarios de las Gasolinas 2.0

Este segundo programa fue el que tuvo mayores cambios, debido a que se eliminaron las dos pestañas utilizadas para realizar los cálculos y se agregaron más variables para generar los escenarios. Estas variables fueron: Crecimiento anual de la producción de barriles de gasolina diarios, el incremento de la importación de barriles de gasolina diarios, la variación del dólar y el aumento del precio de la gasolina (Figura 6).

La primera proyección que se genera es la del consumo nacional e importación de gasolinas, mientras que la segunda trata sobre la estrategia para ampliar el campo cañero para la producción de etanol; en ambas proyecciones, las tablas resultantes pueden ser impresas. Otro aspecto que fue modificado fue la alineación de los datos dentro de los campos de texto.

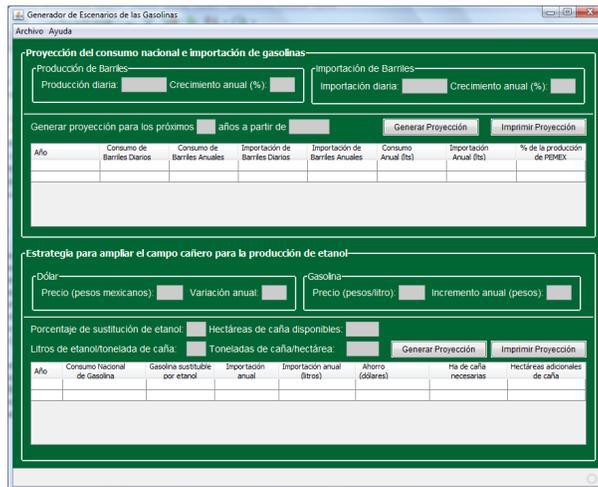


Figura 4. Ventana principal del programa “Generador de Escenarios de las Gasolinas 2.0”

Se espera que estos nuevos programas sirvan para dar soporte a las investigaciones sobre el desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar y los biocombustibles en Veracruz.

CONCLUSIONES

A pesar de que la caña de azúcar es muy importante en el desarrollo de Veracruz, su competitividad no ha progresado por lo que el desempeño en general es inferior al que su potencial podría generar.

Existen diversos análisis que demuestran la importancia de que los ingenios se modernicen, reconviertan y diversifiquen, pero debido a diversos factores (políticos, económicos, entre otros) son muy pocos los avances que hasta ahora se han podido realizado.

Desde su primera versión, el software para generar escenarios sobre algunos aspectos de la zafra y el consumo de gasolina en México, ha permitido hacer proyecciones para la producción de etanol mostrando su comportamiento, así como el ahorro anual por disminuir las importaciones de gasolina. Lo anterior permite planear y tomar decisiones sobre el escenario estudiado.

Las primeras versiones del software para generar escenarios y proyecciones mostraron un margen de error del 6% en los cálculos, lo que da certidumbre a los resultados de las investigaciones realizadas en el 2005 y 2006. Las correcciones en la última versión del software permiten obtener resultados más exactos sobre estos cálculos y proyecciones.

La producción de etanol, de acuerdo a la siembra de hectáreas proyectadas por el software, no competirá con la producción de gasolina de PEMEX; al contrario, evitarán importar grandes cantidades de gasolina, ya que actualmente la demanda de éstas en México es superior a la capacidad de PEMEX.

Hasta hace pocos años, los costos de producción del etanol eran el justificante perfecto para no producirlo; actualmente los precios internacionales de las gasolinas y las nuevas tecnologías para la producción de etanol muestran diferentes horizontes.

Las ventajas de la sustitución en diferentes proporciones de gasolina por etanol ofrecen diversos beneficios, que van desde el ahorro de millones de dólares en importaciones, la generación de nuevos empleos y sobre todo el cuidado al medio ambiente con la reducción de gases efecto invernadero.

En México existen los espacios necesarios para sembrar caña y producir etanol, sin afectar el consumo nacional ni aumentar el precio del azúcar.

REFERENCIAS

Aguilar Rivera, N. (2007). Bioetanol de la caña de azúcar. Revista Avances en Investigación Agropecuaria. Vol. 11 (3). pp. 25-39. Septiembre-Diciembre.

Aguilar Rivera, N.; Galindo Mendoza, G.; Contreras Servin, C.; Fortanelli Martínez, J. (2009). ¿Por qué diversificar la agroindustria azucarera en México?. Revista Globalización competitividad y gobernabilidad. Vol. 3, No. 1. Enero-Marzo.

Aguilar Rivera, N.; Galindo Mendoza, G.; Fortanelli Martínez, J.; Contreras Servin, C. (2010). Competitividad internacional de la industria azucarera de México. Theoria, Vol. 19 (1). pp. 7-29.

Ayres R. U. (1987). La próxima revolución industrial. México D.F.: Editorial Gernika, 282 pp.

Bravo Garzón, R.; Cortés García, R. (2005). Una estrategia de corto y mediano plazo para mezclar Bioetanol con Gasolina. Foro Nacional "Etanol, Caña de Azúcar y Energía". Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, delegación Xalapa. 25 de noviembre de 2005.

Bravo Garzón, R.; Ruiz Ramírez, J.; Pérez Salazar, C. (2006a). Programa Computacional que proyecta Escenarios de la Producción de la Caña de Azúcar en México. XXIX Convención Nacional ATAM “Ing. Eduardo A. Mac Gregor Beltran” Caña de Azúcar: ¡Energía del Futuro! Septiembre 2006. 12 pp.

Bravo Garzón, R.; Ruiz Ramírez, J.; Cortés García, R.; Pérez Salazar, C. (2006b). Aplicación de software que proyecta la producción de la caña de azúcar y el uso de etanol como combustible en México. XVI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría. Noviembre de 2006. 9 pp.

Castillo Girón V.M., A. A. Aguirre J. (2005). La agenda del azúcar mexicano, 1990-2003: origen y causas de la crisis financiera. Carta Económica Regional. Año 17, núm. 92. Abril-Junio.

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (2010). Monografía de la caña de azúcar. Gobierno del Estado de Veracruz. 21 pp.

Cruz Hernández, E.; Cortés Lara, M. A.; Cortés García, R.; Pérez Salazar, C. (2011). El etanol como oxigenante de las gasolineras. XXXIII Convención ATAM 2011. Septiembre 2011.

Enríquez Poy, M. (2005). Perspectivas del Etanol como carburante. Conferencia Magistral dentro de la XXVIII Convención Nacional de la Asociación de Técnicos Azucareros de México, A.C. Boca del Río, Veracruz, México. Septiembre de 2005.

Farrel, A. (2006). Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals. Science Reports. Vol. 3. pp. 11.

Gamboa Hernández V.H. (2007). Proyección del ahorro de divisas en México ante la producción de etanol a partir de la caña de azúcar. Tesis. Facultad de Economía. Universidad Veracruzana.

Guo, H. C.; Chen, B.; Yu, X. L.; Huang, G. H.; Liu, L.; Nie, X. H. (2006). Assessment of cleaner production options for alcohol industry of China. Journal of cleaner production. Vol. 14. pp. 94-103.

Mesa, O.J.; González, P. L. (2000). La agroindustria de la caña de azúcar en un marco de Desarrollo Sostenible. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. 15 pp.

Pérez Salazar, C.; Cortés García, R.; Cruz Hernández, E.; Cortés Lara, M. A. (2011). Modelo de cálculo de diferentes proporciones de etanol en mezcla con las gasolinas en México. XXXIII Convención ATAM 2011. Septiembre 2011.

Rappo, S. (2002). ¿La expropiación azucarera resuelve la crisis? Nuevos y viejos conflictos. Revista de la Facultad de Economía, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Año 7, No.19.

Seebaluck, R. (2008). Bioenergy for Sustainable Development and Global Competitiveness: the case of Sugar Cane in Southern Africa. Cane Resources Network for Southern Africa (CARENESA), 104 pp.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. SIAP (2011). Producción (avance semanal) zafra 2011 semana 40. Datos acumulados al 02/07/2011. SAGARPA. 1 pp.

Sistema de Información Energética. SIE (2011). <http://sie.energia.gob.mx>. SENER, México. Consultado en Agosto de 2011.

Viniegra, G. G. (2007). Alternativas para el uso de la caña de azúcar. La tecnología mexicana al servicio de la industria. Casos de éxito presentados en los seminarios regionales de competitividad 2005-2006. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., Primera edición. 177 pp.