



**ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRECIOS DEL BIOETANOL
PARA MEZCLAS CON GASOLINAS**

Este estudio fue elaborado por el consultor Luis Fernández González, en el marco del Proyecto “Utilización del bioetanol para apoyar el desarrollo sustentable de América Central”, Convenio CEPAL/Gobierno de Italia. Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
I. COMENTARIOS SOBRE EL ENFOQUE ECONÓMICO UTILIZADO EN EL ESTUDIO DE COSTOS Y PRECIOS PARA EL ETANOL EN AMÉRICA CENTRAL	3
II. ANÁLISIS MÁS DETALLADO DEL PRECIO DEL BIOETANOL DE PRODUCCIÓN LOCAL CON LAS DIFERENTES REFERENCIAS INTERNACIONALES	5
1. Evolución histórica de los precios internacionales del azúcar, el etanol y las gasolinas.....	5
2. Estimación del costo unitario de procesamiento de etanol.....	7
3. Análisis de la viabilidad económica de producir etanol con azúcar y melaza .	12
III. RECOMENDACIONES PARA REALIZAR ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS EN EL TEMA DE COSTOS Y PRECIOS DEL BIOETANOL.....	18

Cuadros:

Cuadro 1	Comportamiento de los precios del azúcar, el etanol y las gasolinas. Niveles promedio, volatilidad y correlaciones	6
Cuadro 2	Proyecto de planta de procesamiento de etanol, simulación económica para Costa Rica y Guatemala	9
Cuadro 3	Proyecto de planta de procesamiento de etanol, simulación económica para El Salvador	10
Cuadro 4	Análisis de sensibilidad del proyecto de procesamiento de etanol	11
Cuadro 5	Retribución unitaria por procesamiento de etanol, según grado de utilización de la planta.....	12
Cuadro 6	Análisis de la viabilidad económica de producir etanol a partir del azúcar	14
Cuadro 7	Análisis de la viabilidad económica de producir etanol a partir de melaza	16

Gráficos:

Gráfico 1	Precios internacionales: gasolina regular, etanol y azúcar equivalente	14
Gráfico 2	Precios de la gasolina (CIF) y del azúcar equivalente (FOB)	15
Gráfico 3	Precios de la gasolina (CIF) y de la melaza equivalente (FOB)	17
Gráfico 4	Precios de la gasolina (CIF) y del azúcar equivalente (FOB)	17

RESUMEN

El documento presenta un análisis del enfoque económico utilizado en el estudio titulado “Costos y precios para etanol combustible en América Central” (LC/MEX/L.716) y un análisis más detallado del precio del bioetanol de producción local con diferentes referencias internacionales. El estudio muestra la evolución histórica de los precios internacionales del azúcar, el etanol y las gasolinas; estima el costo unitario de procesamiento de etanol y analiza la viabilidad económica de producir etanol con azúcar y melaza. Finalmente, proporciona recomendaciones para realizar estudios complementarios en el tema de costos y precios del bioetanol.

I. COMENTARIOS SOBRE EL ENFOQUE ECONÓMICO UTILIZADO EN EL ESTUDIO DE COSTOS Y PRECIOS PARA EL ETANOL EN AMÉRICA CENTRAL

En el documento de referencia, el cálculo de los precios de indiferencia del etanol anhidro (PIEA), con respecto a los precios del azúcar y la melaza, se realiza estimando primero la equivalencia masa-volumen sobre la base de la ecuación de Gay-Lussac para la transformación de azúcares en etanol e incorporando las eficiencias típicas de fermentación y destilación. Así se llega a estimar, en forma correcta y suficientemente precisa para este tipo de análisis, que la producción de 1 litro de etanol requiere 1,67 kilogramos de azúcar o bien 2,98 kilogramos de melaza. En consecuencia, los industriales de la caña que ya producen etanol, enfrentan precios de indiferencia en las mismas proporciones antes mencionadas, debido a que sus decisiones de producción se basarían únicamente en los costos marginales de corto plazo, porque ya cuentan con la infraestructura necesaria para la conversión.

Posteriormente, con la finalidad de estimar el precio de indiferencia para nuevos productores (costo marginal de largo plazo), se calcula también el costo unitario de procesamiento asociado a las inversiones que serán necesarias para la fermentación y destilación, sobre dos posibilidades: (i) vida útil de los equipos de 5 años y tasa de descuento de 12% en términos reales, y (ii) vida de 10 años y tasa real de 8%. Aplicando el método de costo nivelado, las dos alternativas mencionadas arrojan como resultado 0,116 y 0,062 dólares de 2005 por litro de etanol (equivalente a 0,44 y 0,23 dólares por galón, respectivamente), para una inversión de 10 millones de dólares en una planta de 200.000 litros diarios de capacidad con zafas de 120 días efectivos.

Por último, se establece razonablemente la equivalencia volumétrica 1:1 entre el etanol y la gasolina, debido a que el menor poder calorífico del primero es compensado con una mayor eficiencia en su combustión.

Si bien las equivalencias físicas entre etanol y azúcar o melaza están bien definidas, el análisis de las bondades económicas de la conversión es un tema complejo, principalmente por la alta volatilidad que experimentan los precios de los tres productos mencionados, así como el de la gasolina. Aunque este tema se comenta en el documento de referencia, las cifras de precios utilizadas para calcular los precios de indiferencia corresponden a una coyuntura de mediados de 2005, en la cual el precio internacional del etanol (y de la gasolina) fue superior al precio del azúcar necesario para producirlo. Por lo tanto, las cifras de coyuntura muestran un sesgo que hace ver la conversión a etanol más atractiva de lo que pudiera ser. En el siguiente capítulo de este trabajo se realiza un análisis de este tipo pero para un periodo mucho más amplio.

En cuanto a los precios del azúcar, se tomaron como referencia los correspondientes a dos contratos de futuros comercializados en la bolsa NYBOT (*New York Board of Trade*). Es conveniente aclarar algunas de las características de estos contratos, que no se presentan en el documento de referencia, a fin de comprender mejor la fuerte diferencia entre sus precios. El contrato No. 14, está especificado en precios CIF para entrega en cinco posibles puertos de los EUA, siendo aplicable a las cuotas de importación (libres de aranceles) establecidas por el Departamento de Agricultura estadounidense. El otro contrato, el No. 11, es válido para el azúcar

adicional importada sujeta a aranceles, el cual se especifica en precios FOB, con entrega en puertos de 28 países productores, entre los cuales se encuentran los centroamericanos, con excepción de Panamá. Es de esperarse que una vez que se agreguen los aranceles y el flete marítimo a los precios de este último contrato, la diferencia con el primero sea muy pequeña, de tal manera que los importadores estadounidenses enfrentan precios relativamente semejantes entre ambos contratos, mientras que los exportadores de azúcar reciben ingresos muy distintos en cada caso. Así, las exportaciones centroamericanas preferentes corresponden a las realizadas bajo el contrato No. 14 y las marginales al No. 11 (éstas últimas representan la mayor parte de las ventas externas de azúcar). En consecuencia, el precio de indiferencia del etanol sólo es relevante calcularlo con respecto al contrato No. 11.

A diferencia del azúcar, no existen referencias internacionales sobre los precios de la melaza. Sin embargo, las cifras de mediados de 2005 que se presentan en el documento analizado, aunque con apreciables diferencias entre los tres países estudiados, muestran que el precio de la melaza es más atractivo para convertirse en etanol, en comparación con el precio del azúcar. En el siguiente capítulo se discutirá este tema con más detalle.

En cuanto a los costos de procesamiento, el método utilizado (costo nivelado) es comúnmente aplicado para estimaciones rápidas de costos unitarios, desde un punto de vista meramente económico y no financiero. Sin embargo, los parámetros de las dos alternativas no son razonables (vida útil de 5 años y tasa real de descuento de 12% ó bien 10 años y 8%). En todo caso sería conveniente una sola opción, con vida de 12 años y tasa real de 14% (mayor a 12% ya que es una tasa antes de impuestos, que equivale a 16,8% nominal si se considera una inflación de 2,5% anual), con lo cual el costo unitario de procesamiento sería de 0,074 dólares de 2005 por litro (0,28 dólares por galón).

No obstante este ajuste, el método en sí tiene sus limitaciones, sobre todo porque no hace explícitos los impuestos sobre la renta, la estructura de financiamiento deuda/capital, las condiciones de la deuda (plazo, tasa y sistema de amortización), los beneficios fiscales por depreciación de activos fijos y por apalancamiento financiero, la viabilidad de ser parcialmente financiado por la banca, entre otras. Más adelante se aplica un modelo financiero, más detallado y transparente, para la estimación del costo unitario de procesamiento.

II. ANÁLISIS MÁS DETALLADO DEL PRECIO DEL BIOETANOL DE PRODUCCIÓN LOCAL CON LAS DIFERENTES REFERENCIAS INTERNACIONALES

1. Evolución histórica de los precios internacionales del azúcar, el etanol y las gasolinas

En esta parte se analiza el comportamiento simultáneo de los precios internacionales del azúcar, el etanol y las gasolinas, de enero de 1994 a junio de 2006. Lo primero que destaca es que los mercados internacionales de los tres productos han sufrido un marcado cambio de comportamiento a partir de 2000, tanto en sus niveles de precios, como en su volatilidad y el grado de correlación entre ellos (véanse el cuadro 1 y el gráfico 1).

En efecto, si se compara lo ocurrido en el sexenio de 1994 a 1999 con el desempeño de los mercados en el periodo de 2000 a 2006, se observa que mientras los precios promedio del azúcar se redujeron en 17%, los del etanol aumentaron 28% y los de las gasolinas se duplicaron, medidos todos sobre la base de dólares corrientes.

Así, durante los últimos seis años de los noventa, el precio promedio de las gasolinas regular y premium (87 y 93 IO) en la Costa del Golfo de los Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) fue de 0,54 dólares por galón, en tanto que el precio de la cantidad de azúcar necesaria para producir un galón de etanol era 2,7 veces esta cifra (1,44 dólares por 6,32 kg., sobre la base del contrato No. 11 cotizado en NYBOT). Esto claramente representó un enorme obstáculo para la producción de etanol destinado a la mezcla con gasolina.

En contraste, durante lo que va de la presente década, el precio promedio de las gasolinas se elevó a 1,09 dólares por galón y el del azúcar equivalente se redujo a 1,19 dólares. Así, en forma preliminar y tomando en cuenta que el precio de la gasolina no incluye los costos para colocarla en los terminales de almacenamiento centroamericanos (el transporte marítimo, entre otros), se aprecia que en algunos de los años 2000 se presentaron las condiciones económicas favorables para la conversión de azúcar en etanol, mientras que en otros años de este mismo periodo pudiera haber sido viable con el apoyo de estímulos fiscales. Más aún, debido a que la melaza (equivalente al azúcar requerido para elaborar etanol) tiene un precio menor, ha estado en mejores condiciones económicas para ser transformada en alcohol. Más adelante se analiza con detalle la viabilidad económica de la conversión de ambos productos a etanol.

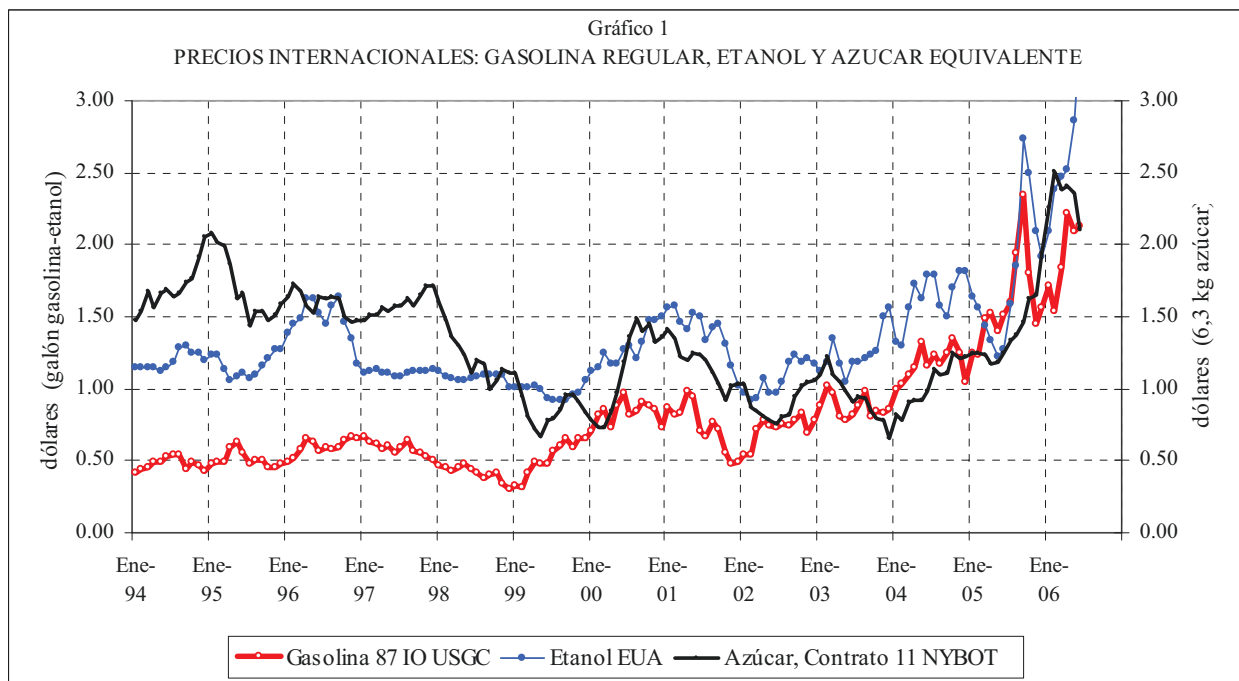
Por otra parte, cabe notar que no solamente la volatilidad de los precios de la gasolina es mayor que la correspondiente al azúcar, sino que además ha aumentado en ambos productos, sobre todo en el caso de la gasolina. Así, entre los dos periodos mencionados, la volatilidad anualizada¹ de los precios promedio mensuales del azúcar pasó de 24% a 29%, en tanto que la de la gasolina regular subió de 31% a 43%.

¹ La volatilidad anualizada es un indicador de la variabilidad de los cambios porcentuales de precios. Se calcula mediante la desviación estándar, no de los precios absolutos, sino de las diferencias porcentuales entre los precios de periodos consecutivos, en este caso meses, ajustadas por el tiempo entre observaciones (expresado como fracción de año). Así, con este indicador se puede comparar la variabilidad de precios expresados en diferentes unidades (por ejemplo, dólares por kg. y dólares por galón).

Cuadro 1
COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS DEL AZÚCAR, EL ETANOL Y LAS GASOLINAS.
NIVELES PROMEDIO, VOLATILIDADES Y CORRELACIONES

	(1) Ene/94 – Dic/99	(2) Ene/00 – Jun/06	(2)/(1)
Precios promedio			
Azúcar, Contrato 11 NYBOT (dólares / libra)	0,103	0,085	0,83
Azúcar equivalente a 1 galón etanol (dólares / 6,32 kg.)	1,437	1,186	0,83
Etanol, EUA (dólares / galón)	1,168	1,493	1,28
Gasolina 87 IO, USGC (dólares / galón)	0,519	1,059	2,04
Gasolina 93 IO, USGC (dólares / galón)	0,560	1,127	2,01
Volatilidades			
Azúcar, Contrato 11 NYBOT (%)	24 %	29 %	1,21
Etanol, EUA (%)	16 %	35 %	2,20
Gasolina 87 IO, USGC (%)	31 %	43 %	1,38
Gasolina 93 IO, USGC (%)	32 %	43 %	1,34
Correlaciones			
Azúcar – Gasolina 87 IO	0,15	0,71	4,73
Azúcar – Gasolina 93 IO	0,14	0,72	5,14
Azúcar – Etanol	0,54	0,78	1,44
Etanol – Gasolina 87 IO	0,27	0,85	3,15
Etanol – Gasolina 93 IO	0,24	0,86	3,58

Fuente: Elaboración propia.



Más importante de destacar es que, simultáneamente con el aumento de la incertidumbre sobre los precios de la gasolina y el azúcar (como lo muestran las cifras de volatilidad), se presentó también un fuerte incremento en el grado de relación entre ellos. En efecto, mientras que la correlación entre los precios de estos productos (medida con el coeficiente “r” de Pearson) era 0,15 durante el sexenio de los noventa, en la década actual se elevó hasta 0,71. Esto es de especial relevancia en un entorno de mercados fuertemente volátiles, ya que a mayor correlación entre los precios del azúcar y la gasolina, menor será la incertidumbre en el comportamiento de la rentabilidad de las inversiones necesarias para convertir el azúcar en etanol. Visto de otra manera, en la medida en que los precios tiendan a moverse en la misma dirección y en proporciones no muy distintas, el factor de utilización de la planta de conversión sufriría variaciones menos bruscas entre cada periodo, debido a que la ventaja económica de transformar el azúcar en etanol no enfrenta grandes cambios.

2. Estimación del costo unitario de procesamiento de etanol

En este apartado se analiza en forma más detallada el costo unitario de procesamiento de etanol. Para este fin, se utiliza un modelo que simula los flujos de efectivo de un proyecto de inversión correspondiente a una empresa independiente cuya única finalidad es brindar el servicio de procesamiento de melaza y/o azúcar para producir etanol, la cual recibe una retribución por el servicio prestado. Esta retribución debe ser suficiente para: (i) cubrir los costos de operación y mantenimiento, O&M, (ii) pagar el impuesto sobre la renta, (iii) cumplir con los pagos de principal e intereses de la deuda que contrate para financiar parcialmente la inversión, (iv) recuperar el capital propio invertido y, por último, (v) obtener una tasa de rendimiento razonable sobre el capital propio aportado, después de impuestos.

La simulación se realiza para una planta con capacidad de 200.000 litros diarios y costo de inversión de 10 millones de dólares. Se consideró una vida útil de 12 años, sin valor de rescate al término de ésta. Para un primer análisis, se especificó que la planta opera sólo 120 días anuales a plena capacidad, que corresponde a la duración de la zafra. Más adelante se analiza el efecto de realizar inversiones adicionales a fin de operar la planta más allá del periodo de zafra. A falta de mayor información, los costos de O&M se estimaron iguales al 10% de la retribución recibida por el servicio de procesamiento.

Respecto a la estructura de capital, se supuso que el 50% de la inversión se financia con deuda, contratada en dólares a una tasa de 12% anual y plazo de 6 años, amortizada anualmente con el sistema de pagos nivelados.

Para el tratamiento de los aspectos fiscales se simularon dos opciones. Una para Costa Rica y Guatemala, con tasa de impuesto sobre la renta (ISR) de 30%, depreciación fiscal de activos fijos (equipos) a una tasa de 10% anual y con revaluación de activos al ritmo de la inflación. La otra representa la situación de El Salvador, con mejores estímulos fiscales como son la tasa de ISR de 25% y la depreciación acelerada al 20% anual, aunque no se permite la revaluación de activos fijos. Los impuestos sobre la renta se calculan sobre la base del ingreso gravable. Este último es igual a los ingresos por procesamiento menos los costos de O&M y las deducciones fiscales. Las deducciones son dos: (i) la depreciación de activos fijos, según las leyes fiscales de cada país, y (ii) el pago de intereses reales sobre la deuda, es decir, descontando el componente inflacionario.

A fin de que el proyecto sea sujeto de crédito por las instituciones financieras comerciales, se especificó que los flujos de efectivo del proyecto, después de impuestos, deben ser superiores a los pagos de la deuda (principal e intereses) en aproximadamente 50%. Es decir, la razón de cobertura de deuda debe ser alrededor de 1,5 en cada año, como una forma de protección de posibles incumplimientos de pago ante la volatilidad de los ingresos en cada periodo; en caso de que la deuda sea contratada con la banca de desarrollo, este índice sería más bajo (entre 1,2 y 1,3).

Por último, se estableció que el rendimiento sobre el capital propio sea de al menos 15%, calculado con la tasa interna de retorno (TIR) sobre los flujos de efectivo después de impuestos y de pago de deuda, medidos en dólares corrientes. Esta tasa equivale a 12,2% en términos reales, descontando la inflación supuesta de 2,5% anual.

Con los parámetros y criterios descritos en los párrafos anteriores, el modelo muestra que para una retribución de 0,31 dólares actuales por galón (0,082 dólares por litro), creciendo anualmente al ritmo de la inflación supuesta (2,5%), el rendimiento del capital propio sería de 15,2% aplicando el sistema tributario de Costa Rica y Guatemala, en tanto que aumentaría a 17,0% bajo el régimen fiscal de El Salvador (véanse los cuadros 2 y 3). Contrario a lo que pudiera parecer, la mayor rentabilidad para El Salvador no se debe tanto a su menor tasa impositiva, sino principalmente a los beneficios que obtiene por contar con depreciación fiscal acelerada de los activos fijos (aún y cuando en este país no se permite la revaluación), con lo cual se reduce apreciablemente el pago de impuestos durante los primeros años, difiriéndolos para el futuro. Más aún, al disponer de mayores flujos de efectivo libres de impuestos en los años iniciales, se está en mejor posibilidad de cubrir el servicio de la deuda, por lo que las instituciones financieras pueden otorgar créditos por una fracción mayor de la inversión. Tomando como ejemplo los resultados obtenidos con el modelo, se aprecia que mientras en Costa Rica y El Salvador la razón de cobertura de deuda es de alrededor de 1,45, en El Salvador llega a ser de aproximadamente 1,65.

En consecuencia, debido a que la depreciación acelerada mejora la rentabilidad del capital propio y, simultáneamente, posibilita utilizar un mayor grado de deuda para financiar los proyectos, no debe descartarse este instrumento como el estímulo fiscal más fácil de implementar para apoyar las inversiones en la producción de etanol, comparado contra otras alternativas como la reducción de la tasa de impuesto sobre la renta o el subsidio directo.

Como los valores de los parámetros utilizados para la simulación del caso base están sujetos a incertidumbre, en diferente grado y por diversas razones, se realizó un análisis de la sensibilidad de la rentabilidad ante variaciones en cada uno de los principales factores (véase el cuadro 4). Así, destaca que el rendimiento del proyecto es más sensible a cambios en el monto de inversión, el grado de utilización de la planta y el nivel de retribución unitaria por el servicio de procesamiento. Frente a variaciones de 10% en alguno de los tres factores citados, la TIR cambia en alrededor de 2,8%. Respecto a la vida útil cabe notar el comportamiento asimétrico de la sensibilidad, ya que con una variación de dos años de vida la rentabilidad puede disminuir 2,7% o bien aumentar 1,6%, según la dirección del cambio. Por su parte, si se alarga en un año el plazo de la deuda se tiene un impacto positivo de cerca de 0,4% en la TIR del capital propio. Por último, un incremento de dos puntos porcentuales en la tasa de interés de la deuda tiene el mismo efecto (un deterioro de la rentabilidad en cerca de 0,7%) que una reducción de 2% en la retribución por el servicio de procesamiento (que equivale a un aumento de dos décimos en los costos de O&M) o bien que una disminución del uso de deuda en una magnitud igual al 10% de la inversión.

Cuadro 2
PROYECTO DE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ETANOL, SIMULACIÓN ECONÓMICA PARA COSTA RICA Y GUATEMALA
(miles de dólares corrientes)

Año	Flujos de efectivo del Proyecto, antes de impuestos. (Ingresos por procesamiento, menos costos O&M)	Deducciones fiscales		Ingreso gravable	Impuestos sobre la renta (30%)	Flujos de efectivo del Proyecto, después de impuestos	Pago de la deuda (principal + intereses)	Flujos de efectivo del Capital Propio	Razón de cobertura de deuda
		Depreciación activos fijos	Intereses reales						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
				= (1) - (2) - (3)	= (4) x 0.30	= (1) - (5)		= (6) - (7)	= (6) / (7)
0	-10 000					-10.000	5.000	-5.000	
1	1 813	-1 025	-475	313	-94	1 719	-1 216	503	1,41
2	1 858	-1 051	-416	391	-117	1 741	-1 216	525	1,43
3	1 905	-1 077	-351	477	-143	1 762	-1 216	546	1,45
4	1 952	-1 104	-277	571	-171	1 781	-1 216	565	1,46
5	2 001	-1 131	-195	675	-202	1 799	-1 216	583	1,48
6	2 051	-1 160	-103	788	-237	1 815	-1 216	599	1,49
7	2 102	-1 189		914	-274	1 828		1 828	
8	2 155	-1 218		937	-281	1 874		1 874	
9	2 209	-1 249		960	-288	1 921		1 921	
10	2 264	-1 280		984	-295	1 969		1 969	
11	2 321			2 321	-696	1 625		1 625	
12	2 379			2 379	-714	1 665		1 665	
TIR	16,9 %					14,2 %		15,2 %	

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Los ingresos por procesamiento están calculados a razón de 0,31 dólares por galón (en moneda del año base, ajustados con una inflación de 2,5% anual), para una planta con capacidad de 200.000 litros que opera 120 días efectivos a plena carga. Los costos de O&M son iguales al 10% de los ingresos por procesamiento.

Nota 2: El monto de inversión se presenta en renglón del año cero. Es financiada, en partes iguales, con capital propio y deuda (6 años de plazo y 12% de interés).

Cuadro 3
PROYECTO DE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ETANOL, SIMULACIÓN ECONÓMICA PARA EL SALVADOR
(miles de dólares corrientes)

Año	Flujos de efectivo del Proyecto, antes de impuestos. (Ingresos por procesamiento, menos costos O&M)	Deducciones fiscales		Ingreso gravable	Impuestos sobre la renta (25%)	Flujos de efectivo del Proyecto, después de impuestos	Pago de la deuda (principal + intereses)	Flujos de efectivo del Capital Propio	Razón de cobertura de deuda
		Depreciación activos fijos	Intereses reales						
	(1)	(2)	(3)	(4) = (1) - (2) - (3)	(5) = (4) x 0.25	(6) = (1) - (5)	(7)	(8) = (6) - (7)	(9) = (6) / (7)
0	-10 000					-10.000	5.000	-5 000	
1	1 813	-2 000	-475	-662	166	1 978	-1 216	762	1,63
2	1 858	-2 000	-416	-558	140	1 998	-1 216	782	1,64
3	1 905	-2 000	-351	-446	112	2 016	-1 216	800	1,66
4	1 952	-2 000	-277	-325	81	2 034	-1 216	818	1,67
5	2 001	-2 000	-195	-194	49	2 050	-1 216	834	1,69
6	2 051		-103	1 948	-487	1 564	-1 216	348	1,29
7	2 102			2 102	-526	1 577		1 577	
8	2 155			2 155	-539	1 616		1 616	
9	2 209			2 209	-552	1 657		1 657	
10	2 264			2 264	-566	1 698		1 698	
11	2 321			2 321	-580	1 741		1 741	
12	2 379			2 379	-595	1 784		1 784	
TIR	16,9 %					15,3%		17,0 %	

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Los ingresos por procesamiento están calculados a razón de 0,31 dólares por galón (en moneda del año base, ajustados con una inflación de 2,5% anual), para una planta con capacidad de 200.000 litros que opera 120 días efectivos a plena carga. Los costos de O&M son iguales al 10% de los ingresos por procesamiento.

Nota 2: El monto de inversión se presenta en renglón del año cero. Es financiada, en partes iguales, con capital propio y deuda (6 años de plazo y 12% de interés).

Cuadro 4
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO DE PROCESAMIENTO DE ETANOL
(TIR sobre capital propio en dólares corrientes, después de impuestos)

	Caso Base	Caso Alternativo	Alternativo / Base	Costa Rica Guatemala	El Salvador	Promedio
TIR del Caso Base				15,2 %	17,0 %	16,1 %
				Variación de la TIR		
Inversión (miles de dólares)	10 000 10 000	9 000 11 000	0,90 1,10	+2,9 % -2,4 %	+3,3 % -2,8 %	+3,1 % -2,6 %
Días de operación anual al 100% de capacidad	120 120	132 108	1,10 0,90	+2,6 % -2,6 %	+3,0 % -3,1 %	+2,8 % -2,8 %
Ingreso por procesamiento (dólares constantes / galón)	0,31 0,31	0,34 0,28	1,10 0,90	+2,5 % -2,6 %	+2,9 % -3,0 %	+2,7 % -2,8 %
Costos O&M (% respecto a ingreso)	10 % 10 %	8% 12 %	0,80 1,20	+0,6 % -0,6 %	+0,7 % -0,7 %	+0,7 % +0,7 %
Vida útil (años)	12 12	14 10	1,17 0,83	+1,6 % -2,6 %	+1,6 % -2,8 %	+1,6 % -2,7 %
Capital propio (% de la inversión)	50 % 50 %	40 % 60 %	0,80 1,20	+0,6 % -0,5 %	+0,8 % -0,7 %	+0,7 % -0,6 %
Tasa de interés de la deuda	12 % 12 %	10 % 14 %	0,83 1,17	+0,6 % -0,6 %	+0,7 % -0,7 %	+0,7 % -0,7 %
Plazo de la deuda (años)	6 6	7 5	1,17 0,83	+0,3 % -0,3 %	+0,4 % -0,4 %	+0,4 % -0,4 %

Fuente: Elaboración propia.

Todos estos análisis se realizaron bajo el supuesto de que la planta de procesamiento de etanol fue diseñada para estar integrada operativamente al ingenio azucarero, aprovechando el calor residual. En consecuencia, sólo puede producir etanol durante el periodo de zafra. A fin de darle mayor flexibilidad para trabajar en cualquier época del año, se requiere realizar inversiones adicionales que se estiman en 30% del monto original. Además, en los meses fuera del periodo de zafra se incurrirán en mayores costos operativos que, a falta de mayor información, se les supuso iguales al doble que estimados para los días de zafra. Aunado a su mayor flexibilidad operativa, este proyecto enfrenta mayores riesgos, relacionados sobre todo con su grado de utilización que depende de la diferencia de precios del azúcar y la gasolina o etanol. Como compensación, en el análisis que se describe enseguida se aumentó a 18% el rendimiento sobre capital propio, después de impuestos.

La simulación del proyecto ampliado muestra que para operar 180 días anuales a plena capacidad (factor de planta de 50%), requiere una retribución unitaria (0,30 dólares de 2005 por galón) semejante a la necesaria para el proyecto básico trabajando 120 días (0,31 dólares). Como no todo el tiempo la planta de procesamiento ampliada será económicamente atractiva operarla, se consideró una utilización máxima de 270 días anuales (factor de planta de 75%). En este caso la retribución unitaria se reduciría a alrededor de 0,20 dólares de 2005 por galón (véase el cuadro 5).

Cuadro 5
RETRIBUCIÓN UNITARIA POR PROCESAMIENTO DE ETANOL,
SEGÚN GRADO DE UTILIZACIÓN DE LA PLANTA
(dólares constantes por galón, a precios de 2005)

Utilización anual de la capacidad de planta		Operando sólo durante zafra, menor inversión y O&M		Operando también fuera de zafra, mayor inversión y O&M	
		Costa Rica Guatemala	El Salvador	Costa Rica Guatemala	El Salvador
Porcentaje	Días 100% de capacidad	TIR		TIR	
		15,2 %	17,0 %	18,0 %	18,0 %
33 %	120	0,31	0,31		
42 %	150	0,25	0,25		
50 %	180			0,31	0,29
58 %	210			0,27	0,25
67 %	240			0,24	0,22
75 %	270			0,21	0,20

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para operar también fuera del periodo de zafra se incurre en mayores costos, tanto de inversión como de operación y mantenimiento, relacionados principalmente con el suministro de energía y vapor. En este caso, se estimó un incremento de 30% en la inversión y un aumento de 100% en los costos de O&M para los meses fuera de zafra.

En conclusión, se estima que el costo unitario de procesamiento de azúcar y/o melaza para producir etanol se encuentra entre 0,31 y 0,20 dólares de 2005 por galón (0,082 y 0,053 dólares de 2005 por litro), dependiendo de si se trata de una planta básica o ampliada. Estas cifras serán utilizadas a continuación para el análisis de factibilidad económica de la conversión.

3. Análisis de la viabilidad económica de producir etanol con azúcar y melaza

Con el comportamiento altamente volátil de los precios del azúcar y la gasolina, así como de la correlación entre ellos, resulta muy difícil realizar proyecciones de la posible evolución simultánea de estas variables. Como alternativa de análisis, en esta sección se evalúa si la conversión a etanol hubiese sido económicamente viable a los precios que se presentaron en el pasado no lejano, identificando también los casos en que se hubiese requerido subsidio o renuncia fiscal para esta actividad industrial. En particular, el periodo de estudio comprende de 2000 a 2005, dividido en dos trienios con características muy distintas.

El método de análisis consiste en comparar el precio CIF de las gasolinas en cada país con el precio de la cantidad de azúcar o melaza necesaria para producir un galón de etanol (6,32 ú 11,28 kilogramos por galón, respectivamente), con y sin los costos unitarios de la planta de procesamiento. De esta manera, se identifica bajo que condiciones fue económicamente viable la conversión y en que casos se hubiese requerido alguna forma de apoyo fiscal. El precio CIF de la gasolina se calculó como el precio promedio ponderado de las gasolinas regular y premium² en la

² Los ponderadores son la participación que cada tipo de gasolina tiene en el consumo, en cada país.

Costa del Golfo de los EUA³ (87 y 93 de índice de octano, ajustados por diferencias de calidad respecto a las especificaciones centroamericanas), más el flete marítimo al principal puerto de cada país analizado (en embarques de 30.000 toneladas para Costa Rica y de 20.000 toneladas para los otros dos), así como un margen para el importador de 0,02 dólares por galón. Por su parte, el precio del azúcar corresponde al del contrato No. 11 comercializado en la bolsa NYBOT, que como se comentó anteriormente está especificado en términos FOB, con entrega en puertos de los países productores, entre ellos los centroamericanos, de tal manera que representan bien el costo de oportunidad para los industriales del azúcar de la región. Como la melaza no tiene un mercado profundo, no existen referencias de precio. En consecuencia, sus precios se especificaron como una fracción de los correspondientes al azúcar, bajo diversos escenarios.

En el caso del **azúcar** (véanse el cuadro 6 y el gráfico 2), los resultados muestran que, si se mantuviera el comportamiento que existió en los mercados azucarero y petrolero entre 2003 y 2005 (con precios promedio de 43 dólares por barril de crudo WTI y 7.6 centavos de dólar por libra de azúcar), la conversión sería muy rentable para aquellos industriales que ya cuentan con planta de etanol. En efecto, si no se toma en cuenta el costo unitario de procesamiento, existiría un margen bruto de 0,19 dólares por galón de etanol (en moneda de esas fechas), el cual se reduce a 0,16 dólares si se descuentan los costos operativos (estimados iguales al 10% de los costos de procesamiento). Es de notar que el margen bruto es prácticamente igual a la retribución necesaria para una planta ampliada que opere fuera de la zafra (con factor de utilización de 75%), con la cual se obtendría una rentabilidad de 18% sobre capital propio, después de impuestos. En el caso de plantas básicas que trabajan conjuntamente con la zafra, existiría un déficit de 0,11 dólares por galón para cubrir el total de la retribución por procesamiento (0,30 dólares de ese periodo), lo que implica que su tasa de rendimiento sobre capital propio se reduciría a 6% (aunque se pagarían la deuda, los costos operativos y los impuestos, además de recuperar el capital propio). Las cifras mencionadas en este párrafo corresponden al promedio de los tres países, sin embargo, cabe notar que Costa Rica se encontraría en una posición menos ventajosa, debido a que tiene un valor CIF de la gasolina más bajo que en el resto, resultado de un menor costo de flete marítimo desde la Costa del Golfo.

En contraste, si en el futuro los mercados presentan la situación promedio del primer trienio de 2000 (WTI a 27 dólares por barril y azúcar a 8 centavos de dólar por libra), aún sin considerar la retribución unitaria por procesamiento, habría un déficit muy alto (-0,24 dólares por galón) para cubrir el costo total de la materia prima (azúcar). Si se incluye el costo de procesamiento, el déficit se eleva hasta una cifra que representa entre 52% y 65% de los impuestos totales a las gasolinas (para el promedio de los tres países, según se trate de una planta ampliada o básica, respectivamente). Así, bajo este escenario poco probable, la producción de etanol sería inviable ante la imposibilidad de otorgar subsidios en proporciones tan elevadas.

No obstante, en caso de prevalecer las condiciones promedio del sexenio completo analizado (2000-2005, con precios de 35 dólares para el crudo WTI y 7.8 centavos de dólar para el azúcar), los precios CIF de la gasolina serían muy semejantes al costo de oportunidad del azúcar necesaria para producir etanol. Por lo tanto, la renuncia fiscal o subsidio necesario sería únicamente

³ Los precios USGC para las gasolinas de 87 y 93 octanos, (RON+MON)/2, fueron ajustados por diferencias de calidad respecto a las especificaciones en cada uno de los tres países centroamericanos estudiados.

para la retribución por el servicio de procesamiento, que representaría entre 26% y 39% del total de impuestos promedio a la gasolina, según se considere una planta ampliada o una básica.

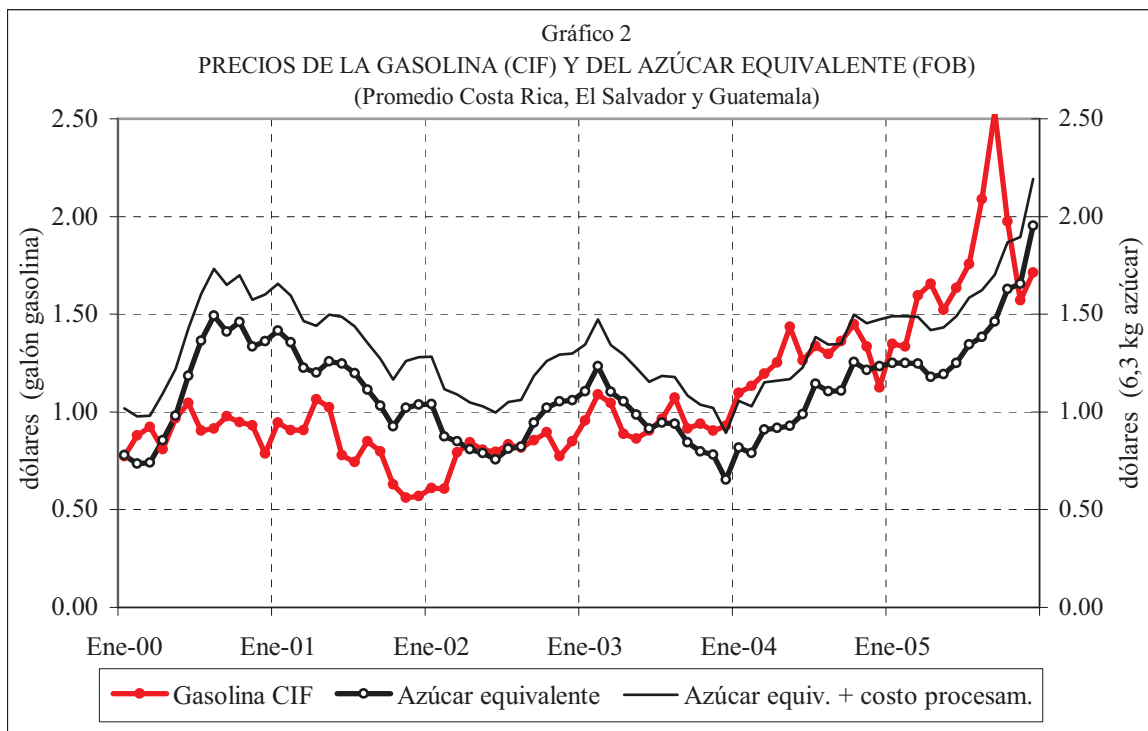
Cuadro 6
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE PRODUCIR ETANOL A PARTIR DEL AZÚCAR

	Precio internacional del azúcar equivalente	Costo de procesamiento de etanol	Precio CIF de las gasolinas	Impuestos totales a las gasolinas	Precio CIF gasolina – Costo producción etanol		
	(dólares / 6,32 kg.)	(dólares / galón)	(dólares / galón)	(dólares / galón)	Sin costo procesam. (dólares / galón)	Con costo de procesamiento (dólares / galón)	(respecto a impuestos totales)
Costa Rica							
2000-2002	1,07	0,18 0,28	0,81	1,03	-0,26	-0,44 -0,54	43 % 52 %
2003-2005	1,13	0,20 0,30	1,28	0,97	0,15	-0,05 -0,15	5 % 15 %
2000-2005	1,10	0,19 0,29	1,05	1,00	-0,05	-0,24 -0,34	24 % 34 %
El Salvador							
2000-2002	1,07	0,18 0,28	0,85	0,69	-0,22	-0,40 -0,50	56 % 72 %
2003-2005	1,13	0,20 0,30	1,34	0,64	0,21	0,01 -0,09	- 14 %
2000-2005	1,10	0,19 0,29	1,10	0,66	0,00	-0,19 -0,29	29 % 44 %
Guatemala							
2000-2002	1,07	0,18 0,28	0,84	0,68	-0,23	-0,41 -0,51	60 % 75 %
2003-2005	1,13	0,20 0,30	1,34	0,82	0,21	0,01 -0,09	- 11 %
2000-2005	1,10	0,19 0,29	1,09	0,75	-0,01	-0,20 -0,30	27 % 40 %
Promedio							
2000-2002	1,07	0,18 0,28	0,83	0,80	-0,24	-0,42 -0,52	52 % 65 %
2003-2005	1,13	0,20 0,30	1,32	0,81	0,19	-0,01 -0,11	1 % 14 %
2000-2005	1,10	0,19 0,29	1,08	0,80	-0,02	-0,21 -0,31	26 % 39 %

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: La producción de un galón de etanol requiere 6,32 kilogramos de azúcar.

Nota 2: El precio CIF de las gasolinas es la media ponderada entre la regular y la premium. Incluye 0,02 dólares por galón como margen del importador.



Por otra parte, la viabilidad económica de la conversión de **melaza** en etanol es significativamente mejor. Como se comentó, no hay referencias internacionales sobre los precios de la melaza y, en consecuencia, el análisis se hará con varios escenarios de la relación de precios entre este producto y el azúcar. En el documento elaborado por el otro consultor se muestra que, a mediados de 2005, esta relación de precios fue de 52% en El Salvador, de 45% en Guatemala y de únicamente 26% en Costa Rica, todo esto para productos de exportación. Como la elaboración de un galón de etanol requiere de 11,28 kilogramos de melaza o bien 6,32 de azúcar, la relación de precios de equivalencia entre ambas materias primas es de 56%. Así, aunque las cifras mencionadas corresponden a lo ocurrido en un mes en particular y oscilan en un rango muy amplio, es claro que resulta más barato producir etanol con melaza.

Los resultados del análisis muestran que, con una relación de precios melaza/azúcar de 50% (proporción ligeramente inferior a la observada en El Salvador) y extrapolando al futuro los precios medios ocurridos en los mercados durante el trienio 2003-2005 (WTI en 43 dólares y azúcar en 7,6 centavos la libra), la producción de etanol sería totalmente viable sin ningún tipo de subsidio, aún en el caso de plantas básicas que operan sólo durante la zafra y que requieren de una mayor retribución por el servicio de procesamiento (véanse el cuadro 7 y el gráfico 3).

También, con una relación de precios melaza/azúcar de 40% se obtendrían resultados muy semejantes a los antes descritos si prevalecieran las condiciones de precios promedio que se presentaron durante el sexenio 2000-2005 en los mercados petrolero y azucarero (35 dólares y 7,8 centavos); en caso de que dicha relación fuera de 45%, como en Guatemala, la planta ampliada sería totalmente viable mientras que la básica requeriría de un subsidio moderado de 0,09 centavos por galón (véanse nuevamente el cuadro 7, así como el gráfico 4.)

Por último, en la eventualidad de que el precio de la melaza fuese ligeramente menor a 30% del correspondiente al azúcar (como pareciera que es el caso de Costa Rica, salvo que la cifra disponible se encuentre distorsionada), la conversión a etanol sería económicamente atractiva para ambos tipos de planta de procesamiento, aún bajo las condiciones de mercado menos favorables como las ocurridas entre 2000 y 2002 (27 dólares el crudo y 8 centavos la libra de azúcar).

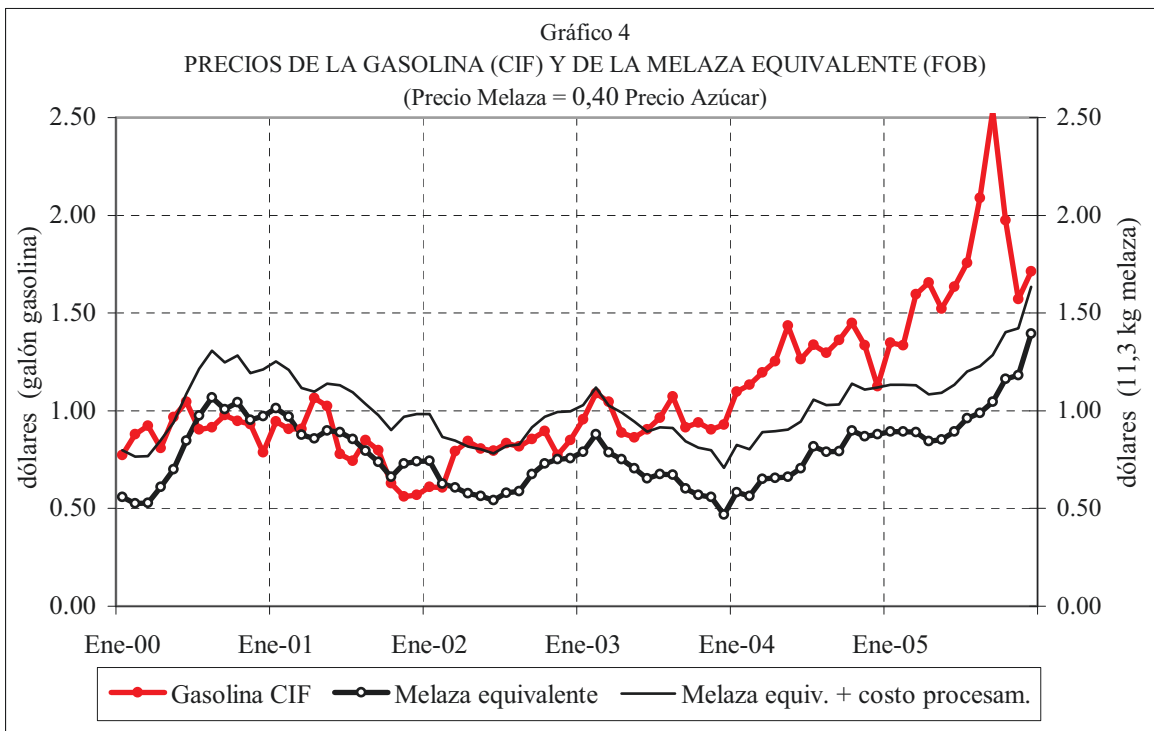
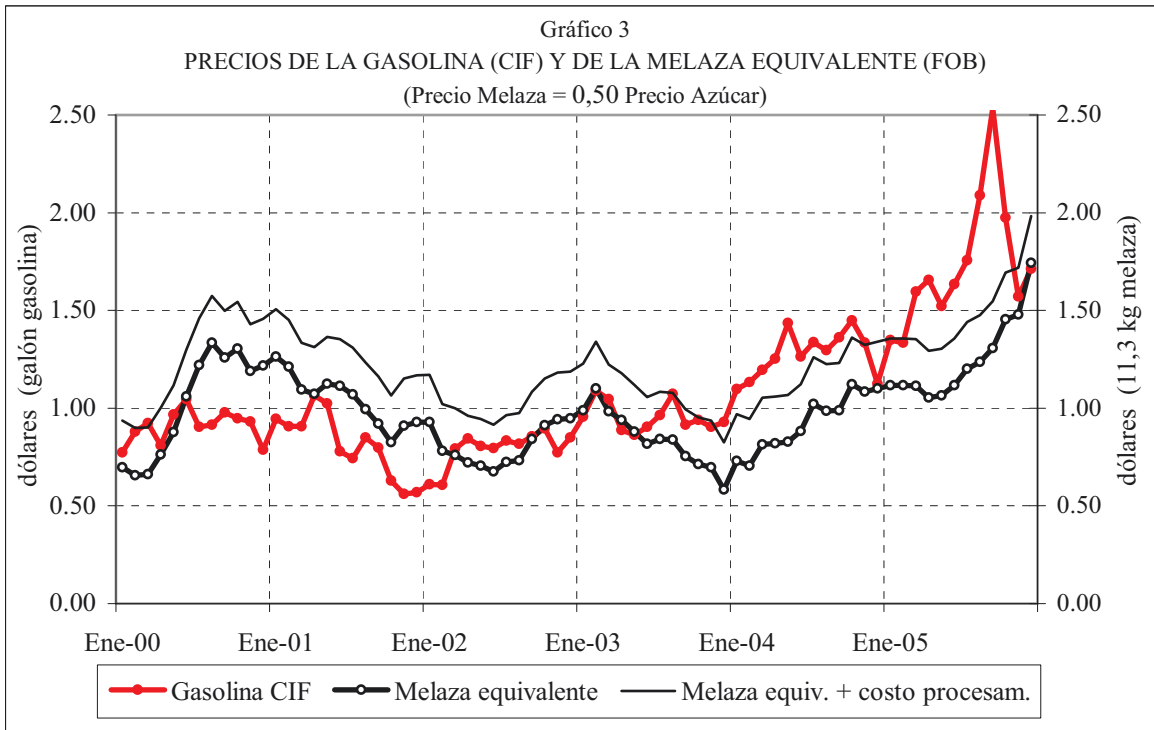
Cuadro 7
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE PRODUCIR ETANOL A PARTIR DE MELAZA

	Precio int. del azúcar equivalente (dólares / 6,32 kg.)	Relación de precios Melaza / Azúcar	Precio de la melaza equivalente (dólares / 11,28 kg.)	Costo de procesamiento de etanol (dólares / galón)	Precio CIF de las gasolinas (dólares / galón)	Precio CIF gasolina – Costo producción etanol	
						Sin costo procesamiento (dólares / galón)	Con costo procesamiento (dólares / galón)
2000-2002	1,07	0,50	0,96	0,18 0,28	0,83	-0,13	-0,31 -0,41
2003-2005	1,13	0,50	1,01	0,20 0,30	1,32	0,31	0,11 0,01
2000-2005	1,10	0,50	0,98	0,19 0,29	1,08	0,10	-0,09 -0,19
2000-2002	1,07	0,45	0,86	0,18 0,28	0,83	-0,03	-0,21 -0,31
2003-2005	1,13	0,45	0,91	0,20 0,30	1,32	0,41	0,21 0,11
2000-2005	1,10	0,45	0,88	0,19 0,29	1,08	0,20	0,01 -0,09
2000-2002	1,07	0,40	0,76	0,18 0,28	0,83	0,07	-0,11 -0,21
2003-2005	1,13	0,40	0,80	0,20 0,30	1,32	0,52	0,32 0,22
2000-2005	1,10	0,40	0,79	0,19 0,29	1,08	0,29	0,10 0,00
2000-2002	1,07	0,30	0,57	0,18 0,28	0,83	0,26	0,08 -0,02
2003-2005	1,13	0,30	0,61	0,20 0,30	1,32	0,71	0,52 0,41
2000-2005	1,10	0,30	0,59	0,19 0,29	1,08	0,49	0,30 0,20

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: La producción de un galón de etanol requiere 11,28 kg. de melaza ó 6,32 kg. de azúcar. Así, sería indiferente que materia prima se utilice para elaborar etanol si la relación de precios fuera 0,56.

Nota 2: El precio CIF de las gasolinas es la media de Costa Rica, El Salvador y Guatemala. Incluye 0,02 dólares por galón como margen del importador.



III. RECOMENDACIONES PARA REALIZAR ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS EN EL TEMA DE COSTOS Y PRECIOS DEL BIOETANOL

1. Debido a las buenas perspectivas económicas sobre la producción de etanol a partir de la melaza, se recomienda como primera prioridad la recopilación y análisis del comportamiento histórico de los precios de esta materia prima en cada uno de los tres países estudiados, a fin de resolver la incertidumbre actual sobre la relación de precios melaza/azúcar. Es de esperarse que esta actividad sea sencilla y rápida.
2. Realizar un análisis más detallado sobre el monto de inversión y los costos de operación de las plantas de procesamiento de etanol diseñadas para operar únicamente durante el periodo de zafra.
3. Caracterizar los equipos básicos que se requieren para ampliar una planta de procesamiento de etanol a fin de que pueda operar también fuera del periodo de zafra, incluyendo estimaciones sobre los aumentos en el monto de inversión y en los costos de operación, en comparación con una planta básica.
4. En una etapa posterior, convendría analizar el valor económico atribuible a la flexibilidad de los productores respecto a poder vender azúcar o etanol, según convenga por la coyuntura de precios que se presente en los mercados. El valor de esta flexibilidad sería mayor en la medida que la volatilidad de precios sea alta y la correlación entre los precios de ambos productos sea baja. Para esto, cabría analizar la posibilidad de utilizar el método de opciones reales.