



***UBICACIÓN OPTIMA DE PLANTAS PARA
PRODUCIR ETANOL CARBURANTE, DE
SEGUNDA GENERACION, A PARTIR DE
CAÑA DE AZUCAR***



PONENTE:

MIGUEL ANGEL CISNEROS LOPEZ

CONSEJERO:

DR. JOSE ALBERTO GARCIA SALAZAR

PROGRAMA DOCTORADO EN

ECONOMIA



JULIO 2015



COYUNTURA MUNDIAL ENERGETICA

❑ AGOTAMIENTO DE RECURSOS.

Los combustibles fósiles, el petróleo y sus derivados, como fuente de energía no renovable, están llegando a niveles de agotamiento acelerado y se estima que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial.



❑ CALENTAMIENTO GLOBAL. Provocados en gran medida por el uso de este tipo de combustibles, es un reto de enormes proporciones, pero también una oportunidad para la implementación de energías renovables.



COYUNTURA NACIONAL CAÑERA

ALTOS INVENTARIOS DE AZUCAR

Provocados por una sobre oferta mundial y una disminución en la demanda nacional, ocasionada por la importación de alta fructuosa (producto sustituto), aumento en los precios de refrescos (gran consumidor de azúcar).



RETO DE DIVERSIFICARSE

Por lo anterior, es urgente para esta industria ***diversificar sus productos***, una de las opciones mas viables y prometedoras es la producción de Etanol como sustituto ecológico a las gasolinas (combustibles fósiles) empleadas en los autotransportes.



IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA DEL AZUCAR EN MEXICO

- El Consumo Nacional Aparente es de 4.8 millones de toneladas anuales (promedio 2001- 2006), con un consumo per capita de 47.9 kg/año, lo cual nos otorga el sexto lugar a nivel mundial.
- El valor generado en la producción de azúcar es por más de 3 mil millones de dólares anuales y el 57% se distribuye entre los 164 mil productores de caña.
- Esta actividad representa el 11.6% del valor del sector primario y el 2.5 del PIB manufacturero.
- Genera más de 450 mil empleos directos y beneficios directos a más de 2.2 millones de personas.
- La producción de caña se realiza en 664 mil hectáreas que abastecen a 57 ingenios de 15 estados cañeros. Es una actividad de alto impacto en 227 municipios donde habitan 12 millones personas.



REGIONALIZACION DE PRODUCCION CAÑERA EN MEXICO



ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN CAÑERA EN ZAFRA 2013-2014

ESTADO	INGENIOS	SUP. COSECHADA	CAÑA MOLIDA BRUTA	AZÚCAR PRODUCIDA
		(HA)	(TON)	(TON)
CAMPECHE	1	11,331	662,566	64,025
COLIMA	1	18,518	1,399,505	150,964
CHIAPAS	2	30,970	2,788,801	312,210
JALISCO	6	74,262	7,165,109	830,806
MICHOACAN	3	15,946	1,486,752	177,524
MORELOS	2	16,466	1,807,334	246,049
NAYARIT	2	30,175	2,274,080	266,109
OAXACA	3	52,258	2,914,651	332,653
PUEBLA	2	18,285	2,054,388	256,816
QUINTANA ROO	1	26,149	1,498,926	123,340
SAN LUIS POTOSÍ	4	89,517	4,903,979	566,493
SINALOA	3	12,317	669,528	56,405
TABASCO	3	40,836	2,230,078	206,303
TAMAULIPAS	2	31,128	1,986,202	187,440
VERACRUZ	20	322,324	20,487,140	2,244,154
TOTAL	55	790,482	54,329,039	6,021,291

TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES

EVOLUCIÓN	FUENTE	EJEMPLOS DE FUENTES
1ERA GENERACION	CULTIVOS AGRICOLAS	GRANOS DE MAIZ
		JUGO DE CAÑA DE AZUCAR
2DA GENERACION	RESIDUOS AGRICOLAS	BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR RASTROJO DE TIGRO Y MAIZ
3ERA GENERACION	CULTIVOS ESPECIFICOS	ALGAS MARINAS

TIPO DE RESIDUOS AGRICOLAS CON POTENCIAL ENERGETICO EN MEXICO

Tipo	Producto o desecho con potencial energetico
Sub-productos agricolas	
Caña de azucar	Hojas y puntas
Arroz	Rastrojos
Cebada	
Frijol	
Maiz	
Sorgo	
Trigo	
Sub productos agroindustriales	
Caña de azucar	Bagazo
Arroz	Cascaras
Girasol	
Maiz	Olotes

ETANOL CARBURANTE DE CAÑA DE AZUCAR

Es un combustible a base de alcohol producido por la fermentación del jugo de la caña de azúcar o su biomasa.

El etanol puede ser utilizado de dos maneras :

- Mezclado con la gasolina a niveles que oscilan entre 5 y 25 por ciento para reducir el consumo de petróleo , aumentar el octanaje y reducir las emisiones del tubo de escape
- El etanol puro - un combustible compuesto por 85 a 100 por ciento de etanol en función de las especificaciones del país - se puede utilizar en motores especialmente diseñados

BENEFICIOS ETANOL CARBURANTE DE CAÑA DE AZÚCAR

✓ REDUCCION DE GAS EFECTO
INVERNADERO



✓ DIVERSIDAD DE ENERGIA



✓ CRECIMIENTO ECONOMICO
EN ZONAS RURALES



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CIRCUNSTANCIA ACTUAL EN MEXICO	SUPERFICIE COSECHADA Ha	CAÑA DE AZUCAR PRODUCIDA ton	AZUCAR PRODUCIDA ton	Bagazo/Biomasa de Caña de Azúcar ton	MATERIA PRIMA BIOETANOL	ETANOL ANHIDRO PRODUCIDO ANUALMENTE (lt)
Excedente de Azucar en el Mercado	115,630	7,978,500	985,000	2,393,550	Jugo de Caña	574,452,000
Excedente de Bagazo en Calderas	NA	NA	NA	239,355	Bagazo de Caña	35,903,250
Quema de Puntas y Hojas en campo cañero	790,482	54,329,039	NA	8,149,356	Puntas y Hojas de Caña	1,222,403,378

Notas:

- 1 Ton caña azúcar es igual 72 litros de etanol anhidro
- 1 Ton bagazo de caña es igual 150 litros de etanol
- 1 Ton Puntas y Hojas de caña es igual 150 litros de etanol

FUENTE: MASERA, 2010; CONADESUCA 2014.

Total = 1,832,758,628

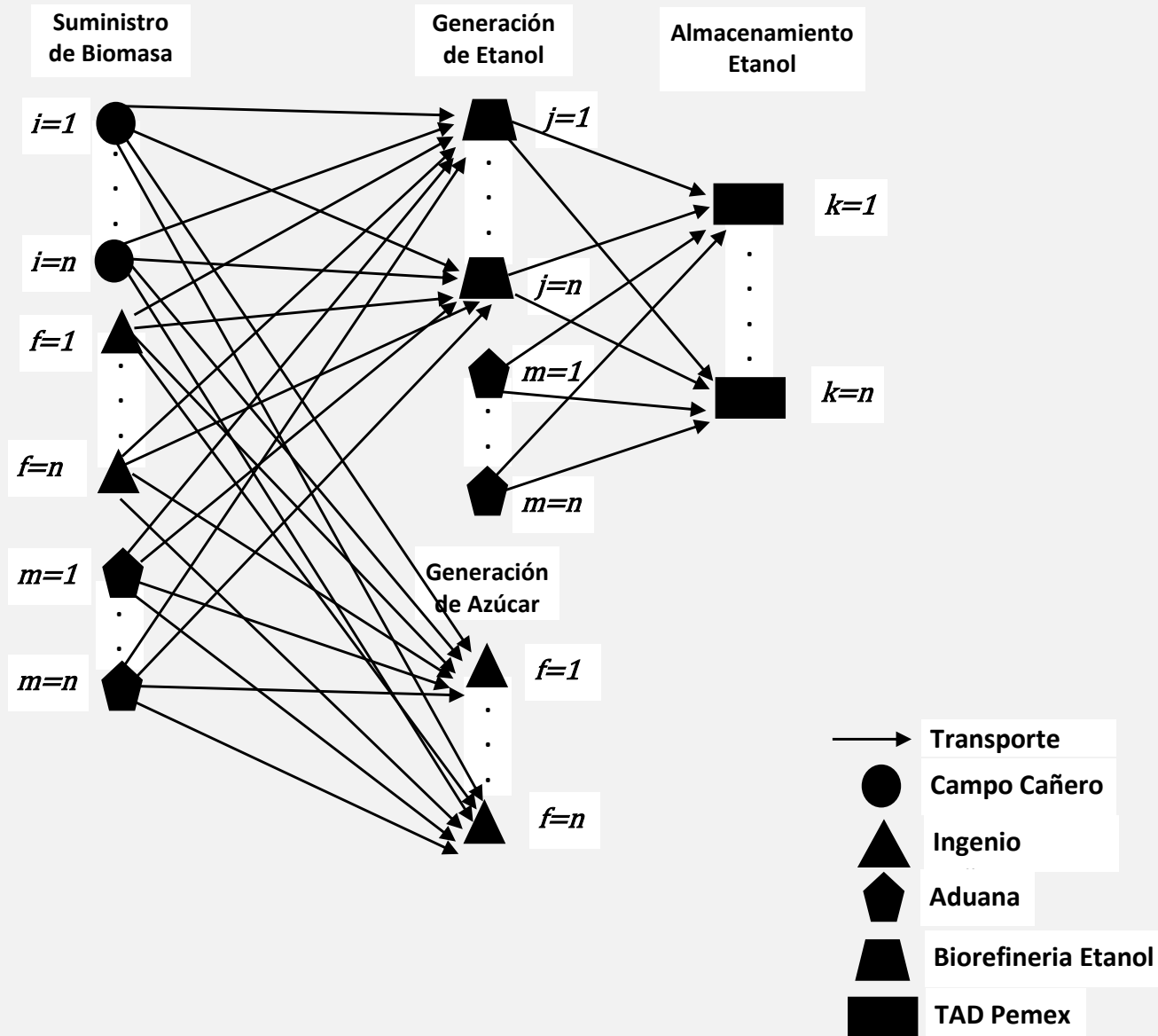
OBJETIVOS

- Diseñar un *Modelo de Optimización* que nos ayude a conocer lugares óptimos donde se podrían ubicar una o mas plantas de bioetanol y sus respectivos centros de almacenamiento en la Republica Mexicana, a partir de biomasa de Caña de Azúcar, buscando minimizar los costos de toda la cadena suministro.
- Determinar la factibilidad económica de una planta de bioetanol a partir bagazo de caña de azúcar, teniendo como caso el Estado de Veracruz.

MATERIALES Y METODOS

- 1) Planteamiento del Problema.** Plantear el problema a resolver por medio de análisis de información relacionada al campo cañero y las oportunidades de producir etanol a partir de biomasa generada .
- 2) Definición de Objetivos.** Se estableció minimizar el costo de la red logística para obtener bioetanol a partir de biomasa cañera;
- 3) Formulación del Modelo Matemático.** Definir modelo matemático, el cual consta de una Función Objetivo y las restricciones a las que estará sujeto dicho modelo. Habiendo tomando en cuenta las variables de decisión y los parámetros o coeficientes técnicos respectivos.
- 4) Obtención de Información.**
 - a) Bases de datos georreferenciadas.** Ubicaciones de predio cañeros, posibles ubicaciones de plantas de etanol y TAD de PEMEX. Fuentes: SIAP y SENER;
 - b) Estadísticas y estimaciones.** Cantidad aprovechable y costos de biomasa ; Cantidad aprovechable y Costos de bagazo de caña; costos de producción y capital requerido de plantas de bioetanol de segunda generación; costos de transporte de regiones cañeras a ingenios cañeros y de las posibles plantas de etanol a las TAD de Pemex; Fuentes: CONADESUCA, NREL, PEMEX.
- 5) Manejo de Base de Datos Computarizadas.** Se utilizara el software MATLAB para el manejo de datos en formato matricial, el cual así lo requirió el software de optimización GAMS;
- 6) Introducción y Corrida de Modelo.** Se introducirá en formato GAMS el modelo, las restricciones y se hará una rutina para relacionar GAMS y MATLAB. Se correrá el modelo.
- 7) Análisis de resultados.** Los resultados obtenidos en GAMS se procesaron en MATLAB para su análisis.
- 8) Presentación de Resultados.** Se utilizara el Sistema ARGIS para tener una presentación geográfica de: áreas de biomasa de caña de azúcar por emplear, ubicación de plantas de etanol optimas y la ubicación de los TAD de Pemex.

DESCRIPCION GRAFICA DEL MODELO



FORMULACION DEL MODELO

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z = & \left[\begin{aligned}
 & \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{s,y} + t_{s,j,t,y}) b_{s,j,t,y} + \sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{s,y} + t_{s,f,t,y}) b_{s,f,t,y} \\
 & + \sum_{i'=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{i',y} + t_{i',j,t,y}) b_{i',j,t,y}^{imp} + \sum_{i'=1}^I \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{i',y} + t_{i',f,t,y}) b_{i',f,t,y}^{imp} \\
 & + \sum_{a=1}^A \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{a,y} + t_{a,j,t,y}) b_{a,j,t,y}^{inge} + \sum_{a=1}^A \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{a,y} + t_{a,f,t,y}) b_{a,f,t,y}^{inge} \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{y=1}^Y \text{Inv}_{j,y} (u_{j,y} - u_{j,y-1}) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{j,y} + t_{j,k,t,y}) x_{j,k,t,y}^{etan} \\
 & + \sum_{k=1}^K \sum_{y=1}^Y \text{Inv}_{k,y} (u_{k,y} - u_{k,y-1}) + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{y=1}^Y (c_{k,y} + t_{k,l,y}) x_{k,l,y}^{etan} \\
 & + \sum_{i'=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y (c_{i',y}^{etanimp} + t_{i',k,t,y}^{etanimp}) x_{i',k,t,y}^{etanimp}
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

RESTRICCIONES DE MODELO

$$\sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{s,j,t,y} + \sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{s,f,t,y} \leq \bar{b}_{s,y} \quad (1)$$

$$\sum_{i'=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{i',j,t,y}^{imp} + \sum_{i'=1}^I \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{i',f,t,y}^{imp} \leq \bar{b}_{i',y}^{imp} \quad (2)$$

$$\sum_{a=1}^A \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{a,j,t,y}^{ingenio} + \sum_{a=1}^A \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{a,f,t,y}^{ingenio} \leq \bar{b}_{m,y}^{ingenio} \quad (3)$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{s,f,t,y} + \sum_{i'=1}^I \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{i',f,t,y}^{imp} + \sum_{a=1}^A \sum_{f=1}^F \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{a,f,t,y}^{inge} = d_{f,y}^{indus} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y x_{j,k,t,y}^{etan} \leq \bar{x}_j^{etan} u_{j,y} \quad (5)$$

RESTRICCIONES DE MODELO

$$\rho_j^{etan} \left(\sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{s,j,t,y} + \sum_{i'=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{i',j,t,y}^{imp} + \sum_{a=1}^A \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y b_{a,j,t,y}^{inge} \right) = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y x_{j,k,t,y}^{etan} \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{y=1}^Y x_{k,l,y}^{etan} \leq \bar{x}_k^{etan} u_{k,y} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y x_{j,k,t,y}^{etan} + \sum_{i'=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y x_{i',k,t,y}^{etan} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{y=1}^Y x_{k,l,y}^{etan} \quad (8)$$

$$u_{j,y} \geq u_{j,y-1} \quad (9)$$

$$u_{k,y} \geq u_{k,y-1} \quad (10)$$

$$b_{s,j,t,y}, b_{s,f,t,y}, b_{i',j,t,y}^{import}, b_{i',f,t,y}^{import}, b_{z,j,t,y}^{ingenio}, b_{z,f,t,y}^{ingenio}, x_{j,k,t,y}^{etanol}, x_{j,e,y}, x_{k,l,y}^{etanol}, x_{i',k,t,y}^{etanolimp}, x_{l,y}^{gasolina} \geq 0,$$

$$u_{j,y} \in \{0,1\}, u_{k,y} \in \{0,1\}$$

AVANCES

Tema	Avance %
1) Planteamiento del Problema	100
2) Definición de Objetivos.	100
3) Formulación del Modelo Matemático	100
4) Obtención de Información	50
a) Bases de datos georreferenciadas	30
b) Estadísticas y estimaciones	30
5) Manejo de Base de Datos Computarizadas	0
6) Introducción y Corrida de Modelo	0
7) Análisis de resultados	0
8) Presentación de Resultados	0

POR SU ATENCION
MUCHAS GRACIAS iii