Estudio de Viabilidad para Producción de Etanol en Países de América Central y del Caribe

Agência de Promoção de Exportações e Investimentos - APEX-BRASIL

Producto 3 - Módulo II – Informe Final de Viabilidad Técnico-Económica de El Salvador

Rio de Janeiro, 17 de marzo de 2008.

Ficha Técnica

Proyecto:	**Estudio de Viabilidad para Producción de Etanol en Países de América Central y del Caribe: El Salvador y República Dominicana**
Cliente:	**Agência de Promoção de Exportações e Investimentos - APEX-BRASIL**
Plazo:	**6 (seis) meses**
Empresa Consultora:	**Fundação Getulio Vargas**
Derechor del Proyecto:	**César Cunha Campos**
Supervisor:	**Roberto Rodrigues** **Ricardo Simonsen**
Coordenador:	**Cleber Lima Guarany**
Equipo Técnico:	**Giuliano Marchini Senatore (Coordenador técnico)** **Bruno Gherardi (Técnico de geoprocesamiento)** **Cassiano Mota (Asistente técnico infraestructura)** **Fabio Domingues (Responsable técnico agrícola)** **Felipe Bigarelli (Responsable técnico forestal)** **José Eduardo Dias Barbosa (Asistente técnico agrícola)** **Luiz Eduardo Oliveira Faria (Técnico de geoprocesamiento)** **Matheus Bayer Gonçalves (Asistente técnico climatología)** **Miguel Cooper (Responsable técnico pedología)** **Paulo César Sentelhas (Responsable técnico climatología)** **Pedro Julian (Responsable técnico infraestructura)** **Rodnei Rizzo (Asistente técnico climatología)** **Pedro Paulo Gangemi (Revisión y Acompañamiento Técnico)** **Cecilia Fagan Costa (Gerente del Centro de Agronegocios de la FGV)**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Sumario

Resumen Ejecutivo 7
Introducción 11
1. Estudio de Suelo y Clima 13
1.1 Estimativa de Productividad con Base en las Características de Suelo 13
1.1.1 Colecta de Datos 13
1.1.2 Modelo para Pronosticar Productividad de Caña de azúcar 14
1.1.3 Estimativas del Potencial de Productividad de Caña de azúcar 16
1.2 Efecto de Variabilidad Climatológica en Producción de Caña de azúcar 22
1.2.1 Variación Climática 29
1.2.2 Productividad Potencial y Real de la Caña de azúcar como Resultado de la Variación Climática 32
1.2.3 Efectos de la Irrigación en la Mejora de la Productividad de la Caña de azúcar 36
1.3 Recomendación de Variedades Apropiadas 38
1.3.1 Requisitos de las Variedades 39
2. Recomendación de Proyectos 41
2.1 Etanol 45
2.1.1 Análisis Agrícola 45
2.1.1.1 Estimativa de Área Inicial Necesária para Multiplicación de Mudas 45
2.1.1.2 Definición de los Sistemas de Plantío 47
2.1.1.3 Épocas de Plantío 48
2.1.1.4 Logística de Corte, Cargamento y Transporte (CCT) 49
2.1.1.4.1 Equipos de Transporte 51
2.1.1.5 Ventajas y Desventajas de Cosecha Mecanizada 51
2.1.1.6 Análisis Económico Agrícola 52
2.1.1.6.1 Recursos Humanos 53
2.1.1.6.2 Máquinas, Implementos Agrícolas y Equipamientos Motores 53
2.1.1.6.3 Dimensionamiento de Máquinas 58
2.1.1.6.4 Factores de Producción - Insumos 62
2.1.2 Análisis Industrial 63
2.1.2.1 Lista de Principales Equipamientos 63
2.1.2.1.1 Molienda y Difusión 66
2.1.2.2 Identificación de la Necesidad de Infraestructura Básica y Instalaciones 68

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.2.3 Plan de la Logística de Salida de la Producción de Etanol 69
2.1.2.4 Análisis Económico Industrial 70
2.1.2.4.1 Recursos Humanos 70
2.1.2.4.2 Instalaciones y Obras Civiles 72
2.1.3 Balance Energético 73
2.1.4 Generación y Aprovechamiento de Subproductos y Residuos 74
2.1.4.1 Residuo Agrícola 77
2.1.4.2 Subproductos y Residuos Industriales 77
2.1.4.3 Cantidad de Residuos y Subproductos Generados 82
2.1.5 Cogeneración de Energía Eléctrica a Partir del Bagazo de Caña 83
2.1.6 Sustitución de la Gasolina por Etanol Producido a Partir de la Melaza 83
2.1.7 Sugestión de Modelo Cooperativo de Prestación de Servicios 87
2.1.7.1 Características de una Cooperativa 90
2.1.7.2 Sugestión de Guía para Organizar una Cooperativa 91
2.1.8 Sugestión de Modelo para Pago de Caña de azúcar al Proveedor 93
2.1.8.1 Del método 94
2.1.8.2 De la Calidad de la Caña de azúcar 94
2.1.8.3 Del Precio de la Caña de azúcar 94
2.1.8.4 De los Negocios de Compra y Venta de Caña de azúcar y de la Opción pelo Método 95
2.1.8.5 Normas Técnicas de Determinación de Calidad de la Caña de azúcar 95
2.1.8.6 De la Entrega de la Caña de azúcar 100
2.1.8.7 Da Metodología de Formación del Precio Final de la Caña de azúcar 100
2.1.8.8 De la Determinación de la Cantidad de Azúcar Total Recuperable (ATR) en la Caña de azúcar Entregue 101
2.1.8.9 De la Determinación del Precio de la Tonelada de Caña de azúcar Entregada 101
2.1.9 Estrategias del Emprendimiento 102
2.1.10 Análisis Socioeconómico 104
2.1.10.1 Características Demográficas y Sociales 104
2.1.10.2 Indicadores Macroeconómicos 106
2.1.10.3 Características Sectoriales 111
2.1.10.4 Desafíos Económicos 113
2.1.10.5 Análisis de la Matriz Energética de El Salvador 116
2.1.10.6 Impactos de la Implantación del Etanol 121

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.10.7 Impactos Microeconómicos 121
2.1.10.8 Impactos Macroeconómicos 124
2.1.10.9 Observaciones Conclusivas 125
2.1.11 Análisis Jurídico 126
2.1.11.1 Estructura Agraria y Derecho de Propiedad 127
2.1.11.2 Derecho Laboral 130
2.1.11.3 Reglamentación de la Industria de Caña de azúcar 131
2.1.11.4 Reglamentación del Sector Energético 135
2.1.11.5 Normas y Exigencias Ambientales 137
2.1.11.6 Tributación General 140
2.1.11.7 Leyes Laborales 143
2.1.11.8 Reglamentación sobre Comercialización y Inversiones 145
2.1.12 Viabilidad de los Proyectos 147
2.1.12.1 Planificación Operativa 147
2.1.12.2 Evaluación Económica y Financiera 148
2.1.12.3 Planilla Automatizada 149
2.1.12.4 Resultados 150
2.1.12.5 Análisis de Viabilidad Económica 151
2.1.12.6 Análisis de Sensibilidad 152
2.1.12.7 Consideraciones Sobre Caña de azúcar 157
2.1.12.8 Melaza 157
2.2 Biodiesel 159
2.2.1 Estrategias del Emprendimiento 161
2.2.2 Análisis Económico Agrícola 163
2.2.2.1 Recursos Humanos 163
2.2.2.2 Máquinas, Implementos Agrícolas e Equipamientos Motores 165
2.2.2.3 Dimensionamiento de Máquinas 166
2.2.2.4 Insumos 170
2.2.3 Análisis Industrial 172
2.2.3.1 Instalaciones e Obras Civis 173
2.2.4 Evaluación Económica y Financiera 175
2.2.4.1 Resultados 175
2.2.4.2 Análisis de Viabilidad Económica 176
2.2.4.3 Análisis de Sensibilidad 178

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

3. Concluson..... 181
Referencias 184
Anexo A – Localización de las estaciones meteorológicas..... 187

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Resumen Ejecutivo

El presente documento consiste en el Módulo II, que concluye el **Estudio de Viabilidad para Producción de Etanol y otros Biocombustibles** en **El Salvador**. Para tanto, se basa en el análisis previo de viabilidad resultante del Módulo I y determinado pela combinación criteriosa de diferentes variables agronómicas que condicionan la aptitud de la tierra (o agrícola) para cada cultivo considerado. Este Módulo tuvo como objetivo la recomendación de inversiones, asociada también a los aspectos logísticos, matriz energética, localización de los ingenios y tecnologías disponibles.

Los resultados de los análisis permitirán la confirmación de las informaciones obtenidas y la definición de las regiones estratégicas para el direccionamiento de inversiones, abordando los siguientes puntos:

- Análisis agrícola;
- Análisis industrial;
- Análisis de aspectos legales, ambientales y sociales; y
- Análisis técnico-económico.

El análisis agrícola se basa en el desdoblamiento del mapeo de la aptitud del clima y del suelo de **El Salvador**, realizado en el Módulo I, referente al cultivo de plantas utilizadas como materia prima para la fabricación de biocombustibles. El mapeo realizado puede ser complementado para confirmar la viabilidad agrícola, a partir del examen de las características físico-químicas del suelo. Tal examen es presentado a lo largo de este informe, que describe desde las visitas al campo para colecta de muestras de suelo, en puntos de colecta georreferenciados, hasta los resultados de los análisis realizados en laboratorio.

Los análisis agrícola e industrial proporcionaron el dimensionamiento del área, máquinas y mano de obra necesarias para la producción de biocombustibles, más específicamente de etanol y biodiesel. En la profundización del análisis agrícola, se realizó el estudio climático y de las características del suelo y terreno para cada cultivo, resultando en la estimativa de productividad anual de cada cultivo y en el detallismo de las necesidades fitotécnicas de los cultivos de caña de azúcar *(Saccharum officinarum L)*, *Jatropha curcas* y Girasol *(Helianthus annus)*, en las regiones predeterminadas a partir de mapas digitales georreferenciados. Cabe recordar que para este país

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

se descartó la posibilidad de cultivo de *Elaeais guineensis* y soja, por tratarse de cultivos inapropiados.

En el análisis industrial para la producción de etanol, fue realizado el dimensionamiento de la destilería, considerándose toda la infraestructura necesaria para el adecuado funcionamiento de la planta, de la balanza para cuantificación de la caña entregada hasta la cogeneración a partir del bagazo de la caña de azúcar. Para el biodiesel, se dividió la producción en dos etapas: unidad trituradora (extracción del aceite) y unidad procesadora (industrial de biodiesel). Después de la definición de premisas de esos dos biocombustibles, fue realizado el Análisis Técnico-Económico para cada uno de ellos, resultando en proyectos de inversión específicos. Los proyectos recomendados y los datos generales resultantes de los diversos análisis realizados son:

- Proyecto Etanol
  - Localización: Usulután;
  - Distancia del puerto de Acajutla: 180 km;
  - Molienda: 2 millones t. año^{-1}
  - Producción de etanol: 170.000 m³
  - Área agrícola necesaria: 27.000 ha;
  - Área Mecanizable: 100%;
  - Inversiones:
    - Agrícolas: US$ 31 millones
    - Industriales: US$ 149,8 millones
  - Valor Presente Líquido (VPL): US$ 68,55 millones;
  - Tasa Interna de Retorno (TIR): 14,06%; y
  - *PayBack:* 7,11 años.

- Proyecto Biodiesel
  - Localización: San Miguel
  - Distancia del puerto de Acajutla: 147 km
  - Extracción de aceite: 24 mil t. año^{-1}
  - Área agrícola necesaria:
    - Girasol: 5.000 ha
    - *Jatropha curcas*: 5.000 ha
  - Inversiones:

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Agrícolas: US$ 8,8 millones
- Industriales:
  - Trituradora: US$ 14 millones
  - Fábrica Biodiesel: US$ 8 millones
- Valor Presente Líquido (VPL):
  - Trituradora: US$ 17 millones
  - Fábrica de Biodiesel: US$ 5 millones
- Tasa Interna de Retorno (TIR):
  - Trituradora: 16%
  - Fábrica de Biodiesel: 18%
- *PayBack:*
  - Trituradora: 8 años
  - Fábrica de Biodiesel: 7 años

Adicionalmente las sugestiones de proyectos para la instalación de unidades industriales productoras de biocombustibles (etanol y biodiesel), el proyecto evaluó la viabilidad de la producción de etanol a partir de la melaza, subproducto de la fabricación del azúcar, ya disponible en el país. A partir de esta materia prima, la producción de etanol podría sustituir aproximadamente 9% del consumo actual de gasolina en **El Salvador**. Sin embargo, el Análisis Técnico-Financiero de este emprendimiento no demostró resultados atractivos para esa inversión, justificado por el alto precio de compra de la melaza, actualmente destinado a la industria alimenticia presentando alto valor agregado.

Además de la melaza, también se puede utilizar la caña de azúcar para la producción de biomasa a partir de su bagazo. La utilización de esa biomasa también es una viable alternativa a la sustitución del consumo de energías fósiles. **El Salvador** presenta grande potencial para la cogeneración de energía eléctrica, a partir de la quema del bagazo da caña de azúcar. La destinación de todo el bagazo producido en los ingenios para esa cogeneración es capaz de producir anualmente el equivalente a 62,5 MW como capacidad instalada.

De modo que se tornen competitivos los proyectos de biocombustibles considerados, los estudios realizados también apuntaron para la importancia de inversiones en investigación y desarrollo. En líneas generales, ese tipo de inversión puede proveer el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, mayores rendimientos agrícolas y industriales, técnicas de manejo específicas a las necesidades de las localidades consideradas en los proyectos. La estructura básica requerida

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

para efectuar el desarrollo del instituto consiste en la inversión en el orden de US$ 6,2 millones contemplando instalaciones de investigación para caña de azúcar y *Jatropha*, viveros y banco de germoplasma.

Además de los estudios específicos para cada proyecto recomendado, también fueron hechos análisis cuanto a las cuestiones legales. En ese sentido, **El Salvador** posee una economía estable con reglas claras y sin excesos de normas jurídicas. El Poder Ejecutivo está comprometido con la adopción de medidas que buscan incentivar inversiones extranjeras, como la reducción de costos y exigencias para establecerse o iniciar un negocio. Además de eso, el interés del gobierno en desarrollar la industria del etanol crea oportunidades para las empresas de otros países.

En lo que respecta al desdoblamiento socioeconómico, los biocombustibles representan una fuente significativa de generación de empleo y renta en el sector agroindustrial salvadoreño. Delante de los análisis y consideraciones obtenidas en el estudio, se espera que la producción de biocombustibles surja como potencial de sustitución al consumo de combustibles fósiles en la matriz energética, reduciendo la dependencia internacional de petróleo y posibilitando la diversificación en las exportaciones del país.

Es también importante destacar que la producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel está involucrada en cuestiones complejas y presenta significativas diferencias en su composición y en su nivel de detalle cuanto a los medios de producción. Este estudio entiende esa distinción y detiene su foco específicamente sobre el etanol. Eso ocurre por su mayor volumen comercializado y alto potencial para exportación, además de que la demanda es significativamente mayor, principalmente para el uso automotor. Además, este estudio se orienta por el pionerismo brasileño en la producción de etanol y hace con que esa experiencia también se refleje en lo que se refiere a la producción de biodiesel, tanto por la complejidad involucrada, cuanto por el desempeño para su producción, buscando alcanzar niveles mayores con el desarrollo de ese tipo de estudios y de nuevas tecnologías.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Introducción

Actualmente, la utilización de energías renovables ha ganado espacio en las discusiones técnicas relacionadas a los problemas ambientales en el planeta, alcanzando la opinión pública en los más diversos países. Tal hecho impulsó la creación de políticas dirigidas a la sustitución de fuentes de energías provenientes de combustibles fósiles, como, por ejemplo, el carbón y el petróleo, lo que resultó en autorizaciones y, en otros casos, obligatoriedad de porcentajes de mezclas de combustibles renovables en los Estados Unidos, Unión Europea, Brasil y en diversos otros países.

Las ventajas proporcionadas por las energías renovables varían de acuerdo con las condiciones y prioridades locales, destacándose: la minimización de la amenaza de los cambios climáticos del planeta provenientes de la quema de combustibles fósiles; el crecimiento económico; la ampliación del acceso a la energía para la población mundial; la generación de empleos y la fijación del hombre en el campo; la reducción de los niveles de pobreza; la disminución de la desigualdad social; y la diversificación de la matriz energética.

Muchos países consideran el uso de la biomasa para la producción de energía y biocombustibles como siendo uno de los caminos prósperos de este siglo para la combinación armoniosa entre el desarrollo y la conservación ambiental, principalmente en países en vía de desarrollo. Conforme el escenario industrial que el mundo viene delineando en las últimas décadas, las fuentes renovables de energía eléctrica y biocombustibles ocupan, hoy, un porcentual de 1/5 de toda energía mundial generada a partir de recursos naturales renovables: 13% a 14% de la biomasa y 6% a partir de los recursos hídricos[1].

La expansión de áreas con el cultivo da caña de azúcar y oleaginosas, en general, se debe a la posibilidad de que esos cultivos se adapten a diferentes gradientes climáticos, de suelos y de altitud; obteniéndose una alta capacidad de producción y alta productividad de los plantíos.

Actualmente, Brasil posee tecnología para la producción agrícola e industrial de etanol y biodiesel. Esa *expertise* fue conquistada a lo largo de décadas de estudios y aprendizajes continuos. El

[1] (Hall *et al*., 2005)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

conocimiento adquirido es una ventaja competitiva para la actuación en diversos países, por medio de estudios técnicos y científicos, pudiéndose contribuir para la producción sustentada de etanol y biodiesel en **El Salvador**. La implantación de proyectos contribuirá para la elevación de la capacidad de producción de energía limpia y, consiguientemente, para la contribución en el balance comercial del país, a partir da generación de empleo, renta y ampliación de las exportaciones.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

1. Estudio de Suelo y Clima

1.1 Estimativa de Productividad con Base en las Características de Suelo

A partir de resultados obtenidos del estudio sobre la capacidad y adecuabilidad del uso del suelo en **El Salvador**, a través de modelos matemáticos, se calcularon los valores del potencial de productividad para el cultivo de la caña de azúcar, basándose en las características del suelo y del relieve. Así, se puede definir en qué áreas es posible instalar o expandir proyectos de caña de azúcar en **El Salvador**.

1.1.1 Colecta de Datos

En **El Salvador** las visitas para colecta de muestras de suelo fueron realizadas en regiones donde existen cultivos de caña de azúcar y presentan potencial para su expansión, destacándose los siguientes locales visitados:

- Central Izalco: las áreas agrícolas de esta usina de azúcar fueron las primeras visitadas;
- El Angel y Chamico (desactivada): en seguida, fueron visitadas las áreas de esas usinas de azúcar;
- Ahuachapán: se puede observar que el suelo en la región es de alta capacidad para el cultivo de caña de azúcar; y
- Usulután: fue constatado que esta región presenta también gran potencial para la expansión del cultivo de caña de azúcar.

Durante todas esas visitas, fueron colectadas muestras de suelo, con anotaciones de características de relieve, uso de la tierra y otras peculiaridades de cada región. Todas las informaciones fueron georreferenciadas para procesamiento en Sistemas de Informaciones Geográficas (SIG). Las muestras de suelo fueron analizadas por el CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), laboratorio de análisis de suelos localizado en San Salvador.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

1.1.2 Modelo para Pronosticar Productividad de Caña de azúcar

Para el cálculo del potencial de productividad de caña de azúcar, fueron hechos ajustes al modelo utilizado para adaptarlo a las condiciones de **El Salvador**[2].

El modelo tiene como base el cálculo del potencial de productividad usando los suelos más representativos y las características del terreno que afectan la productividad de la caña de azúcar. Esas características fueron obtenidas por medio de análisis del suelo realizadas con las muestras colectadas en campo.

Fueron utilizadas en el modelo las siguientes características de suelo y terreno que influyen en la producción de caña de azúcar:

- Fósforo (P);
- Potasio (K);
- Capacidad de cambio catiónico (CTC);
- Saturación de base (V%)
- Tenor de arcilla; y
- Drenaje y declividad.

Estas características fueron seleccionadas porque existen muchos datos científicos que relacionan la productividad a la fertilidad del suelo y a las características del terreno[3]. Cada una de las características de fertilidad del suelo fue dividida en tres categorías de composición, que son los intervalos utilizados en la clasificación de las respectivas composiciones de suelo[4]. Cada categoría recibió una puntuación, que está relacionada a su composición de suelo. Cuanto más alta la puntuación, mayor la productividad, una vez que todas las demás necesidades para cultivo son satisfactorias. La Tabla 1.1.2.1 presenta el intervalo de las categorías y sus respectivas puntuaciones.

---

[2] Basado en el modelo desarrollado por Teramoto (2003)

[3] Bittencourt et al. (1990); Lopes (1998); Haag et al. (1987)

[4] Raij et al. (1985)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 1.1.2.1

Intervalo de categoría del suelo y características del terreno y sus respectivas puntuaciones

	Atributo de contenido del suelo o valores del terreno						
Intervalo de puntuación	P ppm	K meq.100cm^{-3}	CTC meq.100cm^{-3}	V %	Arcilla %	Drenaje	Declividad
1	≥ 35	≥ 0,6	≥ 12,5	≥75	≥50	Alta	Plana
0,51-1,0	15,1-35	0,3-0,6	7,51-12,5	50,1-75	25,1-50	Excesiva	Levemente ondulado
0,26-0,5	6,1-15	0,16-0,3	5,01-7,5	35,1-50	12,1-25	Baja	Ondulado
0-0,25	0-6,0	0-0,15	0-5,0	0-35	0-12	-	Montañoso

Por el hecho de que la puntuación se da como función de la característica de la composición del suelo, fueron estipuladas ecuaciones para cada intervalo de categoría, donde Y es la puntuación y Xp, Xk, Xt, Xv, Xa equivalen a K, P, CTC, V% y contenido de arcilla en el suelo. Las ecuaciones están demostradas en la Tabla 1.1.2.2.

Tabla 1.1.2.2

Ecuaciones que determinan la puntuación en cada intervalo de categoría de puntuación con base en la composición de los atributos del suelo.

	Intervalo de Puntuación		
Atributo	0-0,25	0,26-0,50	0,51-1,0
P	*Y=0,042 Xp*	*Y=0,028Xp + 0,083*	*Y=0,025 Xp + 0,125*
K	*Y=0,167 Xk*	*Y=0,167 Xk*	*Y=0,167 Xk*
CTC	*Y=0,005 Xt*	*Y=0,010 Xt-0,250*	*Y=0,010 Xt – 0,250*
V	*Y=0,007 Xv*	*Y=0,017 Xv-0,333*	*Y=0,020 Xv – 0,500*
Arcilla	*Y=0,021 Xa*	*Y=0,019 Xa – 0,019*	*Y=0,020 Xa*

La puntuación del suelo es calculada por la siguiente ecuación:

$$PS=Pp.wp + Pk.wk + Pt.wt + Pv.wv + Pc.wc + Pd.wd + Ps.ws$$

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Donde,

- *Pp, Pk, Pt, Pv, Pc, Pd, Ps* = puntuaciones parciales relativas a P, K, CTC, V, tenor de arcilla; y drenaje y categorías de declividad.
- *wp, wk, wt, wv, wc, wd, ws* = factor de ponderación atribuido para cada característica por su importancia para el potencial de productividad de la caña de azúcar.
- PS = puntuación do suelo

La productividad relativa del suelo y del terreno (*Rp*) para caña de azúcar es calculada por la siguiente ecuación:

$$Rp = \frac{PS \times 100}{wp + wk + wt + wv + wc + wd + ws}$$

El potencial de productividad de la caña de azúcar (*SPP*) es calculado por la siguiente ecuación:

$$SPP = \frac{Rp \times Mp}{100} \quad \text{en t.ha}^{-1}$$

Donde,

- .*Mp* = potencial máximo de productividad de la caña de azúcar en el país bajo análisis (t.ha^{-1}).

En el presente estudio el potencial máximo de productividad (*Mp*) fue de 120 t.ha^{-1}

1.1.3 Estimativas del Potencial de Productividad de Caña de azúcar

La Tabla 1.1.3.1 presenta los valores del potencial de productividad de la caña de azúcar en **El Salvador**[5]. Los potenciales de productividad de la caña de azúcar basado en los suelos y características del terreno varían entre 65,94 t.ha^{-1} y 116,70 t.ha^{-1}, con promedio de productividad para todos los puntos de muestreo de 87,92 t.ha^{-1}. Estas estimativas tienen como base el

[5] Calculado por la versión modificada del modelo de Teramoto (2003)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

potencial máximo de productividad de 120 t.ha^{-1}. En la comparación promedio de los valores del potencial de productividad calculado en este informe con los datos promedios de productividad de **El Salvador** [6]se observan que los valores son muy similares, mostrando que el país tiene un buen potencial de tierras para la producción de caña de azúcar. Existen limitaciones para la producción de caña de azúcar en los puntos de muestreo, no obstante son pocas; es lo que se refleja en los buenos potenciales de rendimiento obtenidos. Esto significa que hay un horizonte promisorio para expansión o intensificación en el cultivo da caña de azúcar destinada a la producción de biocombustible.

El análisis de la Tabla 1.1.3.1 y de la Figura 1.1.3.1 demuestra cuales son las mejores áreas para producción y expansión de caña de azúcar en **El Salvador**, así como sus limitaciones.

Tabla 1.1.3.1

Potencial de productividad de la caña de azúcar en cada punto de muestreo en El Salvador, calculada con base en las características del suelo

	Factor para (P)	Factor para (K)	Factor para (T)	Factor para (V)	Factor para Arcilla	Factor para Drenaje	Factor para Declividad				Productividad máxima observada (t/ha)
Factor de Ponderación	3	2	1	2	1	2	1				120
	Puntuación de los atributos de suelo y terreno										
Puntos de muestreo	Fósforo (P)	Potasio (K)	Capacidad de Cambio Catiónico (T)	Saturación de base (V)	Arcilla	Drenaje	Declividad	Puntuación del suelo	Puntos de muestreo	Productividad relativa (%)	Potencial de Productividad t/ha
B01	0,475	1,000	0,750	1,000	0,800	0,100	1,000	8,175	B01	68,13	81,75
B02	0,042	0,434	1,000	1,000	1,000	0,300	1,000	6,594	B02	54,95	65,94
B03	0,950	0,635	1,000	1,000	0,700	0,300	1,000	9,419	B03	78,49	94,19
B04	0,525	0,935	0,626	1,000	0,800	1,000	0,750	9,621	B04	80,18	96,21
B05	1,000	1,000	1,000	1,000	0,323	1,000	0,750	11,073	B05	92,28	110,73
B06	0,084	1,000	0,668	1,000	0,800	1,000	0,375	8,095	B06	67,46	80,95
B07	0,042	1,000	1,000	1,000	0,800	1,000	0,750	8,676	B07	72,30	86,76
B08	0,084	0,334	0,987	1,000	0,800	1,000	0,750	7,457	B08	62,14	74,57
B09	0,042	0,200	1,000	1,000	0,800	1,000	0,375	6,702	B09	55,85	67,02
B10	0,126	0,651	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	8,681	B10	72,34	86,81
B11	0,675	0,418	0,142	1,000	0,266	1,000	1,000	8,268	B11	68,90	82,68
B12	0,168	0,701	0,876	1,000	0,800	0,300	0,750	6,933	B12	57,77	69,33
B13	1,000	0,551	0,862	1,000	0,456	0,300	0,750	8,770	B13	73,09	87,70

[6] Obtenido del FAOSTAT

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

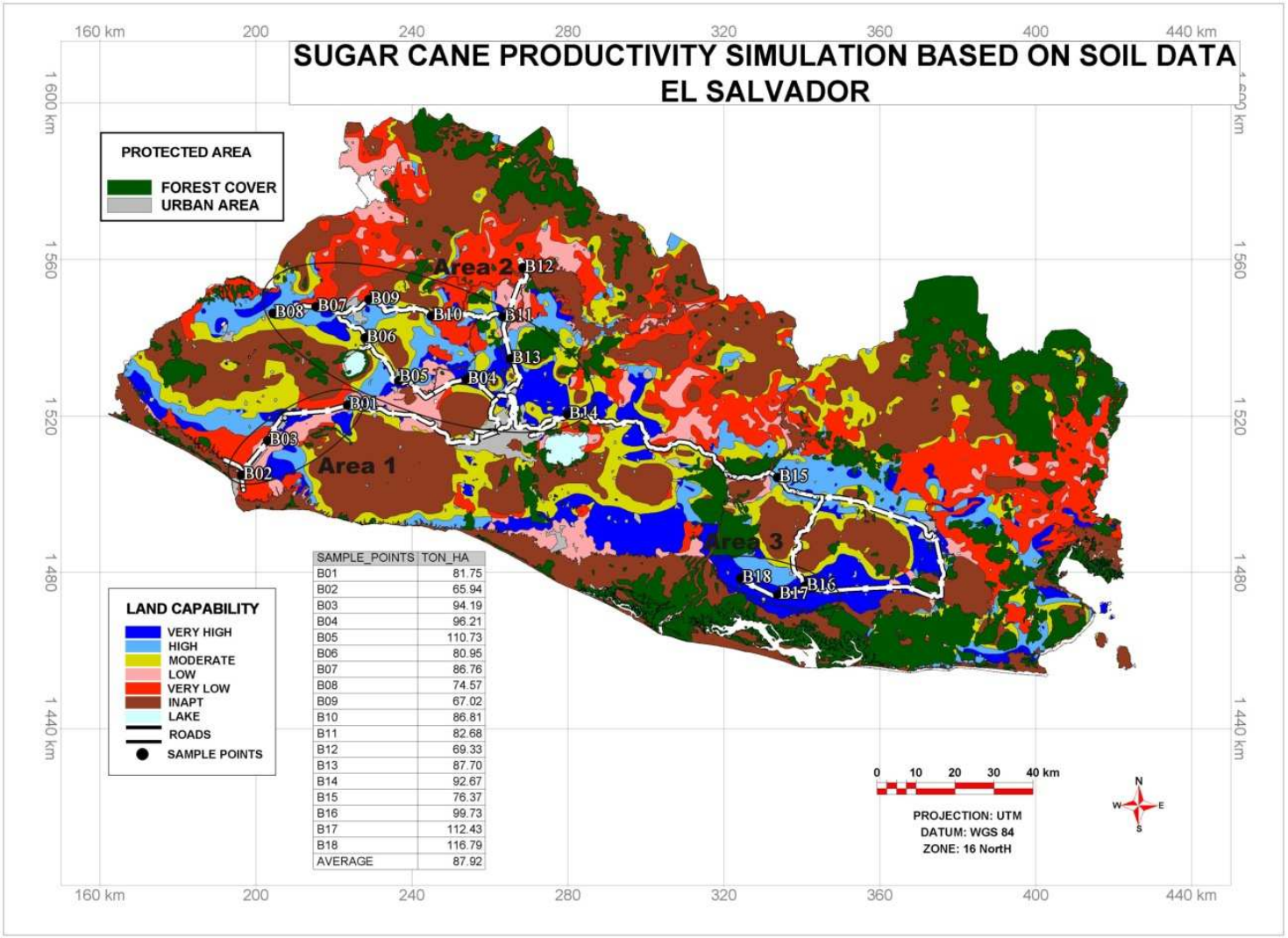
	Factor para (P)	Factor para (K)	Factor para (T)	Factor para (V)	Factor para Arcilla	Factor para Drenaje	Factor para Declividad				Productividad máxima observada (t/ha)
Factor de Ponderación	3	2	1	2	1	2	1				120
	Puntuación de los atributos de suelo y terreno										
Puntos de muestreo	Fósforo (P)	Potasio (K)	Capacidad de Cambio Catiónico (T)	Saturación de base (V)	Arcilla	Drenaje	Declividad	Puntuación del suelo	Puntos de muestreo	Productividad relativa (%)	Potencial de Productividad t/ha
B14	1,000	0,351	0,550	1,000	0,266	1,000	0,750	9,267	B14	77,23	92,67
B15	0,084	0,418	1,000	1,000	0,800	1,000	0,750	7,637	B15	63,64	76,37
B16	0,391	1,000	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000	9,973	B16	83,11	99,73
B17	1,000	1,000	0,977	1,000	0,266	1,000	1,000	11,243	B17	93,69	112,43
B18	1,000	1,000	0,879	1,000	0,800	1,000	1,000	11,679	B18	97,33	116,79
Promedio	**0,483**	**0,702**	**0,851**	**1,000**	**0,682**	**0,794**	**0,819**	**8,792**	**Média**	**73,270**	**87,92**

A partir de la Figura 1.1.3.1 es posible verificar la localización de los puntos donde fueron colectadas las muestras para análisis de laboratorios, con el objetivo de calcularse el potencial de productividad de la caña de azúcar. La distribución de los potenciales de productividad de la caña de azúcar, calculados con base en las características del suelo y relieve, permite agrupar esos puntos en tres áreas, de acuerdo con la similitud de sus potencialidades para producción de caña de azúcar. Esas áreas fueron definidas en la Figura 1.1.3.1 juntamente con los datos de productividad de cada punto de muestreo.

El Área 1 está localizada en la región sudoeste de **El Salvador** y las muestras fueron colectadas de áreas donde la caña de azúcar es producida para la usina de azúcar *Central Izalco*. Los puntos de muestreo agrupados en esta área son: B01, B02 y B03 (Figura 1.1.3.1). Los potenciales de productividad de la caña de azúcar en esta área varían entre 65,94 $t.ha^{-1}$ y 94,19 $t.ha^{-1}$. Estos valores de productividad son considerados de moderado a alto para esta región. Las principales limitaciones del suelo que afectan los potenciales de productividad en algunos puntos son: el tenor de fósforo y drenaje deficiente (Tabla 1.1.3.1). Esas limitaciones pueden ser superadas si se invierte en las prácticas de manejo adecuado y con variedades adaptadas de caña de azúcar. Actualmente, los cultivos predominantes en esas áreas son los pastajes y la caña de azúcar para producción de azúcar.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.1.3.1
Localización de los puntos de muestreo en el mapa de capacidad de uso del suelo, áreas potenciales y datos sobre potencial de productividad de la caña de azúcar en El Salvador



SAMPLE_POINTS	TON_HA
B01	81.75
B02	65.94
B03	94.19
B04	96.21
B05	110.73
B06	80.95
B07	86.76
B08	74.57
B09	67.02
B10	86.81
B11	82.68
B12	69.33
B13	87.70
B14	92.67
B15	76.37
B16	99.73
B17	112.43
B18	116.79
AVERAGE	87.92

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

El Área 2 es una gran área que se extiende de San Salvador hasta Santa Ana, y del oeste de San Pablo Tacachico en el norte, hasta Armeia, al sur. Las áreas visitadas son ocupadas principalmente con caña de azúcar. Los propietarios de esas áreas proveen caña para usinas de azúcar en la región. Los puntos de muestreo agrupados en esta área son: B04, B05, B06, B07, B08, B09, B10, B11, B13 y B14 (Figura 1.1.3.1). La estimativa de los potenciales de productividad en esta área varía entre 67,02 $t.ha^{-1}$ y 110,73 $t.ha^{-1}$. La mayor parte de los puntos de muestreo presentaron potenciales de productividad entre 82 $t.ha^{-1}$ y 87 $t.ha^{-1}$, lo que es muy bueno para la caña de azúcar.

Esta área presenta, por tanto, un alto potencial para producción de caña de azúcar, confirmando los cultivos de caña en la región. Los puntos de muestreo B06 y B09 presentaran limitaciones en el tenor de fósforo, lo que redujo la productividad en relación a los suelos menos limitados (Tabla 1.1.3.1). A pesar de que el punto B13 haya presentado un potencial de productividad de 87 $t.ha^{-1}$, el mismo fue perjudicado debido a la presencia de suelos que presentan un drenaje deficiente. Si se desea aumentar la productividad del área representada por esos puntos de muestreo, se deben adoptar prácticas de manejo adecuado para eliminar esas limitaciones. Igualmente el Área 1, en el Área 2 existe también una buena relación entre el potencial de productividad de los puntos de muestreo y las categorías de capacidad del uso del suelo definidas en la primera fase del proyecto.

Finalmente, el Área 3 está localizada en la región de Usulután, cultivada actualmente por agricultores locales. Esa área es muy recomendada para la expansión de la caña de azúcar. Los puntos de muestreo que caracterizan el potencial productivo estimado de la caña de azúcar en esa área son: B16, B17 y B18 (Figura 1.1.3.1). Los potenciales de productividad calculados para esos puntos varían entre 99,73 $t.ha^{-1}$ y 116,79 $t.ha^{-1}$. Estas productividades, muy altas, reflejan el alto potencial del suelo y del terreno en esa región. La evaluación realizada durante la primera fase de este proyecto clasifica esa área como de alta capacidad para caña de azúcar. Este hecho fue confirmado primeramente por los resultados de los análisis de suelo de esta área, bien como por los pronósticos del potencial de productividad calculadas por el modelo propuesto. Como consecuencia, esa área presenta gran potencial para caña de azúcar y la expansión de ese cultivo para producción de biocombustibles debe ser considerada.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.1.3.2

Fotografías que ejemplifican algunos de los usos de la tierra y de los suelos en las tres áreas de la República de El Salvador

Pastaje (Área 1).

Pasto con drenaje deficiente (Área 1).

Áreas con caña de azúcar (Area 2).

Caña de azúcar con florecimiento (Area 2).

Cultivo de maíz en área plana (Area 3).

Área recién cultivada con caña de azúcar (Area 3).

Un análisis general del potencial de la caña de azúcar en esas áreas demuestra que todas ellas presentan alto potencial para ese cultivo. Las áreas 1 y 2 ya están siendo cultivadas con

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

caña de azúcar, y su producción real[7] es similar a aquellos potenciales de productividad luego calculados. La caña de azúcar puede continuar siendo cultivada en ambas áreas, no obstante se hace necesaria la adecuación de la matriz de producción para la elaboración de biocombustible. El Área 3 presenta los potenciales de productividades más altos de las tres áreas evaluadas. Esta área está siendo utilizada para producción de maíz, y recientemente la caña de azúcar fue introducida en esta región.

1.2 Efecto de Variabilidad Climatológica en Producción de Caña de azúcar

El análisis realizado en el Módulo I de este proyecto tuvo como objetivo evaluar la viabilidad agroclimática para los cultivos destinados a la producción de biocombustibles, utilizando como parámetro principal la división en zonas agroclimático. Por lo tanto, fueron considerados seis diferentes cultivos agrícolas, siendo la caña de azúcar la primera alternativa y, las demás, la soja, el girasol, el eucalipto, la palma de aceite y el *Jatropha curcas*.

El Módulo II de este Proyecto tiene por objetivo el estudio de los riesgos climáticos para el cultivo principal, de caña de azúcar, en relación a la variación climática. Por lo tanto, un modelo de simulación de cultivo fue empleado para evaluar la producción potencial y efectiva en relación a los siguientes parámetros climáticos:

- temperatura del aire;
- radiación solar; y
- fotoperíodo y deficiencia hídrica.

Así, fueron consideradas las informaciones para un período extenso, de aproximadamente 30 años.

El modelo aplicado a este estudio es compuesto de dos módulos: el primer módulo contempla un modelo de fisiología de nombre *Zona Agroecológica*, y tiene como objetivo estimar el potencial de

[7] Verificada por los datos estadísticos (FAOSTAT)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

rendimiento de la caña de azúcar en un dado ambiente, como resultado de la interacción entre el genotipo (cultivo/variedad) y los parámetros climáticos. Esto es, básicamente, un modelo que simula el proceso fotosintético. Este segundo módulo lleva en consideración el impacto de la deficiencia hídrica en la producción de biomasa por genotipo. Si no hubiera deficiencia hídrica durante el ciclo de la cultura, la productividad real seria el potencial de rendimiento de la producción. Por otro lado, si hubiera deficiencia hídrica la productividad real seria menor que el potencial de rendimiento de la producción.

Este tipo de estudio permite la identificación de la eficiencia de un sistema productivo. Si las productividades observadas (actuales) son próximas de las productividades reales estimadas, la eficiencia es considerada alta. Entretanto, si las productividades observadas son menores que las productividades reales estimadas, la eficiencia es baja y indica que los sistemas de manejo son deficitarios.

Ese estudio fue realizado en dos localidades, considerándose dos condiciones diferentes cuanto a la viabilidad de la producción de caña de azúcar. La elección de las localidades contempló la viabilidad de la producción de caña de azúcar, y también la disponibilidad de datos sobre el clima en un período de 30 años. Las localidades escogidas fueron Ahuachapán y Puente Cuscatlán.

Datos climáticos mensuales de estas localidades sobre largos períodos fueron obtenidos de las Agencias Nacionales de Meteorología, siendo considerado el período de 1977 a 2006. Las principales variables aplicadas a este estudio fueron las precipitaciones mensuales y las temperaturas máximas y mínimas. Con esas variables, fue posible estimar los demás parámetros necesarios para el modelo de simulación de cultivo como las horas de luz solar (n), evadotranspiración cultural (ETc) y deficiencia hídrica (DEF).

La productividad real estimada de la caña de azúcar fue comparada a la observada en el sistema FAOSTAT de la FAO/ONU. La productividad promedio observada fue obtenida con base en las estadísticas de 30 años para los mismos períodos considerados en las estimativas.

El efecto de la irrigación, en diferentes niveles, en la productividad de la caña de azúcar también fue evaluado, llevándose en consideración la recuperación de 20, 40, 50, 60, 80 y 100% de deficiencia hídrica. En esas condiciones, fueron estimados los incrementos en la productividad,

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

calculado por la diferencia entre los rendimientos de las áreas irrigadas (a diferentes niveles) y aquellas no irrigadas.

Los locales escogidos para este estudio fueron seleccionados en función de diferentes aptitudes para producción de caña de azúcar, así como en función de la disponibilidad de datos climáticos para un período de 30 años. La Tabla 1.2.1 presenta el nombre de las ciudades representantes de cada región y sus respectivas coordenadas geográficas. El mapa de las localidades en estudio se encuentra en el Anexo A.

Tabla 1.2.1

Regiones/ciudades escogidas para este estudio en El Salvador

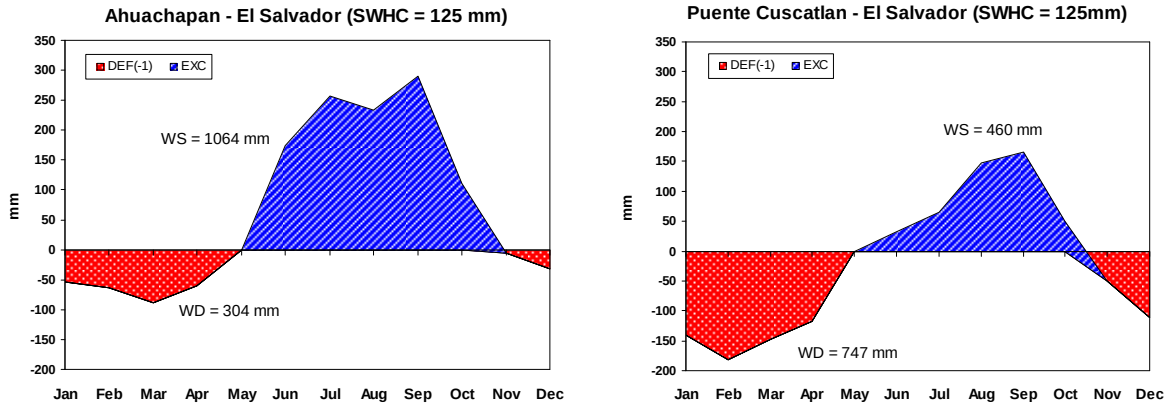
Región/Ciudad	Latitude (grados N)	Longitude(grados W)	Altitud (m)
Ahuachapán	13,93	89,85	725
Puente Cuscatlán	13,60	88,55	20

Esas regiones fueron escogidas en función de sus condiciones climáticas para la producción de la caña de azúcar, conforme fue identificado en la primera fase de este proyecto. De acuerdo con la división por zonas para cultivos, la ciudad de Ahuachapán ofrece mejores condiciones para la producción de la caña de azúcar, teniendo menos deficiencia hídrica (DH) que la región representada por Puente Cuscatlán. Los gráficos del balance hídrico climatológico para cada región (Figura 1.2.1) ejemplifican esas condiciones.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.2.1

Balance hídrico climatológico en Ahuachapán y Puente Cuscatlán en El Salvador, con una capacidad de campo de 125 mm[8]



Para cada región, fueron utilizados datos de temperatura mensual del aire y datos de precipitación para un período de 30 años. Esas informaciones fueron utilizadas para estimativa del balance hídrico secuencial, así como para determinación de la productividad real y potencial de la caña de azúcar[9].

La productividad potencial de la caña de azúcar (Yp) fue determinada por el modelo Agroecológico, a saber:

$$Y_P = PPB_P \,.\, C_{LAI} \,.\, C_R \,.\, C_H \,.\, NDC \,.\, [1 \,/\, (1 - 0{,}01.U\%)]$$

Donde:

- PPB_P es la biomasa total producida por una zafra referencia en 1 ha por día;
- C_{LAI} es la corrección del índice de superfície foliar, que varía de 0 para LAI = 0 para 0.5 para LAI $\geq$ 5;
- C_R es la corrección para parte de la energía consumida por el proceso de respiración (0.5 para Y<20^{0}C);
- C_H es la corrección para el porcentual de la biomasa total cogida (= 0.8);
- NDC es el número de días del ciclo de la zafra, y;

[8] Conforme el modelo Thornthwaite & Mather

[9] De acuerdo con los modelos presentados por Doorenbos y Kassam (1994) y Pereira et al. (2002)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- U% es el contenido de agua en el producto cosechado (=80%).

Se determinó el PPB_P en conformidad con las siguientes ecuaciones:

$$PPB_p = PPB_n + PPB_c$$

$$PPB_n = (31{,}7 + 0{,}219 \,.\, Q_o) \,.\, cTn \,.\, (1 - n/N)$$

$$PPB_c = (107{,}2 + 0{,}36 \,.\, Q_o) \,.\, cTc \,.\, (n/N)$$

Donde:

- PPBn y PPBc son el total de biomasa producida por el cultivo de referencia bajo condiciones de cielo nublado y cielo limpio respectivamente;
- Qo es la radiación solar extraterrestre ($cal.cm^2.day^1$);
- n es la cantidad de horas de luz solar;
- N = fotoperiodo, y;
- cTn y cTc son las correcciones de la influencia de la temperatura en la producción de biomasa en las condiciones de cielo nublado y de cielo limpio, respectivamente.

Esos coeficientes dependen de la temperatura y del cultivo en relación al tipo de metabolismo para fijación del CO_2. Se puede determinar el cTn y la cTc con las siguientes ecuaciones:

a) en días de temperatura promedio (T) <u>> 16.5ºC:</u>

$$cTn = -1{,}064 + 0{,}1730 \,.\, T - 0{,}00290 \,.\, T^2$$

$$cTc = -4{,}160 + 0{,}4325 \,.\, T - 0{,}00725 \,.\, T^2$$

b) en días de temperatura promedio (T) < <u>16.5ºC:</u>

$$cTn = -4{,}16 + 0{,}4325 \,.\, T - 0{,}00725 \,.\, T^2$$

$$cTc = -9{,}32 + 0{,}8650 \,.\, T - 0{,}01450 \,.\, T^2$$

La productividad real de la caña de azúcar (Ya) fue obtenida a través del modelo que considera los efectos de deficiencia hídrica en el proceso de producción de la biomasa. Ese modelo considera que tales efectos son variables durante el ciclo de la zafra y pueden ser medidos por el

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

índice de sensibilidad de la deficiencia hídrica (Ky). Se aplica este modelo en cada fase de la zafra, conforme la siguiente ecuación:

$$Ya = \prod_{i=1}^{m} \left[1 - Ky\left(1 - {ETr}/{ETc}\right)\right] * Yp$$

Donde:

- ETr es la efectiva evapotranspiración del cultivo; y
- ETC es la evapotranspiración del cultivo.

Se determinó la evapotranspiración del cultivo (Etc) por el producto del potencial de evapotranspiración (ETP) y el coeficiente del cultivo (Kc). Se determinó el ETP por el método Thornthwaite modificado por Camargo et al. (1999). Los valores Kc para caña de azúcar fueron extraídos de Allen et al. (1998) – Boletín 56 de la FAO. Se determinó la evapotranspiración efectiva (ETr) por el modelo de balance hídrico del cultivo de Thornthwaite & Mather (1955) para una capacidad de campo de 125 mm.

La Tabla 1.2.2 presenta los valores de Kc y Ky adoptados para determinar el balance hídrico del cultivo y el Ya.

Tabla 1.2.2

Valores de Kc y Ky para caña de azúcar utilizados en este estudio

Edad del Cultivo (Meses)		Kc	Ky
Caña Planta	Caña Raíz		
2	2	0,40	0,75
4	3	0,75	0,75
4	3	1,10	0,75
3	3	1,25	0,50
2	1	0,70	0,10

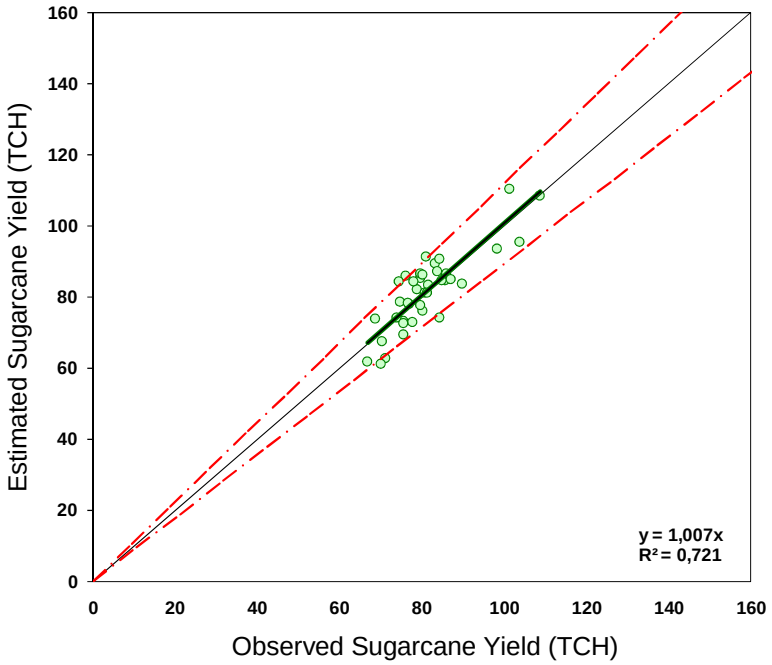
El modelo consideró los siguientes ciclos del cultivo en la simulación: caña planta (promedio de 15 meses) y caña soca (precoz, promedio y tardía, con 12 meses). Para calibración del modelo de cultivo, fueron utilizados datos de rendimiento de las áreas de producción comercial (con una mezcla de variedades brasileñas) en el estado de São Paulo, Brasil, llevándose en consideración

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

los ciclos de caña planta y de caña soca (promedio de 5 cortes). La Figura 1.2.2 presenta un ejemplo del desempeño de ese modelo bajo condiciones anteriormente mencionadas.

Figura 1.2.2

Relación entre los rendimientos de la caña de azúcar observados en Piracicaba, SP y aquellos estimados por el modelo de la FAO[10]



El Yp y el Ya fueron estimados para los 30 años, en relación al clima para todos los ciclos de madurez (caña planta y caña raíz de maduración precose, promedio y tardía). Esas productividades fueron utilizadas en el cálculo de la productividad general, llevándose en consideración el área ocupada por cada tipo de cultivo. En este caso, fueron consideradas las siguientes proporciones de plantío para cada ciclo de madurez: 15% para caña planta, 25% para caña soca de maduración precoz, 39% para caña soca de maduración promedio y 21% para caña soca de maduración tardía.

Se determinaron los efectos de los diferentes niveles de irrigación sobre la productividad de la caña de azúcar, a través de la reducción de la deficiencia hídrica en 20, 40, 50, 60, 80 y 100%. El

[10] Gazzola (2005)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

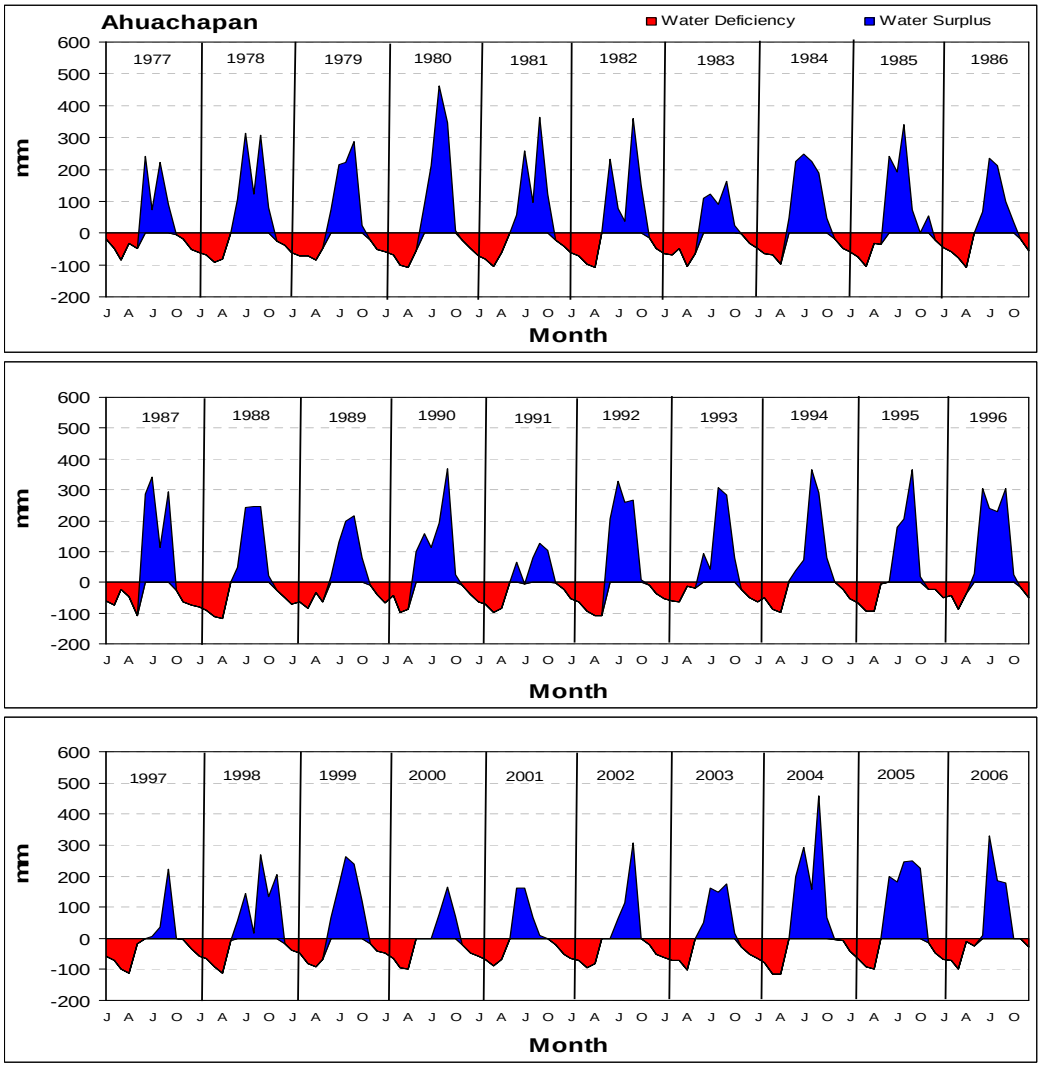
incremento en la productividad fue determinado para cada condición, por la diferencia entre las producciones de las áreas irrigadas (a diferentes niveles) y aquellas no irrigadas.

1.2.1 Variación Climática

La variación climática en cada región analizada por este estudio está ilustrada por los balances hídricos climatológicos secuenciales que están representados en las Figuras 1.2.1.1 y 1.2.1.2, respectivamente en Ahuachapán, Puente Cuscatlán. Esas figuras demuestran la variación interanual e intersazonal de deficiencia hídrica y el exceso hídrico en cada región durante los 30 años analizados.

Figura 1.2.1.1

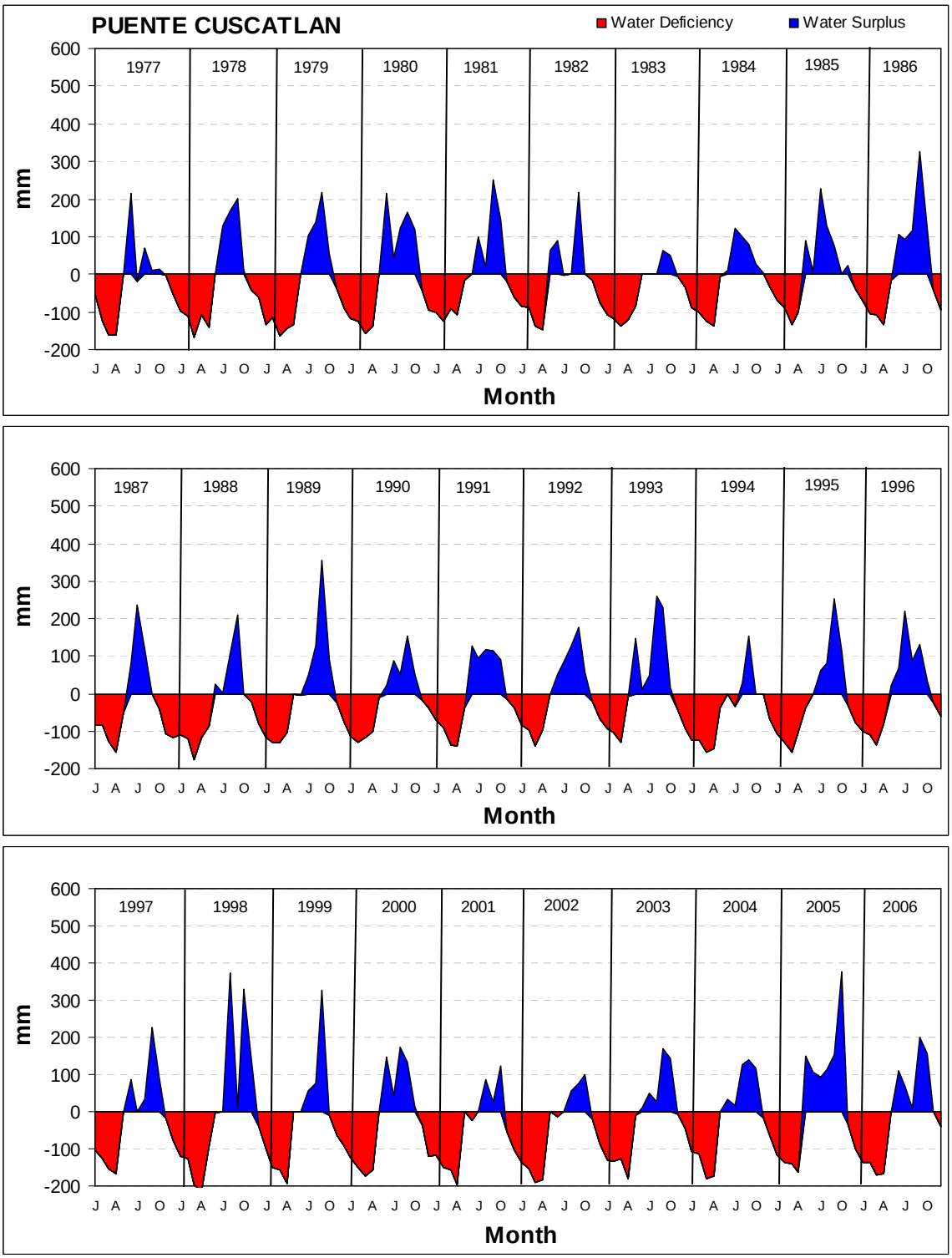
Balance hídrico climatológico secuencial en Ahuachapán, El Salvador, de 1977 a 2006 (SWHC – 125 mm)



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.2.1.2

Balance hídrico climatológico secuencial en Puente Cuscatlán, El Salvador, de 1977 a 2006 (SWHC – 125mm)



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

A través de esas dos figuras es posible observar las diferencias en términos de estándar y variación climática, bien como en relación a las regiones en el mismo país. En **El Salvador**, las estaciones lluviosas y secas son muy bien definidas y de alta intensidad.

La importancia de un estudio como este, está en demostrar las diferencias para que se analicen las condiciones normales (balance hídrico normal) y las condiciones promedio que resultan del balance hídrico secuencial. La Tabla 1.2.1.1 muestra las diferencias entre los valores de la deficiencia hídrica y del exceso hídrico obtenido por los diferentes análisis.

Tabla 1.2.1.1

Deficiencia Hídrica (DH) y Exceso Hídrico (EH) en mm.año^{-1}, obtenidos del balance hídrico normal (BHN) y por el promedio del balance hídrico secuencial (BHS) en Ahuachapán y Puente Cuscatlán en El Salvador

Localidad	Variación	BHN	BHP
Ahuachapán	DH	300	373
	EH	1064	778
Puente Cuscatlán	DH	747	637
	EH	460	485

En la división por zonas tradicional de cultivos, el balance hídrico normal es una herramienta valiosa, no obstante, una planificación mejor del cultivo en determinada región y el balance hídrico secuencial ofrece mucho más detalles en relación a la disponibilidad del agua para el cultivo y la necesidad de irrigación.

Como se verifica, en todos los locales evaluados las deficiencias hídricas son significativas, será siempre necesario algún tipo de irrigación en un determinado momento del ciclo del cultivo. Puente Cuscatlán es una región donde la irrigación parece ser esencial para se obtener altos niveles de productividad; la deficiencia hídrica de esta localidad esta en aproximadamente de 640 mm.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

1.2.2 Productividad Potencial y Real de la Caña de azúcar como Resultado de la Variación Climática

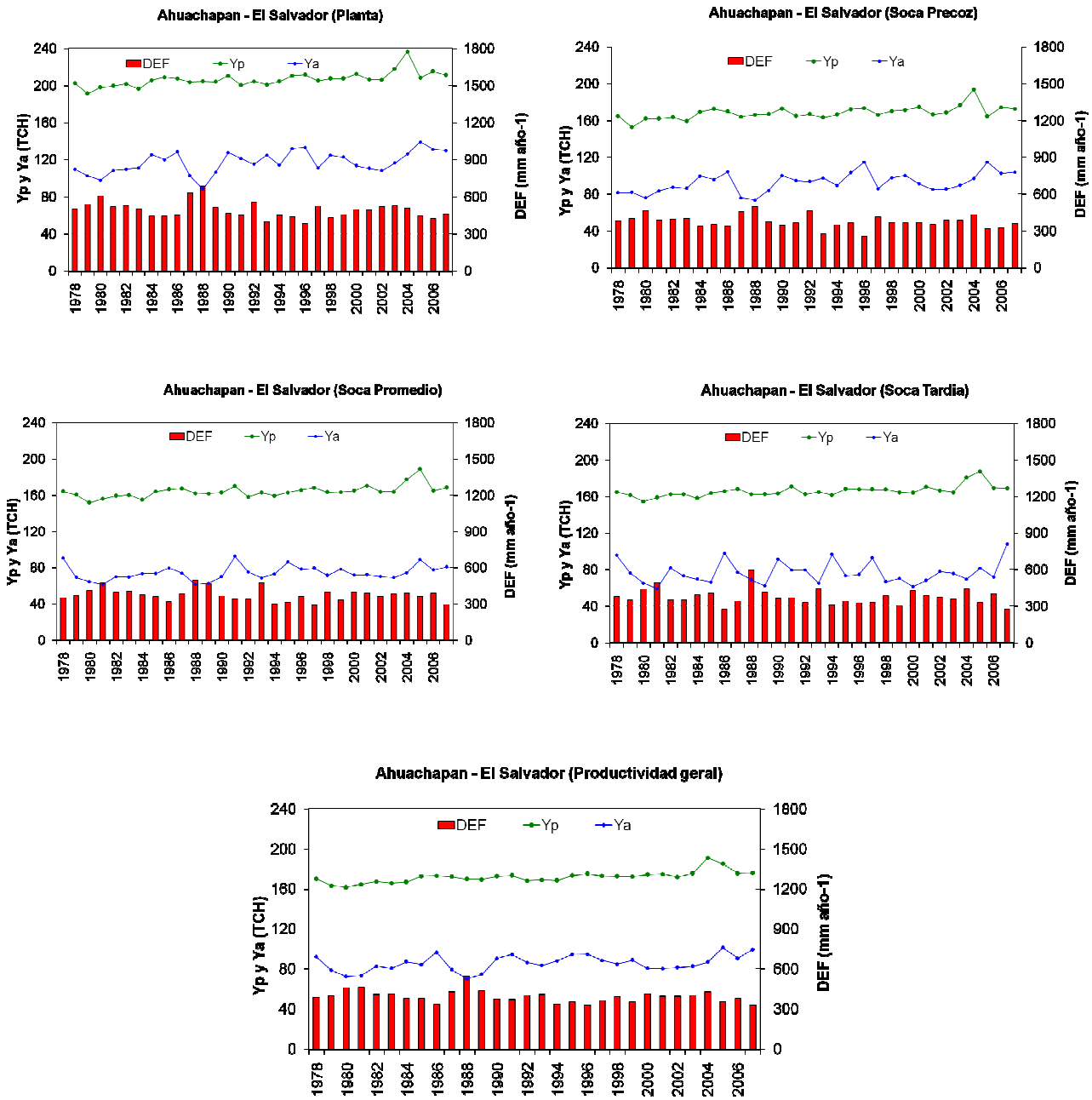
Las productividades potenciales y reales de la caña de azúcar fueron calculadas por tipo de ciclo de madurez del cultivo utilizando el modelo de la FAO. Los siguientes gráficos (Figuras 1.2.2.1 e 1.2.2.2) presentan la variación interanual de Yp, Ya y DEF durante el ciclo de cultivo de cada grupo de maduración.

El Yp de la caña de azúcar en **El Salvador** es un poco más elevado en Ahuachapán, con una productividad promedio general de 178 TCH contra 170 TCH encontrado en Puente Cuscatlán (Figuras 1.2.2.1 e 1.2.2.2 y Tabla 1.2.2.1). Al se considerar las deficiencias hídricas, la diferencia de Ya entre esas dos localidades aumenta, una vez que la DEF afecta la productividad negativamente. En Ahuachapán el Ya atinge 85 TCH contra 73 TCH en Puente Cuscatlán. Considerando las dos localidades, el promedio del Ya gira alrededor de 79 TCH, el que representa de manera general, el promedio de productividad observada (81 TCH), conforme publicación de la FAOSTAT (2007), para un período de 30 años. Esto indica que el manejo del cultivo de la caña de azúcar no irrigada e **El Salvador** esta hecho de manera satisfactoria.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.2.2.1

Deficiencia hídrica durante el ciclo (DEF) y productividad potencial (Yp) y real (Ya) estimadas por el modelo FAO para los diferentes ciclos de madurez del cultivo de la caña de azúcar (caña planta, caña soca precoce, soca promedia, soca tardía) en Ahuachapán El Salvador, durante el período de 1977 a 2006



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 1.2.2.1

Productividad potencial (Yp) y real (Ya) de la caña de azúcar en Ahuachapán y Puente Cuscatlán en El Salvador en los diferentes ciclos de madurez del cultivo de la caña de azúcar (caña planta, caña soca precoz, soca promedio, soca tardía), durante el período de 1977-2006.

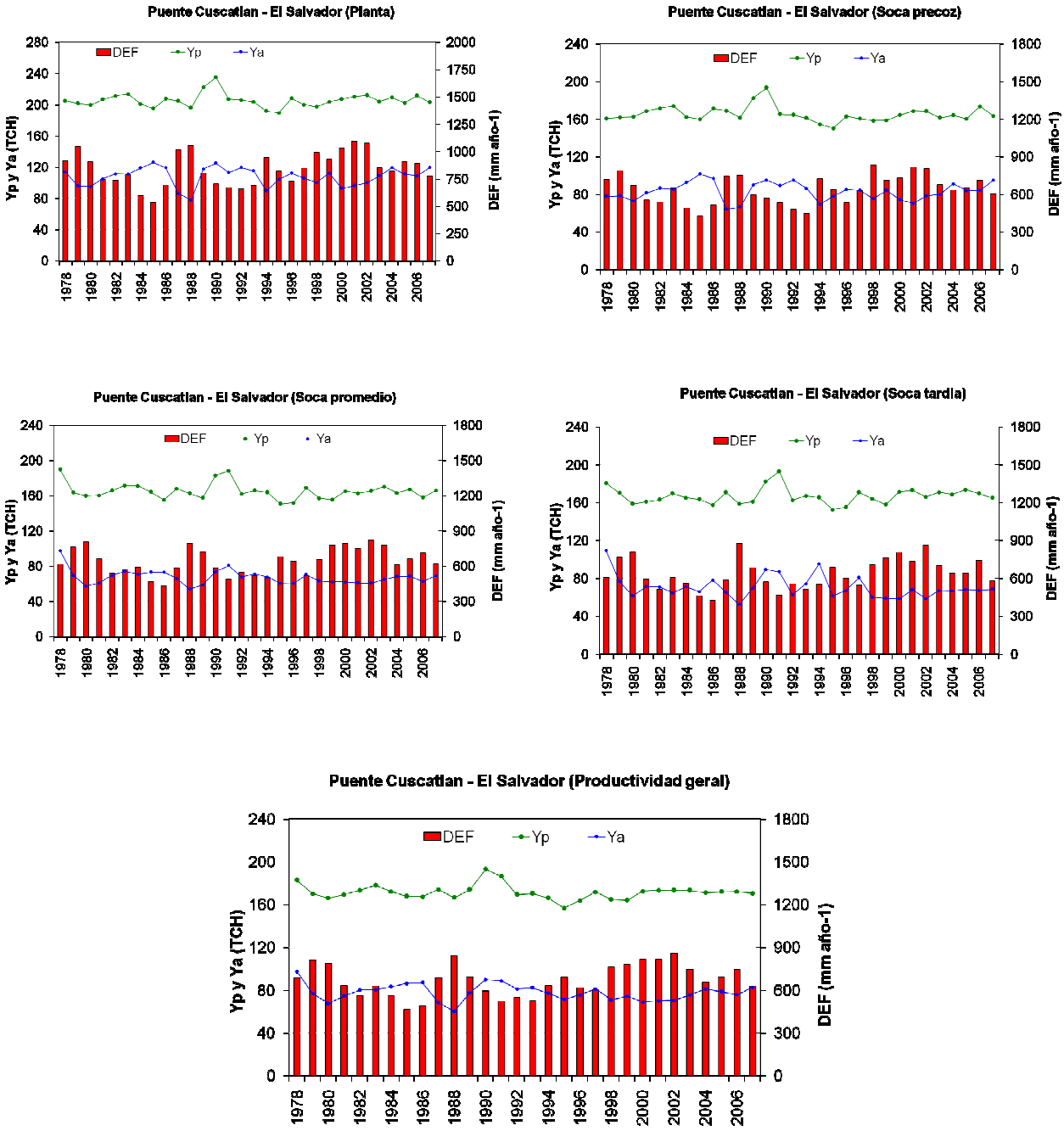
	Ahuachapán		Puente Cuscatlán	
	Yp	Ya	Yp	Ya
	(TCH)*			
Caña Planta	215	121	195	102
Caña Soca Precoz	174	95	165	83
Caña Soca Promedio	170	73	165	63
Caña Soca Tardía	171	71	167	62
Cultivo general	178	85	170	73

*Toneladas de caña por hectárea

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 1.2.2.2

Deficiencia hídrica durante el ciclo (DEF) y productividad potencial (Yp) y real (Ya) estimados por el modelo FAO para los diferentes ciclos de madurez del cultivo de la caña de azúcar (caña planta, caña soca precoz, soca promedio, soca tardía) en Puente Cuscatlán El Salvador, durante el período de 1977-2006

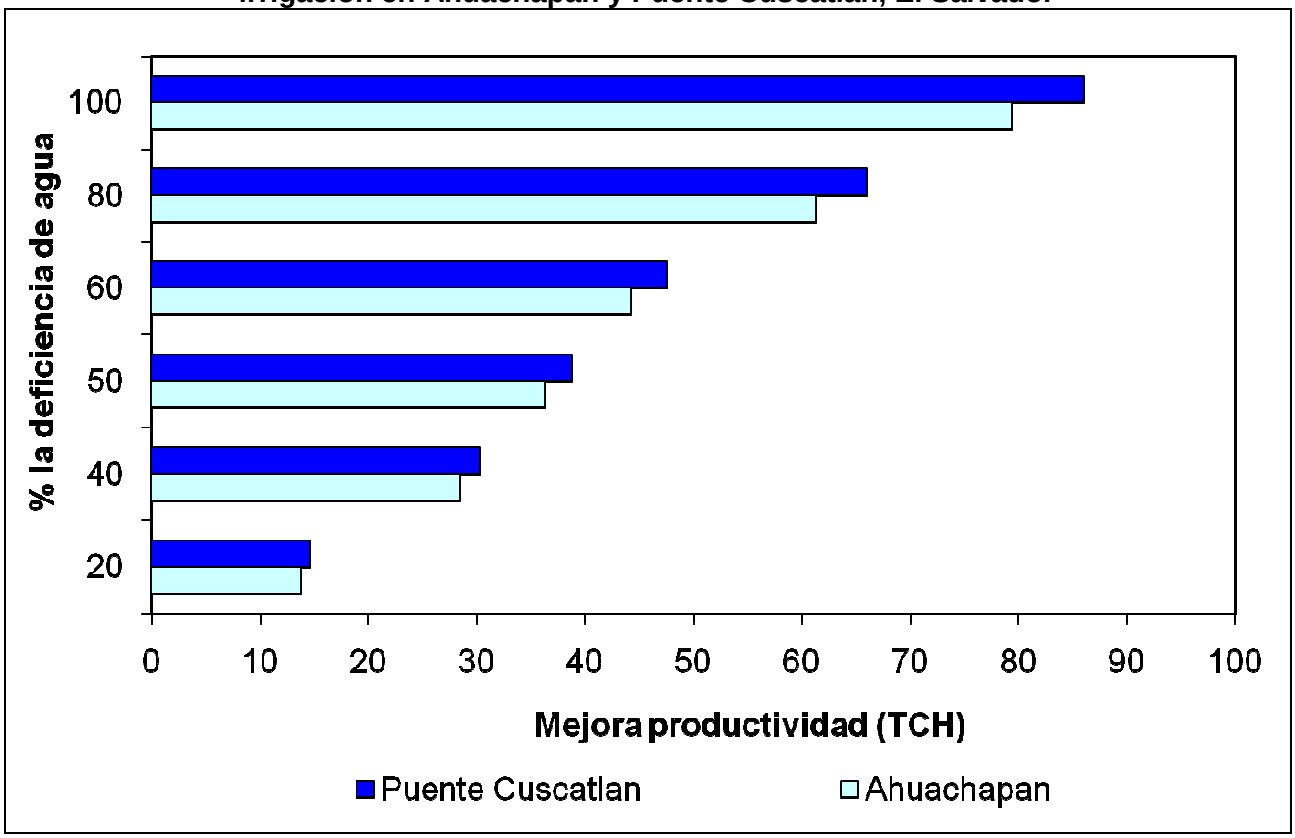


Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

1.2.3 Efectos de la Irrigación en la Mejora de la Productividad de la Caña de azúcar

El Modelo FAO también fue empleado para estimarse el impacto de la irrigación en la mejora de la productividad de la caña de azúcar, calculado en todos los ciclos de maduración. Considerándose la proporción de cada tipo de madurez en el área, la mejora da productividad fue significativa en **El Salvador**, lo que es bien razonable se consideramos que ese país presenta deficiencias hídricas más intensas y regulares. (Figura 1.2.3.1 y Tabla 1.2.3.1). Con relación a la mejora de la productividad, no hay diferencia significativa entre ambas las localidades en **El Salvador**. La reducción de 20% da DEF por irrigación resultó en un aumento de productividad de aproximadamente 15 TCH, en cuanto que con reducción de 100% de DEF, el aumento resultó en más de 85 TCH (Figura 1.2.3.1 y Tabla 1.2.3.1).

Figura 1.2.3.1
Comparación de la mejora de productividad de la caña de azúcar en diferentes niveles de irrigación en Ahuachapán y Puente Cuscatlán, El Salvador



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 1.2.3.1

Comparación de la mejora de productividad de la caña de azúcar en diferentes niveles de irrigación en Ahuachapán y Puente Cuscatlán

El Salvador

Nivel de Irrigación (%DEF)	El Salvador	
	Ahuachapán	P.Cuscatlán
	(TCH)*	
20	14.5	14.7
40	30.2	30.9
50	38.5	39.5
60	47.2	48.5
80	65.4	67.6
100	85.0	88.2

*Toneladas de caña por hectárea

La Tabla 1.2.3.2 presenta la necesidad de agua en diferentes niveles de irrigación en cada localidad. Puente Cuscatlán es el local con mayor necesidad de irrigación, 670 mm de irrigación plena y Ahuachapán con 393 mm. Como en la mayoria de los casos, la irrigación plena es un sistema muy difícil, se puede considerar la irrigación complementar (40, 50, 60 y 80% de DEF) o hasta mismo irrigación de salvamento (20% de la DEF), como parte del manejo del cultivo de la caña de azúcar en esas áreas, para mantener la productividad más estable en el transcurso de los años, principalmente en localidades donde la disponibilidad de agua en el suelo es muy baja durante el período inicial de establecimiento de la caña soca.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 1.2.3.2

Necesidad de agua en el cultivo de la caña de azúcar en cada nivel de irrigación en Ahuachapán y Puente Cuscatlán, El Salvador.

Nivel de Irrigación (%DEF)	El Salvador	
	Ahuachapán	P.Cuscatlán
	mm. ciclo^{-1}	
20	78.6	133.9
40	157.3	267.9
50	196.6	334.8
60	235.9	401.8
80	314.6	535.8
100	393.2	669.7

Bajo condiciones de no irrigación, las localidades analizadas presentaron valores razonables de productividad real que variaron de 73 a 85 TCH. No obstante, esas productividades pueden ser incrementadas considerablemente si la irrigación fuese debidamente aplicada. Para una sustitución de 20% de la DEF, el incremento de la productividad en **El Salvador** es de 15 TCH, un aumento de casi 40 TCH para 50% de la DEF y para más de 85 TCH para 100% da DEF.

Aún considerando los beneficios de la irrigación en la productividad de la caña de azúcar, este estudio apenas sugiere la viabilidad agronómica de esta práctica. Para probar que la irrigación es económicamente viable, la información contenida en este informe debe ser considerada en un análisis económico, teniéndose en mente el costo de la irrigación (fijo y variable), además del precio de la tonelada de caña de azúcar.

1.3 Recomendación de Variedades Apropiadas

Actualmente, existe una diversidad de variedades de caña de azúcar cultivadas en **El Salvador**. Ellas son divididas en variedades precoz, promedio y tardía, siendo que la mezcla de esas clases es el principal problema enfrentado en los cañaverales, afectando la maduración de la caña y el tenor de azúcar.

Las plantas de caña así como otros cultivos presentan necesidades fisiológicas específicas para cada variedad, por eso la mezcla de variedades en una misma área no responde de forma

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

homogénea, con características diferentes para altitudes, humedad del suelo, resistencia a plagas y enfermedades entre otras variables. Las condiciones específicas de cada región donde se pretende cultivar la caña es que determinan la adaptación de la variedad de modo que si la región estuviera apta para recibir determinada variedad es esperada mayor productividad potencial.

En **El Salvador** son cultivadas alrededor de 87 variedades, con destaque para la CP-72-2086, PR-1013 y PINDAR. Durante zafra 2002/2003, esas tres variedades representaron 68% del área cultivada con caña. La PINDAR es la que presentó mayor productividad promedio con 106 $t.ha^{-1}$. Aunque esa sea la variedad de mayor productividad, la variedad CP-72-2086 es la más recomendada por los técnicos azucareros, que se destaca pela versatilidad de maduración, floración y adaptación a suelos con poca fertilidad.

1.3.1 Requisitos de las Variedades

- **CP-72-2086:** deberá ser cultivada en latosuelo rojo arcilloso con textura arcillosa húmeda en áreas con 0-600 metros de altitud. Dentro de esas consideraciones, la variedad puede ser cultivada en los 14 departamentos del país, principalmente por adaptarse en áreas no mecanizables. Las mayores áreas cultivadas con la variedad se encuentran en los departamentos de La Paz y San Vicente. Otras áreas que presentan facilidad de adaptación para la variedad con potencial lucro de productividad son: Cabañas, Sonsonate, Cuscatlán y Ahuachapan;

- **PR-1013:** se adapta mejor en latosuelos rojos arcillosos, aluviales con texturas francas secas con 200-600 metros de altitud. Mejores resultados de productividad para la variedad pueden ser obtenidos si se cultiva en los departamentos de La Paz, San Salvador y parte de San Vicente, regiones con predominancia de suelos aluviales;

- **PINDAR:** esta variedad se adapta mejor en regosuelo con textura franca seca, en altitudes entre 0-600 msnm. Las mejores regiones para adaptabilidad quedan en los departamentos de Ahuachapan, Sonsonate, La Paz, San Vicente, Usulutan y La Unión. Las mayores productividades para la variedad son obtenidas en los departamentos de La Paz y San Vicente donde hay presencia de suelos aluviales, andisuelos y litosuelos, con altitud entre 0-100 metros.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

La mezcla de variedades dentro de la misma área es una situación que merece destaque y necesita soluciones inmediatas. Esto se debe además de otros factores, al hecho de que el productor no tiene conocimiento técnico sobre las variedades, lo que impide la identificación correcta durante el plantío. Delante de esa situación hay mezcla de variedades precoces, promedio y tardías en una misma área. Son plantas con diferentes etapas de maduración, requisitos fisiológicos y resistencia a enfermedades y plagas, lo que refleja en pérdidas de productividad y vulnerabilidad a la infestación de plagas y enfermedades.

Una sugerencia para la reducción de mezcla de variedades es la contratación de mano de obra especializada en variedades durante el plantío o mismo la práctica del *rouging*. El *rouging* es una actividad que tiene como objetivo la separación de variedades y plantas con enfermedades dentro de una determinada área, de manera que eliminadas no perjudiquen al resto del cañaveral.

Como puede ser observado, la caña de azúcar puede ser cultivada en los 14 departamentos de **El Salvador**, desde que sean observados los requisitos para cada variedad. Actualmente, no se cultiva en los departamentos de Morazán y La Unión, porque presentan como factor limitante la distancia de los ingenios en operación.

Cada variedad de caña cultivada en el país presenta requisitos específicos para suelo y clima, que si respetados pueden potencializar la productividad. De acuerdo con Ayala et al. (2004), menos de 30% del área con caña del país tiene la correcta relación entre variedad, clima y suelo, lo que reduce la productividad de cada variedad.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2. Recomendación de Proyectos

A través de los análisis realizados en el Módulo I y basado en los datos proporcionados por la compilación y profundización de datos realizados en el Módulo II, fue posible la recomendación de proyectos de biocombustibles para **El Salvador**. De esa manera se recomiendan proyectos para la producción de etanol y biodiesel. Además de estos proyectos, fueron hechas consideraciones a respecto de inversiones en el sector de Investigación y Desarrollo.

- Etanol – Usulután. El área agrícola considerada para el proyecto posee las coordenadas centrales: 13°22'17" Norte y 88°31'52" Oeste. La pl anificación agrícola, definición de inversiones, costos operativos agrícolas e industriales, así como el análisis financiero del proyecto, fueron realizados considerando la molienda anual de 2.000.000 de toneladas de caña de azúcar, y producción de 170.000 m^3 etanol anhidro. Fue adoptada la premisa de compra de caña de proveedores, para atender 100 % de la necesidad de molienda de la unidad industrial.

- Biodiesel: El proyecto de producción de biodiesel fue elaborado considerando la compra de aceite vegetal a ser producido por una cooperativa formada por productores agrícolas. En el escenario considerado, la cooperativa posee la unidad de trituración de granos, que negocia la venta de aceite vegetal para la fábrica de biodiesel. Fueron adoptadas dos especies vegetales para la producción de aceite vegetal: *Jatropha curcas* y Girasol (*Helianthus annus L.*). En el escenario desarrollado, la producción de Girasol es realizada en áreas de rotación de caña de azúcar del proyecto idealizado para Usulután, totalizando 5 mil hectáreas de producción.

  La producción de *Jatropha curcas* será realizada en área apta agronómicamente, en la provincia de Calle Nueva, próxima a San Miguel de aproximadamente 5 mil hectáreas.

- Investigación y Desarrollo: De modo a tornar competitivos los proyectos de biocombustibles considerados, se recomiendan también inversiones en investigación y desarrollo. En líneas generales, pueden proveer el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, mayores rendimientos agrícolas y industriales, técnicas de manejo específicas para las necesidades de las localidades consideradas en los proyectos.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

La Investigación y Desarrollo son de gran importancia para el establecimiento de proyectos de biodiesel que utilicen *Jatropha curcas* como materia prima principal. A pesar de nativa de América Central y Caribe, la especie todavía no fue totalmente domesticada, no existiendo variedad comercial. Tal hecho constituye riesgo para la explotación comercial da *Jatropha curcas,* debido a la falta de conocimiento de tratos culturales ideales, así como una fuente de material genético certificado.

La estructura básica requerida para efectuar el desarrollo del sector, así como las inversiones necesarias están contenidas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

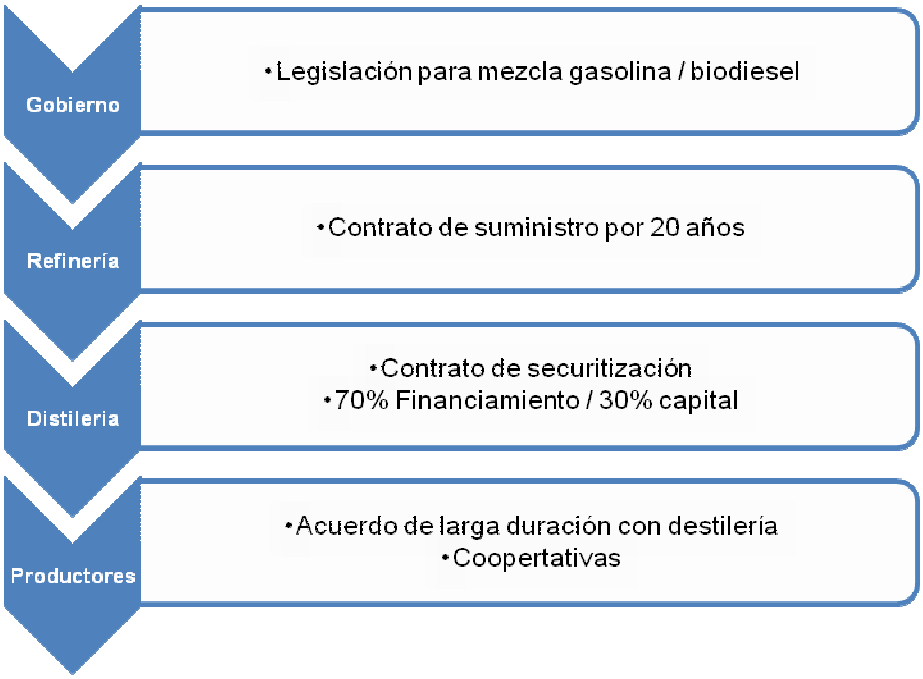
Inversiones en Investigación y Desarrollo (US$)	
Caña de azúcar & *Jatropha curcas*	4.000.000
Viveros	2.000.000
Campos de Germoplasma	200.000

Se hace necesario resaltar que el desarrollo de la agroenergía en **El Salvador**, así como los demás países de América Central y Caribe, solo acontecerá de una manera sostenible y económicamente viable si todos los sectores involucrados en el proceso actúan de forma conjunta y armoniosa (Figura 2.1), involucrando los ámbitos públicos y privados, incluyéndose la combinación de políticas públicas, acciones empresariales y cooperativas.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1

Sectores involucrados en la producción de biocomustibles.



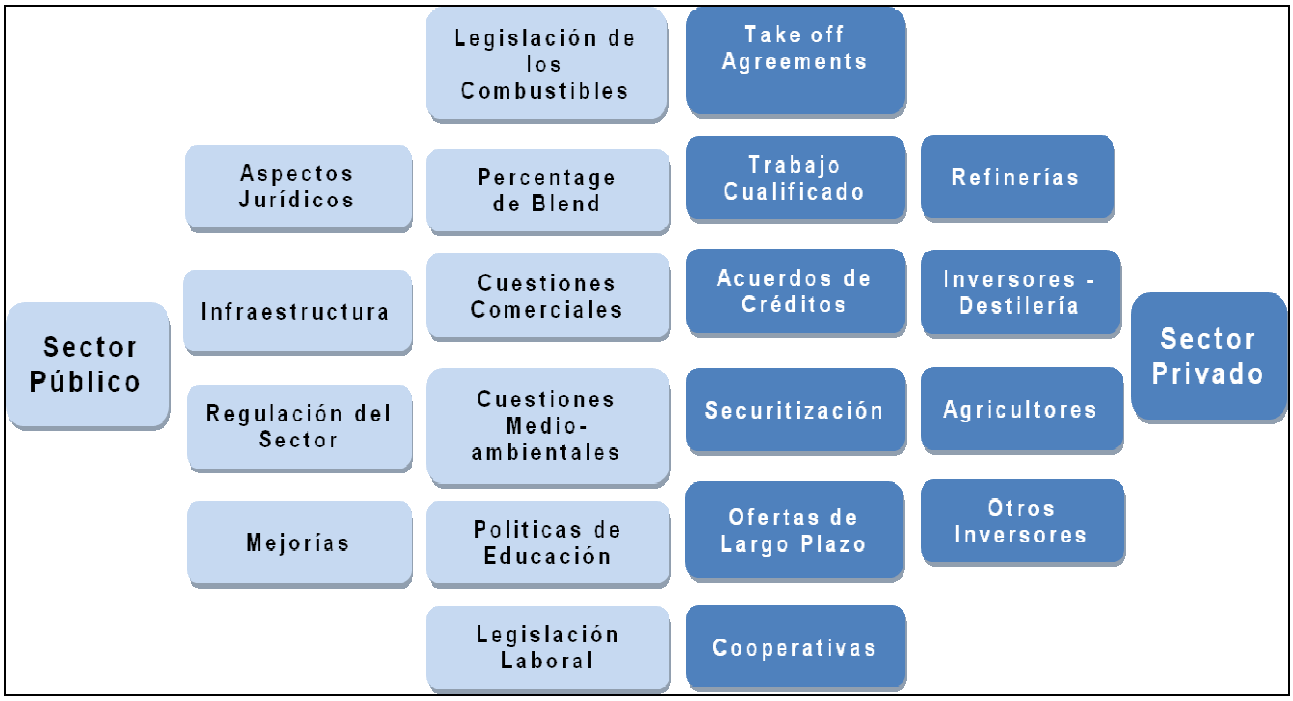
Le cabe al sector público la reglamentación del sector bioenergético, estableciendo reglas y la obligatoriedad del *blend*. Al sector agrícola le cabe el abastecimiento de materia prima con cantidad y calidad estipulada en contratos. Del sector privado son esperadas inversiones, provistas en parte por el sector financiero y organizaciones privadas. Se hace necesario, también, la justa remuneración del productor rural, permitiendo distribución de renta aliada al desarrollo social.

La Figura 2.2 que sigue apunta otros aspectos relevantes, destacándose el papel de los actores públicos y privados. Se debe entender que ambos sectores son de fundamental importancia para el desarrollo de las inversiones recomendadas, desde el agricultor, pasando por el envolvimiento de la iniciativa privada y bajo el aval del ente regulador, y sus diferentes instancias de actuación.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.2

Actores y Aspectos Involucrados en el Proceso de Inversiones en Biocombustibles



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1 Etanol

2.1.1 Análisis Agrícola

2.1.1.1 Estimativa de Área Inicial Necesária para Multiplicación de Mudas

Para la planificación y formación de los viveros de mudas de una unidad productora, es necesario considerar y conocer un conjunto de factores:

- Estimativa de la demanda de materia prima a ser provista para la unidad industrial - pues esa está relacionada con la capacidad instalada de la unidad.

- Calificación de los diversos ambientes de producción dentro de la unidad productora - lo que encaminará la adecuada ubicación varietal, determinando no solamente qué genotipo a ser plantado, sino también influenciando la longevidad del cañaveral y los porcentuales del área para reforma, actuando como una herramienta para la definición del perfil de las variedades que serán introducidas en los viveros.

- Ubicación del vivero - que deberá ser montado con preferencia en las mejores áreas, atendidas por irrigación, y lo más próximo posible del área de plantío en escala comercial, lo que reduce costos de transporte.

A partir del primer factor considerado y la planificación del vivero de mudas, con la estimativa de demanda de materia prima para la planta industrial de 2 millones de toneladas anuales, se dimensionaron áreas de vivero conforme su necesidad (Tabla 2.1.1.1.1).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.1.1.1

Estimativa de las áreas de vivero para el plantío (producción)

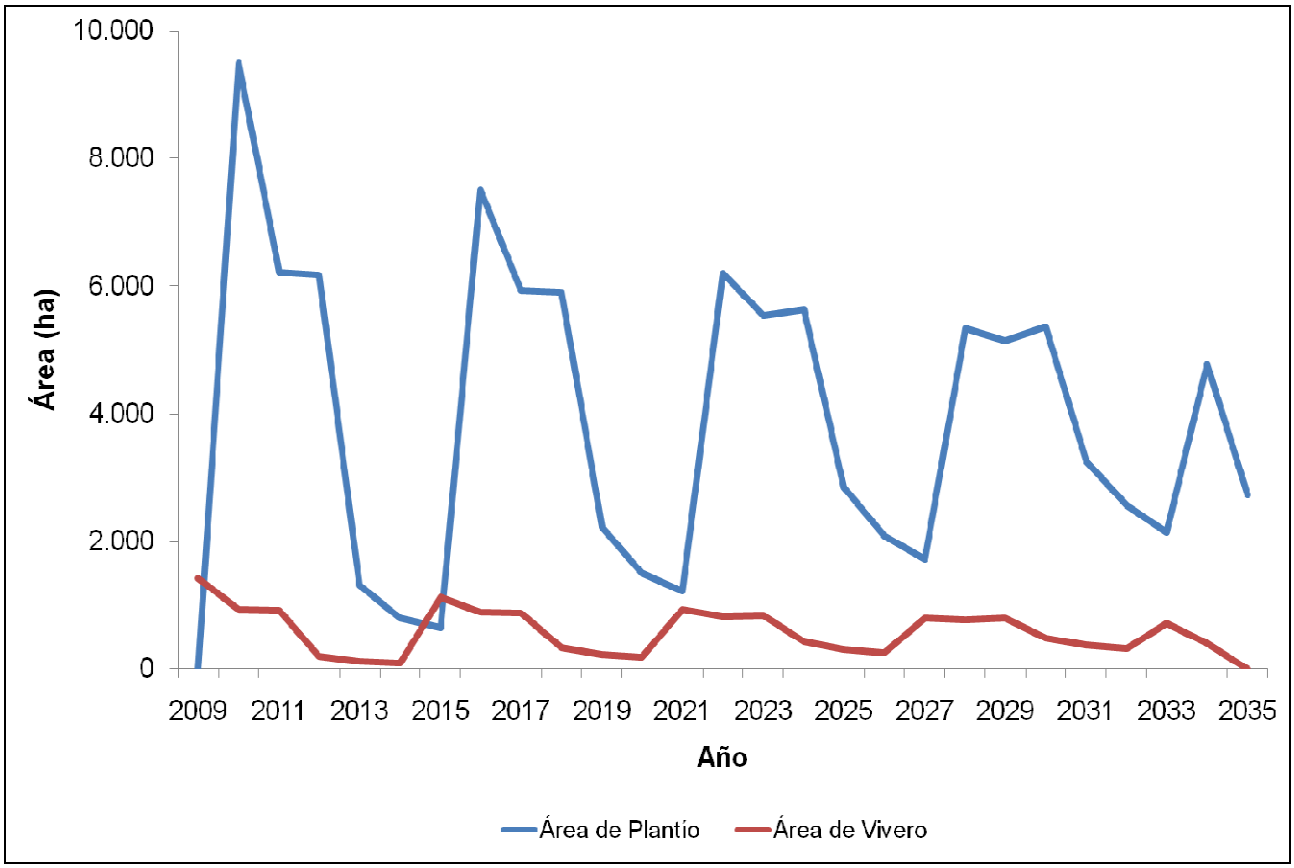
Año	Área de Vivero (ha)	Área de Plantío – Producción (ha)
2009	1.422	-
2010	933	9.482
2011	925	6.219
2012	197	6.169
2013	120	1.312
2014	98	799
2015	1.126	652
2016	889	7.508
2017	885	5.927
2018	334	5.899
2019	225	2.224
2020	183	1.499
2021	929	1.223
2022	830	6.194
2023	844	5.531
2024	427	5.625
2025	313	2.845
2026	258	2.085
2027	800	1.717
2028	770	5.331
2029	803	5.135
2030	488	5.353
2031	384	3.256
2032	321	2.559
2033	716	2.140
2034	409	4.773

En los primeros años de implantación del proyecto y también al comienzo de nuevos ciclos de los cañaverales (grandes áreas en reforma), es observada una mayor necesidad de áreas para vivero y plantío, con la finalidad de alcanzar los valores predeterminados de toneladas de caña de azúcar para molienda (Figura 2.1.1.1.1). En la secuencia, las demandas por vivero y plantío se tornan menores, justificadas por una estabilización de la oferta de producción de las áreas agrícolas.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.1.1.1

Necesidad de áreas de vivero y plantío (producción) a lo largo del horizonte de planificación



2.1.1.2 Definición de los Sistemas de Plantío

Los principales sistemas de plantío adoptados en el cultivo de la caña de azúcar son la preparación convencional del suelo, cultivo mínimo y plantío directo.

La preparación convencional consiste en la realización de operaciones sucesivas de manera que se obtenga un terreno apto para o plantío da caña. Dentro de las operaciones son considerados: gradeados pesados, gradeado medio, gradeado nivelador, arado y subsuelado.

El cultivo mínimo significa preparación mínima del suelo para plantío, técnica que minimiza la cantidad de trabajo aplicado al suelo para su revuelta. Puede ser compuesto de las siguientes operaciones: eliminación química de los restos de cultivos, sistematización del terreno, distribución de correctivos en la superficie, subsuelado (cuando necesario). La adopción de ese sistema debe

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

estar asociada al uso de productos químicos como auxiliares en la destrucción de restos de cultivos y plantas dañinas.

En el sistema de plantío directo, la siembra es realizada en suelo que no fue revuelto, donde el control de las plantas dañinas es realizado a través de la aplicación de herbicidas. Se recomiendan dos aplicaciones de herbicidas que deben presentar sistema desecante y residual. Una tercera pulverización con herbicida pos-emergente controla las plantas dañinas que eventualmente emergen después de la siembra. Ese sistema de plantío es sólido para cultivos de granos. En los cultivos de cañaverales todavía hay resistencia para ese sistema de plantío, siendo gradualmente adoptado en usinas que se utilizan del cultivo de granos (soja) para rotación del cultivo de la caña.

La adopción de otros sistemas de plantío (reducido y directo) elimina algunas operaciones realizadas en el sistema convencional como, por ejemplo, la de subsuelado que consiste en la desagregación del suelo a una profundidad entre 0,20-0,40 m. Con la necesidad de conservación del medio ambiente (suelo y agua), la práctica de nuevos modelos para la preparación del suelo se hace necesaria, y en el cultivo de caña de azúcar cuando aplicada la rotación de cultivos, caña – soja y girasol – caña, ha presentado resultados satisfactorios.

2.1.1.3 Épocas de Plantío

La definición de la época de plantío está relacionada con la necesidad industrial de materia prima. Siendo así, se realiza la planificación del plantío en función de la planificación de molienda industrial, de manera que el área agrícola de la empresa satisfaga las necesidades de la industria, o sea, que no falte materia prima para molienda durante los meses de zafra.

Frente a estas consideraciones, surgen los plantíos extemporáneos, que son realizados en épocas distintas de los tradicionales plantíos. Los tradicionales plantíos son denominados de plantío de año (12 meses) realizados durante el inicio de la estación lluviosa y plantío de año y medio (18 meses) realizados al final de la estación lluviosa. Actualmente, algunas unidades productoras adoptan el plantío extemporáneo, realizado en el final del otoño, que necesita la aplicación de torta de filtro (con elevado porcentual de agua), en el fondo de los surcos de plantío condicionando la humedad en el suelo.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Dentro del proyecto propuesto en este trabajo con la instalación de la usina de etanol en la región de Usulután, la caña de año y medio debe ser plantada durante los meses de octubre y noviembre, siendo cosechada en los meses de abril y mayo del segundo año después del plantío, completando 18 meses de ciclo.

El plantío en esa época presenta condiciones de humedad y temperatura que garantizarán el brote. El brote es rápido, evitando perjuicios por ataque de enfermedad (principalmente hongos), garantizando un desarrollo suficiente por parte aérea y sistema radicular para que la planta enfrente el período seco del invierno. Con la entrada de la nueva estación lluviosa junio-julio, el cañaveral estará en condiciones de reiniciar su desarrollo vegetativo. Los tratos de cultivo pueden reflejar mejor eficiencia, teniendo en vista que durante los meses de invierno hay una disminución en la brotación de las plantas dañinas, favoreciendo el crecimiento de la caña sin competición con plantas invasoras.
En la elección del plantío para caña de año, el mismo deberá ser realizado durante los meses de junio y julio.

La elección del plantío de caña de año debe ser una práctica de uso restricto, necesitando:

- Suelos con mayor fertilidad: la producción depende de desarrollo rápido;
- Exige preparación de suelo rápido después de la cosecha;
- Período de plantío favorable al desarrollo al rápido crecimiento de plantas dañinas, por tanto, necesita de mayores cuidados para su control.

2.1.1.4 Logística de Corte, Cargamento y Transporte (CCT)

La operación de CCT (corte, cargamento y transporte) es una de las más impactantes en el costo de producción de la industria de cañaveral, muchas veces alcanza 30% del costo de producción. En este estudio, se adoptó como premisa el sistema de cosecha mecanizada en toda el área. El sistema mecanizado es caracterizado por utilizar cortadoras de diversos tipos o cosechadora de caña entera con subsistema de carga mecánico. Otra maquina utilizada es la cosechadora de caña picada, que promueve las operaciones de corte, picar, limpiar y cargar la caña

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

simultáneamente. De una forma general, los sistemas de cosecha de caña son identificados por la manera que la caña es entregada a la usina (entera o picada).

El periodo de molienda esta definido por razones climáticas. El primer factor es el tenor de sacarosa que aumenta en recurrencia de la disponibilidad hídrica. Otro aspecto es relativo a la operación de cosecha, que puede agravar la compactación del suelo y el dilaceramiento de raíces debido al movimiento de las máquinas en el campo. Otro factor son interrupciones constantes en las operaciones de cosecha y transporte motivadas por el agua de las lluvias. Ese factor puede afectar los plazos de entrega de la caña en la industria, disminuir la confiabilidad del CCT además de aumentar el tenor de impurezas presas a los colmos, motivada con la elevación de la humedad del suelo.

Con relación al presente estudio, las operaciones de corte, cargamento y transporte fueron dimensionadas para un radio de recolección de caña de 20 km de las instalaciones de la usina. Así que iniciada la zafra, la actividad de molienda debe ser continuada, siendo lo mismo para el abastecimiento de caña en la industria, visto que los costos provenientes de la interrupción en la molienda son elevados y disminuyen a eficiencia industrial.

Después del corte y lo cargamento, es realizado el trasbordo. El trasbordo es un implemento que posee un recipiente, anexado al tractor, que posee pistones hidráulicos que permiten realizar la transferencia de la caña recibida de la cosechadora para los camiones. De esa forma, no hay necesidad de entrada de los camiones en el área de cosecha, reduciendo la ocurrencia de compactación del suelo.

Para el proyecto con capacidad para moler 2 millones de toneladas, en la realización de la cosecha mecánica con la adopción del sistema bate y vuelta, son necesarias 11 cosechadoras, 10 conjuntos mecanizados para el cargamento y 20 para el transporte de la caña. Siendo así, las inversiones en la mecanización del CCT son de alrededor de US$ 7,6 millones. El costo operativo está calculado en función de la mano de obra necesaria para la realización de las actividades, variando año a año, en razón del área cosechada.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.1.4.1. Equipos de Transporte

Actualmente, en Brasil, las composiciones del transporte de caña más comunes son el "*Truck*", el acoplado tipo "Romeo y Julieta", el "Triacoplado" y el "Rodotren". Además de esas composiciones, son usados semiremolques y camiones com acoplado de reserva en sistema de "ida y vuelta", a fin de aumentar la eficiencia de las operaciones en el campo y en la usina.

Los camiones de caña picada permanecen estacionados en un área conocida como playón, en donde reciben la caña traída por los trasbordos remolcados por tractores. Los trasbordos, a través de su sistema hidráulico, elevan su carrocería, lo que permite la transferencia de su carga para los camiones. Después de la transferencia, los tractores se dirigen a las cosechadoras, en el interior del área de cosecha, para nueva operación de carga.

2.1.1.5 Ventajas y Desventajas de Cosecha Mecanizada

La cosecha mecanizada presenta ventajas y desventajas con relación al método tradicional (cosecha manual). De modo general, con relación a los puntos positivos de la mecanización, la cosecha mecanizada proporciona mayor rendimiento operativo, puede ser realizada durante 24 horas, no presenta los efectos poluidores de las "quemadas", así como no proporciona reducciones en los tenores de sacarosa y lesiones, que tornan susceptibles cuanto al ataque de microorganismos. La mecanización de la cosecha proporciona además un mantenimiento elevado de la materia orgánica, así como permite un mayor desarrollo de la micro biota del suelo.

Con relación a las desventajas de la cosecha mecanizada, se destacan los problemas sociales causados por la sustitución de la mano de obra destinada a la cosecha manual de los cañaverales (una cosechadora sustituye a 80 trabajadores por día). Estudios sobre mecanización en la cosecha de caña de azúcar indican que los sistemas mecanizados son ventajosos económicamente en relación a la cosecha manual en áreas con productividades superiores a 50 toneladas por hectárea. En ese contexto, cuando se trabaja con diversos cortes en una misma área, el manejo del cultivo debe ser realizado de manera que se obtengan productividades elevadas en todos los cortes programados.

Altos costos de adquisición de máquinas inviabilizan la adopción por pequeños y medianos productores, y regiones con topografia accidentada inviabilizan muchas veces su utilización.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Delante de esas consideraciones, en regiones en donde el cultivo de la caña (industrial) es realizado en pequeñas propiedades, se recomienda la formación de cooperativas. Con la asociación de diversos agricultores, es posible la adquisición de cosechadoras mecánicas que, delante de una programación de cosecha, pueden ser utilizadas en las tierras de todos los asociados, con beneficios citados anteriormente.

Figura 2.1.1.5.1.

Cosechadoras de caña picada y sistemas de trasbordo.

2.1.1.6 Análisis Económico Agrícola

Los recursos necesarios para la producción de etanol a partir de la caña de azúcar fueron divididos en dos grupos: Infraestructura y Recursos Humanos.

El primer grupo involucra a la infraestructura básica requerida, las máquinas motrices, y equipamientos utilizados en el proceso productivo. El segundo fue dirigido a la definición de

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

equipos de trabajo, con la consideración de la división de la empresa en los sectores administrativo, agrícola.

2.1.1.6.1. Recursos Humanos

Los recursos humanos fueron analizados conforme el requerimiento para la realización de las tareas, en el área agrícola, considerándose los niveles de calificación. También fue considerado el sector agrícola para satisfacer las necesidades de la prestación de servicios para los productores locales y manejo de los viveros. De esa forma, los dispendios anuales gastados con mano de obra agrícola oscilan en función de las cantidades variables de áreas a ser trabajadas a lo largo de los años.

Tabla 2.1.1.6.1.1

Salarios del área agrícola, según la calificación definida

Función	Salarios Mensuales + Encargos (US$.mes^{-1})	Desembolso Anual (US$.año^{-1})
Ingeniero Agrónomo	2.231,43	26.777,10
Técnico Agrícola	765,06	9.180,72
Operador de Máquinas	701,31	8.415,66
Auxiliar de Operación	446,29	5.355,42
Chofer de Camión	701,31	8.415,66

2.1.1.6.2. Máquinas, Implementos Agrícolas y Equipamientos Motores

Las máquinas agrícolas representan la viabilización de sistemas de producción y una cuota significativa en la composición de los costos. Para el cálculo del requerimiento de máquinas, es necesaria la presentación de conceptos insertados en el estudio y la metodología utilizada. El dimensionamiento operativo y económico de sistemas mecanizados fue realizado considerándose la visualización del ritmo operativo, tiempo disponible, número de máquinas y costos asociados a sistemas mecanizados.

- Ritmo operativo

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

El ritmo operativo fue definido por Mialhe (1974) a través de la razón entre el área a ser trabajada y el tiempo disponible para su realización, ec. (01).

$$RO = \frac{At}{TD} \tag{1}$$

en que:

- *RO:* ritmo operativo (ha.h^{-1});
- *At:* área de la propiedad agrícola (ha);
- *TD:* tiempo disponible para la realización de la operación agrícola (h).

El cálculo del tiempo disponible, presentado por Mialhe (1974) y adaptado por Milan (2004), está presentado en la ec. (02).

$$TD = \{[Nt - (Ndf + Ndui)] * (Jt * EFG)\} \tag{2}$$

en que:

- *TD = tiempo disponible en cada operación agrícola (h);*
- *Nt = número de días contenido en el período determinado para la realización de la operación, en unidades;*
- *Ndf = número de domingos y feriados, cuando respetados, existentes en el período, en unidades;*
- *Ndui = número de días hábiles impropios para el trabajo de las máquinas, en unidades;*
- *Jt = jornada de trabajo en la propiedad (h);*
- *EFG = eficiencia de administración o administrativa, en decimal.*

La eficiencia de administración fue colocada en el cálculo del tiempo disponible para la realización de las operaciones agrícolas, según el concepto presentado por Milan (2004). De acuerdo con el autor, las empresas agrícolas pueden entender la eficiencia de administración como un factor de corrección para la jornada de trabajo, pues se considera que existan pérdidas relativas a fallas administrativas, descritas por el autor como “atrasos en la entrega de insumos o en las reparaciones de las máquinas, tiempo desperdiciado por los operadores y errores en la

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

destinación de máquinas". Se destaca, por lo tanto, que esas fallas no son atribuidas a las máquinas agrícolas.

El tiempo disponible utilizado en el estudio fue calculado de acuerdo con la disponibilidad de tiempo para las operaciones agrícolas, de acuerdo con las informaciones climáticas de días útiles impropios (Mialhe, 1974) y la jornada de trabajo de la empresa, esta mostrado en la Tabla 2.1.1.6.2.1.

Tabla 2.1.1.6.2.1

Gráfico de Gantt para el cálculo del tiempo disponnible para la realización de las tareas

OPERACIÓN		JORNADA DE TRABAJO (h.día^{-1})	ENE				FEB				...	NOV				DEC				TOTAL (h)
Preparación	Desecamiento	8	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1					684
	Roza Mecánica	12					1	1	1	1										1.566
	Construcción de Caminos	8	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1.212
Manejo del Suelo	Construcción de Terrazas	8	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1.212
	Subsuelado	8										1	1	1	1					1.056
	Calado	8										1	1	1	1					1.056
	Gradeado Arador	16										1	1	1	1					2.112
	Gradeado Nivelador	16										1	1	1	1					2.112
Plantío	Sulcación y Adubación	10	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1					960
	Transporte/Plantío	10	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1					960
Adubación Cobertura	Primera Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
	Segunda Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
	Tercera Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
Defensivos	Primera Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
	Segunda Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
	Tercera Aplicación	12										1	1	1	1	1	1			1.170
Cosecha Mecanizada	Cosecha/Cargamento	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1.575
	DÍAS IMPROPRIOS		2	1	1	1	1	1	1	0	...	2	3	4	4	2	2	2	2	*115*
	TIEMPO DISPONIBLE (DÍAS)		5	7	7	7	6	6	6	7	...	5	5	3	4	5	6	6	6	*250*

- Número de conjuntos

El número de conjuntos mecanizados, tractor-implemento, es calculado de acuerdo con la ec. (03).

$$NC = \frac{RO}{CcO} \tag{3}$$

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

en que:

- *NC:* número de conjuntos, unidades;
- *RO:* ritmo operativo (ha.h^{-1});
- *CcO:* capacidad de campo operativo (ha.h^{-1});

Según ASAE (1999) y Molin; Milan (2002) las máquinas agrícolas presentan un costo horario total, CHT, dividido en fijo y variable. El costo horario total (CHT) está caracterizado a través de la sumatoria de los costos fijos y variables, de acuerdo con la ec. (04).

$$CHT = CFh + CVh \tag{4}$$

en que:

- *CHT: costo horario total (R$.h^{-1});*
- *CFh: costo fijo horario (R$.h^{-1});*
- *CVh: costo variable horario (R$.h^{-1}).*

El costo fijo horario, CFh, del sistema mecanizado agrícola es presentado en la ec. (05).

$$CFh = \frac{Vi * \left[(1 - Vf) + \left(\frac{1 + Vf}{2} \right) * i + AST \right]}{\left(\frac{Vuh}{Vua} \right)} \tag{5}$$

en que:

- *CFh: costo fijo horario (R$.h^{-1});*
- *Vi: valor inicial del sistema mecanizado (R$);*
- *Vf: valor final del sistema mecanizado, en decimal;*
- *i: tasa de intereses, en decimal;*
- *AST: alojamiento, seguros y tasas, en decimal;*
- *Vuh: vida útil del sistema mecanizado (h);*
- *Vua: vida útil del sistema mecanizado, en años.*

El costo variable horario, CVh, presentado por el sistema mecanizado es calculado de acuerdo con la ec. (06).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

$$CVh = CHC + \left[FRM * \left(\frac{Vi}{Vuh} \right) \right] \quad (6)$$

en que:

- *CVh: costo variable horario (R$.h-1);*
- *CHC: costo horario del combustiblel (R$.h-1);*
- *FRM: factor de reparaciones y mantenimiento, en decimal;*
- *Vi: valor inicial del sistema mecanizado (R$);*
- *Vuh: vida útil del sistema mecanizado (h).*

De acuerdo con Molin; Milan (2002), tratándose de motores diesel empleados en la maquinaria agrícola, una estimativa de consumo de combustible es obtenida basada en datos promedio con la finalidad de preveerse su costo. Una de esas maneras puede ser realizada por medio de ecuaciones para máquinas motrices equipadas con motores de ciclo Diesel, visualizada en las ec. (07) y ec. (08).

$$Ccb = 0{,}163 * PM \quad (7)$$

en que:

- *Ccb: consumo de combustible (L.h^{-1});*
- *0,163: factor para motores diesel (L.kW-1 .h^{-1});*
- *PM: potencia neta del motor (kW).*

El costo horario del combustible es calculado según el precio del litro del combustible, ec. (07).

$$CHC = Ccb * PL \quad (8)$$

en que:

- *CHC: costo horario del combustible (R$.h-1);*
- *PL: precio del combustible (R$.L-1).*

Milan (2004) define el costo operativo como la relación entre el costo horario del equipamiento o conjunto y su capacidad de trabajo, ec. (09).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

$$COp = \frac{CHT}{CcO} \quad (9)$$

en que:

- *COp: costo operativo (R$.ha^{-1});*
- *CHT: costo horario total del sistema mecanizado (R$.h^{-1});*
- *CcO: capacidad de campo operativo del sistema mecanizado (ha.h^{-1}).*

2.1.1.6.3. Dimensionamiento de Máquinas

La Tabla 2.1.1.6.3.1 visualiza el dimensionamiento de máquinas e implementos agrícolas para la producción de etanol a partir de la caña de azúcar en **El Salvador**, presentando las máquinas a ser utilizadas, los costos simulados, horarios, operaciones y mano de obra requerida (operador y auxiliares).

El corte, cargamento y transporte, operaciones auxiliares en el plantío y aplicaciones de productos fitosanitarios serán realizados por la destilería. Luego, la posibilidad de la selección de máquinas, implementos y equipamientos, bien como la necesidad de mano de obra, es de fundamental importancia en el suceso del emprendimiento.

Los costos operativos del sistema mecanizado son calculados por unidad área trabajada (US$.ha^{-1}), ya para el transporte de la producción es utilizado el indicador de costo por tonelada de caña de azúcar transportada hasta la usina.

Las demás operaciones mecanizadas, con destaque para la preparación del suelo y demás manejos de vegetación de cobertura, son requeridas en las áreas de vivero de la destilería, para la producción de mudas para los productores rurales locales.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.1.6.3.1

Dimensionamiento, operativo y económico de sistemas mecanizados en el proceso de producción.

		Valor Inicial (US$)			Desempeño Operativo y Económico					Mano de obra	
OPERACIÓN MECANIZADA		Motriz	Traccionada	Potencia (cv)	Capacidad Oper ($ha.h^{-1}$)	Costo Fijo ($US\$.h^{-1}$)	Costo Variable ($US\$.h^{-1}$)	Costo Horario ($US\$.h^{-1}$)	Costo Operativo ($US\$.ha^{-1}$)	Operadores	Auxiliares
Preparación Inicial del Área	Desecamiento	41.872,00	29.000,00	85,00	6,63	11,58	36,32	**36,32**	**5,48**	**1**	**1**
	Roza Mecánica	40.500,00	6.540,50	75,00	0,83	7,74	30,88	**30,88**	**37,07**	**1**	**1**
	Construcción de caminos	100.000,00		240,00	1,12	16,50	96,17	**96,17**	**85,86**	**1**	**0**
Manejo Del Suelo	Construcción de Terrazas	40.500,00	9.532,00	75,00	3,70	7,96	30,99	**30,99**	**8,38**	**1**	**0**
	Subsuelado	76.000,00	2.445,00	180,00	1,12	12,87	70,89	**70,89**	**63,29**	**1**	**0**
	Calado	40.500,00	5.687,50	75,00	5,04	7,60	30,81	**30,81**	**6,11**	**1**	**0**
	Gradeado Arador	76.000,00	9.047,00	180,00	1,28	13,75	71,33	**71,33**	**55,83**	**1**	**0**
	Gradeado Nivelador	41.872,00	8.478,50	85,00	2,10	8,05	34,56	**34,56**	**16,46**	**1**	**0**
Plantío	Surcado y adobado	76.000,00	4.925,00	180,00	0,84	13,20	71,05	**71,05**	**84,59**	**1**	**2**
	Transporte/Plantío	50.000,00		180,00	17,63	0,41	1,93	**1,93**	**25,09**	**1**	**8**
Logística de Tableros	Transporte de Insumos	40.500,00	2.100,00	75,00	15,00	6,96	30,49	**30,49**	**2,03**	**1**	**1**
Adubo de Cobertura	Fertilizante a Lanza	40.500,00	5.687,50	75,00	5,04	7,60	30,81	**30,81**	**6,11**	**1**	**1**
Aplicación de Defensivos	Herbicidas	41.872,00	29.000,00	85,00	6,63	11,58	36,32	**36,32**	**5,48**	**1**	**1**
Corte, Carga	Cosecha Mecanizada	400.000,00		300,00	0,72	132,00	201,21	**201,21**	**279,46**	**1**	**0**
	Carga	76.000,00	60.000,00	180,00	0,42	20,59	74,73	**74,73**	**177,92**	**1**	**0**

		Motora	Poténcia (cv)	Carga Efectiva (t)	Tiempo Viaje (h)	Tiempo de Ciclo (h)	Capacidad Efectiva ($t.h^{-1}$)	Costo Horario ($US\$.km^{-1}$)	Costo Operativa ($US\$.t^{-1}$)	Operadores	Auxiliares
Transporte	Transporte Externo	125.000,00	240,00	51,00	0,57	0,74	68,65	**2,34**	**1,19**	**1**	**1**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

A partir de las máquinas seleccionadas y de las áreas a ser trabajadas según la planificación operativa, se obtienen las inversiones anuales para la mecanización de las áreas agrícolas para la prestación de servicios y manejo de los viveros, conforme es mostrado en la Tabla 2.1.1.6.3.2.

Tabla 2.1.1.6.3.2

Inversiones anuales en máquinas, implementos y otros equipamientos para las operaciones mecanizadas registradas

Dimensionamiento Anual de los Sistemas Mecanizados – Inversión Anual (US$)								
OPERACIÓN		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Preparación Inicial	Desecamiento	70.872,00	-	-	-	-	-	-
	Roza Mecánica	94.081,00	-	-	-	-	-	-
	Construcción de Caminos	200.000,00	-	-	-	-	-	-
	Construcción de Terrazas	50.032,00	-	-	-	-	-	-
Preparación del Suelo	Subsuelado	156.890,00	-	-	-	-	-	-
	Calado	46.187,50	-	-	-	-	-	-
	Gradeado Arador	85.047,00	-	-	-	-	-	-
	Gradeado Nivelador	50.350,50	-	-	-	-	-	-
Implantación	Surcación y adobación	161.850,00	-	-	-	-	-	-
	Transporte/Plantío	50.000,00	-	-	-	-	-	-
Vinaza	Irrigación de Salvamento	5.586.888,70	3.934.458,98	3.279.513,37	1.612.297,53	949.115,69	2.149.892,81	1.692.759,80
Logística Interna	Transporte de Insumos	42.600,00	-	-	-	-	-	-
Adubación de Cobertura	Fertilizante a Lanza	46.187,50	-	-	-	-	-	-
Aplicación de Defensivos	Herbicidas	70.872,00	-	-	-	-	-	-
CCT	Cosecha Mecanizada	0,00	5.200.000,00	-	-	-	-	-
	Transporte Externo	0,00	1.376.470,59	-	-	-	-	-
	Cargamento	0,00	2.992.000,00	-	-	-	-	-
Inversiones Totales (US$.ano^{-1})		**6.711.858,20**	**13.502.929,57**	**3.279.513,37**	**1.612.297,53**	**949.115,69**	**2.149.892,81**	**1.692.759,80**

Para la realización del dimensionamiento, operativo y económico, de sistemas mecanizados, fueron utilizados indicadores específicos para las operaciones mecanizadas, extraidos de ASAE (1999) y visualizados en la Tabla 2.1.1.6.3.3.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.1.6.3.3.

Indicadores de la mecanización para el dimensionamento operativa y económico.

Equipamientos	Vida Útil (años)	Valor Residual (% VI*)	Factor de Reparos y Mantenimiento (% VI*)	Tiempo de Trabajo Promedio ($h.año^{-1}$)
Tractores	10,00	0,25	100,00	1.000,00
Cosechadoras	10,00	0,25	120,00	500,00
Motoniveladora	10,00	0,25	120,00	1.000,00
Surcador Adobador	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Trasbordos	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Distribuidor a Lanza	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Pulverizador	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Subsuelador	10,00	0,35	80,00	1.200,00
Gradeado	10,00	0,35	80,00	1.200,00
Terraceador	10,00	0,35	80,00	1.200,00
Rozadora	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Acoplados Traccionados	10,00	0,35	80,00	1.200,00
Lámina Delantera	10,00	0,35	80,00	1.200,00
Guinche	10,00	0,35	80,00	1.000,00
Camiones**	10,00	0,25	100,00	50.000,00

Otros Indicadores	
Intereses Anuales (%)	7,75
Alojamiento y Seguros (% VI)	1,50
Valor del Combustible ($US\$.L^{-1}$)	1,05

* Porcentaje del Valor Inicial (VI)

** Para camiones se considera $km.año^{-1}$

Para camiones, las ecuaciones para cuantificar sus costos consideran el kilómetro recorrido anualmente y a lo largo de la vida útil. Para las demás máquinas y equipamientos, se utilizan las horas trabajadas. Cuanto mayor la utilización de las máquinas y equipamientos motores, menor será su costo para la empresa, debido a la dilución de costos fijos y ausencia de ociosidad.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.1.6.4. Factores de Producción - Insumos

En la tabla 2.1.1.6.4.1, se visualizan los costos agrícolas de producción a lo largo de los cortes del cañaveral.

Tabla 2.1.1.6.4.1

Costo de producción agrícola de la caña de azúcar por unidad de área y corte

Descrición	Especificación	Valor unid.	Cana planta		1° corte		2° corte		3° corte		4° corte		5° corte		6° corte	
			Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})	Cant.	Valor (US$.ha^{-1})
A - La depreciación de la fundación																
Subtotal A																
B - Operación mecánica																
Disecación	Conjunto mecanizado	35,74		5,39												
Roza mecánica	Conjunto mecanizado	30,74		36,91												
Cosntrución de caminos	Conjunto mecanizado	94,17		84,08												
Construción de terrazas	Motoleveler	30,83		8,34		8,34		8,34		8,34		8,34		8,34		8,34
Subsuelado	Conjunto mecanizado	70,85		63,26												
Calado	Conjunto mecanizado	30,69		6,09												
Gradeado	Conjunto mecanizado	71,18		55,72												
Gradeado nivelador	Conjunto mecanizado	34,42		16,39												
Sulcación y adubación	Conjunto mecanizado	70,97		84,49												
Transporte y plantio	Conjunto mecanizado	1,88		24,44												
Transporte de insumos	Conjunto mecanizado	30,46		2,03		2,03		2,03		2,03		2,03		2,03		2,03
Adubación de cobertura	Conjunto mecanizado	30,69		6,09		6,09		6,09		6,09		6,09		6,09		6,09
Herbicidas	Conjunto mecanizado	35,74		5,39		5,39		5,39		5,39		5,39		5,39		5,39
Aplicación de vinaza	Hidro Holl	75,00			0,68	51,00	0,68	51,00	0,68	51,00	0,68	51,00	0,68	51,00	0,68	51,00
Applicación aérea de madurador	US$.ha^{-1}	20,00			0,03	0,60	0,03	0,60	0,03	0,60	0,03	0,60	0,03	0,60	0,03	0,60
Transporte de persona	US$.ha^{-1}	0,12	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02
Transporte de insumos	Conjunto mecanizado	15,10	0,02	0,30	0,30	4,53	0,30	4,53	0,30	4,53	0,30	4,53	0,30	4,53	0,30	4,53
Suministro de agua	Camión	0,12	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,02
Manutención de cosecha	Camión	0,20	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03
Operación triplice	Conjunto mecanizado	35,43			1,50	53,15	1,50	53,15	1,50	53,15	1,50	53,15	1,50	53,15	1,50	53,15
Subtotal B				398,97		131,18		131,18		131,18		131,18		131,18		131,18
C - Operación manual																
Locación de terraza	Horas topográficas	10,00	1,10	26,10												0,00
Muestra de suelo	Horas topográficas	20,00	0,05	1,50												0,00
Corta fuegos	Hombre día	20,00			0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00
Quema	Hombre día	15,00			0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50	0,10	1,50
Inspector de campo	Hombre día	30,00	0,02	1,00	0,02	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60
Roza mecánica	Hombre día	7,20	0,63	18,90												
Roza repase	Hombre día	15,00	2,70	81,00	0,60	9,00	0,60	9,00	0,60	9,00	0,30	4,50	0,30	4,50	0,30	4,50
Plantio	Hombre día	15,00	11,80	177,00												
Auditoría de plantio	Hombre día	30,00	0,03	1,98												
Auditoría de cosecha	Hombre día	30,00			0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90
Pré análisis de caña	Hombre día	25,40			0,01	0,25	0,01	0,25	0,01	0,25	0,01	0,25	0,01	0,25	0,01	0,25
Auditoría de vinaza	Hombre día	30,00			0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90
Auditoría de cultivo	Hombre día	30,00			0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90
Lucha formiga	Hombre día	15,00	0,50	15,00	0,50	7,50	0,50	7,50	0,50	7,50	0,50	7,50	0,50	7,50	0,50	7,50
Equipo de entomología	Equipo	12,00	1,00	22,00	1,00	12,00	1,00	12,00	1,00	12,00	1,00	12,00	1,00	12,00	1,00	12,00
Subtotal C				344,48		39,55		39,55		39,55		35,05		35,05		35,05
D - Insumos																
Fertilizante de cana planta	US$.t^{-1}	300,00	0,50	150,00												
Fertilizante de cana soca	US$.t^{-1}	300,00			0,50	150,00	0,50	150,00	0,50	150,00	0,50	150,00	0,50	150,00	0,50	150,00
Calcáreo	US$.t^{-1}	20,00	2,00	40,00					1,50	30,00						
Disecación después de plantio	US$.L^{-1}	3,80	2,00	7,60												
Defensivos de cana planta	US$.L^{-1}	21,00	2,00	42,00												
Defensivos de cana soca	US$.L^{-1}	154,00			0,37	56,98	0,37	56,98	0,37	56,98	0,37	56,98	0,37	56,98	0,37	56,98
Roza mecánica	US$.L^{-1}	14,00	1,50	21,00	1,50	21,00	1,50	21,00	1,50	21,00	1,50	21,00	1,50	21,00	1,50	21,00
Inseticidas	US$.Kg^{-1}	310,00	0,25	77,50												
Nematicida	US$.L^{-1}	16,00	0,00	0,00												
Madurador	US$.Kg^{-1}	1.068,00			0,02	21,36	0,02	21,36	0,02	21,36	0,02	21,36	0,02	21,36	0,02	21,36
Semillero proprio		38,00	12,00	456,00												
Subtotal D				794,10		249,34		249,34		279,34		249,34		249,34		249,34
E - Administración																
Mano de obra administración	US$.ha^{-1}	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	136,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00
Asistencia técnica	US$.ha^{-1}	15,00	1,00	15,00	1,00	15,00	1,00	29,40	1,00	15,00	1,00	15,00	1,00	15,00	1,00	15,00
Contabilidad / Oficina	US$.ha^{-1}	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	8,40	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00
Energía/Teléfono	US$.ha^{-1}	16,10	1,00	16,10	1,00	16,10	1,00	28,80	1,00	16,10	1,00	16,10	1,00	16,10	1,00	16,10
Construcción	US$.ha^{-1}	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	9,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	4,00
Fiscales	% Receita	2,85%	100%		1,00	0,03	1,00	117,50	1,00	0,03	1,00	92,50	1,00	105,50	1,00	0,03
Subtotal E				99,10		99,13		329,10		99,13		191,60		204,60		99,13
Total Costo (US$.ha^{-1})				**1.636,65**		**519,21**		**749,18**		**549,21**		**607,18**		**620,18**		**514,71**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Los insumos utilizados en el proceso productivo, como adubos, insecticidas, herbicidas, funguicidas y semillas, y su costo total de uso fueron obtenidos considerándose los criterios agronómicos conocidos.

2.1.2 Análisis Industrial

2.1.2.1 Lista de Principales Equipamientos

La Figura 2.1.2.1.1 presenta, resumidamente, el diagrama de flujo de la producción de alcohol, desde el recibimiento de la caña de azúcar en la usina hasta el proceso de destilación del mosto. Al mismo tiempo, la Figura 2.1.2.1.2 exibe el proceso de generación de energía eléctrica a partir del vapor, bien como la captación y distribución del agua y su posterior tratamiento.

Figura 2.1.2.1.1

Diagrama de Flujo de la fabricación de alcohol

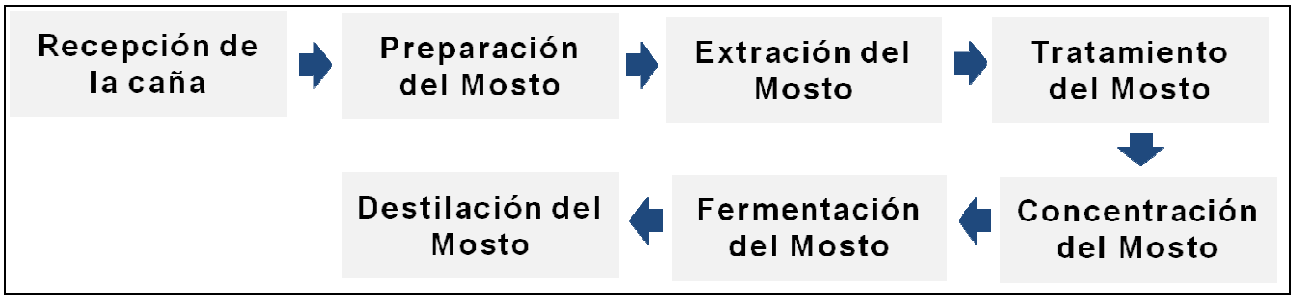
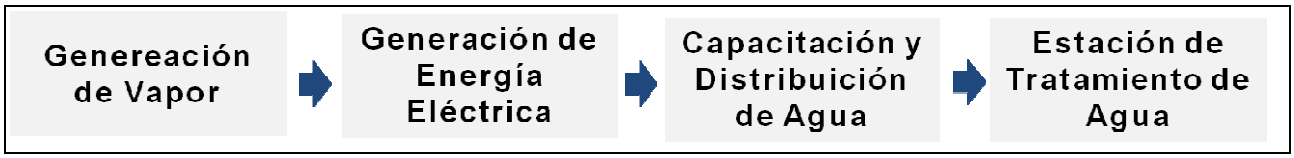


Figura 2.1.2.1.2

Cogeneración y tratamiento de efluentes



Para la realización de las operaciones industriales inherentes a la producción de alcohol y producción de energía, citadas arriba, se hace necesario el uso de los siguientes equipamientos:

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Recepción de la caña:**
  - Balanza;
  - Muestreador;
  - Laboratorio.

- **Preparación de la caña:**
  - Sistema de lavado para caña a seco;
  - Desfibrador;
  - Separador magnético (electroimán).

- **Extracción del mosto:**
  - Moliendas;
  - Cintas transportadoras;
  - Filtro para mosto mixto;
  - Tanque para mosto mixto.

- **Tratamiento del mosto:**
  - Tanque para dilución de leche de cal;
  - Clareador continuo de mosto;
  - Tanques para mosto clareado;
  - Filtros rotativos;
  - Sistema de transporte de bagazo.

- **Concentración del mosto:**
  - Preevaporadores de mosto;
  - Tanques para mosto concentrado;

- **Fermentación del mosto:**
  - Filtros para vino;
  - Prefermentadores;
  - Tanque pulmón de ácidos;
  - Tanque pulmón de antiespumante;

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Centrífugas;
- Tinas de fermentación;
- Cambiadores de calor.

- **Torre de lavado de CO_2 y recuperación de alcohol.**

- **Destilación del mosto:**
  - Columnas de destilación de vino;
  - Columnas de depuración de vino;
  - Columnas de rectificación de flemas;
  - Calentadores;
  - Condensadores;
  - Columnas de concentración;
  - Recuperador de calor de vinaza;
  - Recuperador de calor de vino;
  - Enfriador de alcohol;
  - Lavador-decantador de aceite fúsel;
  - Tanques pulmón para colecta de restilo.

- **Deshidratación de alcohol:**
  - Calentador de alcohol;
  - Evaporador de alcohol;
  - Cambiador de calor;
  - Tanques pulmón (anhidro, hidratado, condensado);
  - Columnas deshidratadoras.

- **Generación de vapor**
  - Generadores de vapor;
  - Tanque de agua;
  - Desaireador para agua.

- **Generación de energía eléctrica:**
  - Generador de energía eléctrica;
  - Transformador auxiliar.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Captación y distribución de agua:**
  - Bombas centrífugas para agua;
  - Torres para almacenamiento de agua.

- **Tratamiento de agua:**
  - Estación de tratamiento de agua;
  - Estación de desmineralización.

En la relación descrita anteriormente, están los principales equipamientos en cada etapa del proceso de fabricación del alcohol. Para el correcto funcionamiento de la planta industrial, son necesarios otros, como por ejemplo: bombas centrífugas para agua industrial, puente rodante, compresores y cintas transportadoras. En el momento de la contratación de una empresa especializada en la instalación de usinas, son instalados todos los equipamientos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta industrial.

2.1.2.1.1. Molienda y Difusión

El procesamiento de la caña de azúcar comienza con la extracción del mosto que puede valerse de las tradicionales moliendas o de difusores. La molienda y el difusor presentan algunas diferencias, y los principios de extracción de mosto son diversos. En la molienda se macera el colchón de caña, que pasa por una especie de “lavado” en el difusor, a través de agua caliente y vapor. En el caso de los difusores, hay un último terceto para secado del bagazo, que será el combustible en las calderas para generación de vapor. Ya la preparación de caña en ambos es similar (etapa que antecede a la extracción, picado y desfibrado de la caña).

La gran ventaja presentada por los entusiastas del uso del difusor es la capacidad de extracción, que puede llegar a casi 99% en algunos casos. La extracción obtenida por difusor es más eficiente. La molienda aún presenta puntos de baja eficiencia, que con el tiempo y métodos más modernos de evaluación deberán ser mejorados.

Para alcanzar esta eficiencia, la preparación de caña del difusor es diferenciada. Para la molienda, el índice de preparación (desfibramiento) puede variar de 80 a 85% o 90 a 92% de células abiertas. Para el difusor, este índice debe alcanzar obligatoriamente 90 a 92%, a fin de posibilitar

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

la formación de fibras largas en la caña preparada. La preparación de la caña es responsable por la exposición (abertura) de las células que contienen sacarosa. Eso facilita la salida de la sacarosa de las fibras. En el caso de la molienda, cuanto mayor el índice de preparación, mayor la extracción del 1º terceto, reflejando en una mayor extracción en toda la batería. En el caso del difusor, significa mayor extracción en todo el proceso.

El difusor exige menor consumo de energía mecánica, pero para alcanzar altas extracciones precisa mayores tasas de embebido si comparados con los índices verificados en las moliendas. Analizando de esta forma, la molienda se muestra más versátil. Tenemos en la práctica casos de crecimiento de capacidad de molienda del orden de 450%, mientras en el difusor se recomienda no pasar de 50% bajo pena de baja extracción [11].

En relación a los costos, los de instalación del difusor y de la molienda son equivalentes, lo que ya no sucede con los gastos verificados en los trabajos de mantenimiento. En este caso, el difusor lleva ventaja. El mantenimiento del difusor es mucho más barato, y puede ser hecho en la propia usina. No precisa tener máquinas o empleados especializados.

Figura 2.1.2.1.1.1

Difusor: aumento en la producción de azúcar

Fuente: AlcoolBrás.

[11] Editora Valete, 2004

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.2.2 Identificación de la Necesidad de Infraestructura Básica y Instalaciones

Para la instalación de la planta industrial, se hacen necesarias inversiones en infraestructura básica que posibiliten el inicio de la instalación de los equipamientos para producción de azúcar y/o alcohol. Para tanto, deben ser contratadas empresas con sólida experiencia en el sector, que ofrezcan: optimización del proceso, reducción de costos operativos, equipamientos con tecnología, asistencia técnica y cumplimiento del plazo de ejecución.

De modo general, la infraestructura básica necesaria está compuesta por:

- Obra civil de la planta industrial y administrativa (sondeo del terreno, proyecto estructural de los cimientos y proyectos arquitectónicos);
- Proyecto y ejecución de las obras para tratamiento de efluentes y residuos industriales sólidos, líquidos y gaseosos;
- Sistemas de captación de agua;
- Laguna de estabilización/decantación de efluentes; y
- Solicitación junto a la concesionaria de energía eléctrica la instalación de línea de transmisión de alta tensión.

La atención a los requisitos citados anteriormente permite el inicio de la instalación de la planta industrial, siendo la empresa contratada responsable por la instalación y funcionamiento de los equipamientos, desde la entrada de caña hasta la salida del producto final - alcohol y/o azúcar.

Además, le cabe al contratante:

- La aprobación de cualquier proyecto y/o documento frente a los órganos oficiales; y
- Suministro de cualquier material químico, insumos, reactivos y materiales de consumo necesarios para la operación de la planta.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.2.3 Plan de la Logística de Salida de la Producción de Etanol

La región identificada para la instalación de la usina está próxima a Usulután, en tierras propicias para el cultivo de la caña de azúcar con diferentes niveles de aptitud, que pueden ser visualizadas en el mapeo realizado en el Módulo I de este estudio. Se realizó a través de imagen de satélite en ambiente SIG (Sistema de Informaciones Geográficas), el geoposicionamiento de unidad industrial. El área de producción agrícola se localiza en un radio de 20 km de la usina, totalizando 27.000 ha, con exclusividad para la mecanización de las operaciones agrícolas.

Como destino de la producción de etanol se adoptó el puerto de Acajutla. El puerto está localizado a 180 km de la unidad industrial y en esa localización el etanol producido podrá ser destinado a la exportación o aún utilizado como *blend* en la gasolina. Por lo tanto, es necesaria la instalación de una unidad industrial que pueda realizar el *blend*, destinado al comercio local o internacional. La adopción de esa localización no es un local exclusivo, pudiendo ser adoptados otros locales para la instalación de la unidad que realizará el *blend*. En la Figura 2.1.2.3.1, se presenta la sugestión de localización de la unidad industrial y el trajecto hasta el puerto de Acajutla.

Figura 2.1.2.3.1

Mapa logístico Usina – Puerto en El Salvador.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.2.4 Análisis Económico Industrial

Los recursos necesarios para la producción de etanol, a partir de la caña de azúcar, fueron divididos en dos grupos: Infraestructura y Recursos Humanos.

El primer grupo involucra la infraestructura básica requerida y las máquinas motrices y equipamientos utilizados en el proceso productivo. El segundo esta vinculado con la definición de equipos de trabajo, con la consideración de la división de la empresa en los sectores administrativo e industrial.

2.1.2.4.1. Recursos Humanos

Los recursos humanos fueron analizados conforme el requerimiento para la realización de las tareas, en el área industrial, considerándose los niveles de calificación. Los dispendios con la mano de obra operativa y administrativa en la destilería son visualizados en la Tabla 2.1.2.4.1.1.

Tabla 2.1.2.4.1.1

Salarios mensuales y anuales em la industria, segun la calificación definida

Función	Salarios Mensuales + Encargos (US$.mes-1)	Desembolso Anual (US$.año-1)
Soldador 1	633,54	7.602,54
Soldador 2	773,24	9.278,87
Soldador 3	960,15	11.521,86
Calderista1	633,54	7.602,54
Calderista2	844,07	10.128,85
Calderista3	1.137,23	13.646,79
Líder de Calderas	1.391,04	16.692,53
Mecánico Mantenimiento ind. 1	633,54	7.602,54
Mecánico Mantenimiento ind. 2	844,07	10.128,85
Mecánico Mantenimiento ind. 3	1.137,23	13.646,79
Líder MEC. Manut. Ind.	1.391,04	16.692,53
Electricista 1	633,54	7.602,54
Electricista 2	844,07	10.128,85
Electricista 3	1.137,23	13.646,79
Tornero 1	633,54	7.602,54
Tornero 2	844,07	10.128,85
...	...	...

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Función	Salarios Mensuales + Encargos (US$.mes-1)	Desembolso Anual (US$.año-1)
Instrumentista 3	1.318,25	15.818,94
Pañol	1.058,53	12.702,38
Auxiliar Pañol	665,03	7.980,30
Operador Centrífuga Fermentación	562,71	6.752,56
Lubricador Industrial 1	633,54	7.602,54
Lubricador Industrial 2	844,07	10.128,85
Lubricador Agrícola Automotor	633,54	7.602,54
Coordenador de Turnos	2.203,63	26.443,61
Auxiliar Producción Industrial	417,12	5.005,40
Mecánico Mant. Automot 1	639,45	7.673,37
Mecánico Mant. Automot 2	844,07	10.128,85
Mecánico Mant. Automot 3	1.137,23	13.646,79
Operador Máquina de Patio 1	531,23	6.374,80
Operador Máquina de Patio 2	580,42	6.965,06
Operador Máquina de Patio 3	665,03	7.980,30
Operador Máquina de Patio 4	690,60	8.287,24
Chofer Industrial 1	531,23	6.374,80
Chofer Industrial 2	602,06	7.224,77
Albañil 1	590,26	7.083,11
Albañil 2	771,27	9.255,26
Administración	983,77	11.805,18
Gerente	10.929,43	131.153,14
Total	**66.781,71**	**801.380,54**

En relación a los insumos utilizados en el proceso industrial, la Tabla 2.1.2.4.1.2 presenta la demanda requirida, bien como los costos por unidad de procesamiento de caña de azúcar.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.2.4.1.2

Descripción de los insumos industriales y los respectivos desembolsos

Insumos	US$.kg^{-1}	kg.t^{-1}
Cal	0,21	0,70
Ácido Sulfúrico	0,24	0,56
Nutrientes de Fermentación	1,95	0,03
Virginiamicina	210,00	0,00
Antibióticos	320,00	0,00
Anti-Espuma	7,65	0,09
Tratamiento de Agua de las Calderas	11,50	0,01
Biocida	5,65	0,04
Soda Cáustica - Destilación	1,10	0,02
Soda Cáustica - Otros	2,00	0,00
Polímero	7,90	0,10
Decantador de Polímero	2,50	0,07
Tratamento de Agua de las Torres de Enfriamiento	10,10	0,01

2.1.2.4.2. Instalaciones y Obras Civiles

La Tabla 2.1.2.4.2.1 presenta los materiales y equipamientos para la instalación de la planta industrial y los respectivos desembolsos a lo largo del tiempo, considerando los dos proyectos.

La infraestructura básica para el funcionamiento del emprendimiento engloba el proyecto de ingeniería y los equipamientos requeridos en el proceso industrial de la producción del etanol, incluyendo la recepción, las moliendas, equipamientos para la cogeneración de energía eléctrica, instalaciones eléctricas, panel de control automatizado, columna de destilación y demás itens, como las construcciones necesarias.

Tabla 2.1.2.4.2.1

Descripción de la infraestructura industrial y los respectivos desembolsos

	Inversiones (US$)					
	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Proyecto de Ingenieria	423.423	705.705	705.705	705.705	282.282	**2.822.819**
Recepción y preparación de la Caña	1.229.292	2.048.821	2.048.821	2.048.821	819.528	**8.195.282**
Extracción del Mosto	3.756.171	6.260.285	6.260.285	6.260.285	2.504.114	**25.041.139**
Tratamiento y Concentración del	1.229.292	2.048.821	2.048.821	2.048.821	819.528	**8.195.282**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.2.4.2.1 Descripción de la infraestructura industrial y los respectivos desembolsos						
Mosto						
Generación de Vapor/Caldera	3.141.525	5.235.875	5.235.875	5.235.875	2.094.350	**20.943.498**
Cogeneración de Electricidad	819.528	1.365.880	1.365.880	1.365.880	546.352	**5.463.521**
Captación y Tratamiento de Agua	580.499	967.499	967.499	967.499	386.999	**3.869.994**
Construcciones y estructuras de Metal	819.528	1.365.880	1.365.880	1.365.880	546.352	**5.463.521**
Destilería	1.502.468	2.504.114	2.504.114	2.504.114	1.001.646	**10.016.456**
Tubos y Conexiones y Aislantes Térmicos	478.058	796.764	796.764	796.764	318.705	**3.187.054**
Laboratorios	95.612	159.353	159.353	159.353	63.741	**637.411**
Construcciones	1.502.468	2.504.114	2.504.114	2.504.114	1.001.646	**10.016.456**
Edificación de los Equipamientos	2.185.409	3.642.348	3.642.348	3.642.348	1.456.939	**14.569.390**
Instalaciones Eléctricas	2.048.821	3.414.701	3.414.701	3.414.701	1.365.880	**13.658.803**
Panel de Control Automático	1.024.410	1.707.350	1.707.350	1.707.350	682.940	**6.829.402**
Transporte y Otros	1.639.056	2.731.761	2.731.761	2.731.761	1.092.704	**10.927.043**
Total	**22.475.561**	**37.459.268**	**37.459.268**	**37.459.268**	**14.983.707**	**149.837.073**

2.1.3 Balance Energético

El balance energético para biocombustibles es definido por la relación entre el total de energía generada por el etanol producido y la energía total exigida para el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar.

Considerando el proyecto de etanol propuesto, las perspectivas y las premisas adoptadas, fue posible el cálculo del balance energético total de la producción de etanol en **El Salvador** (Tabla 2.1.3.1).

Tabla 2.1.3.1

Balance energético para el proyecto de producción de etanol en El Salvador.

Parámetros	Valores
Rendimiento Promedio (colmos de caña) ($t.ha^{-1}$)	85,66
Producción de Etanol ($l.ha^{-1}$)	7.470
Energía Promedio de Etanol ($GJ.ha^{-1}$)	161,1
Producción Total de Etanol (millones de litros)	170

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Parámetros	Valores
Energía Fósil Requerida (GJ)	
Máquinas Agrícolas y Transporte a la usina	132.254
Fertilizantes y Pesticidas	170.141
Mudas y Toletes	11.296
Equipamientos y Prédios	141.902
Insumos en la Usina*	14.590
Total	*470.183*
Energía Total Producida (GJ)	*3.666.000*
Balance Energético del Proyecto	***7,80***

*Reagentes químicos utilizados en el procesamiento de la caña, lubrificantes, etc.

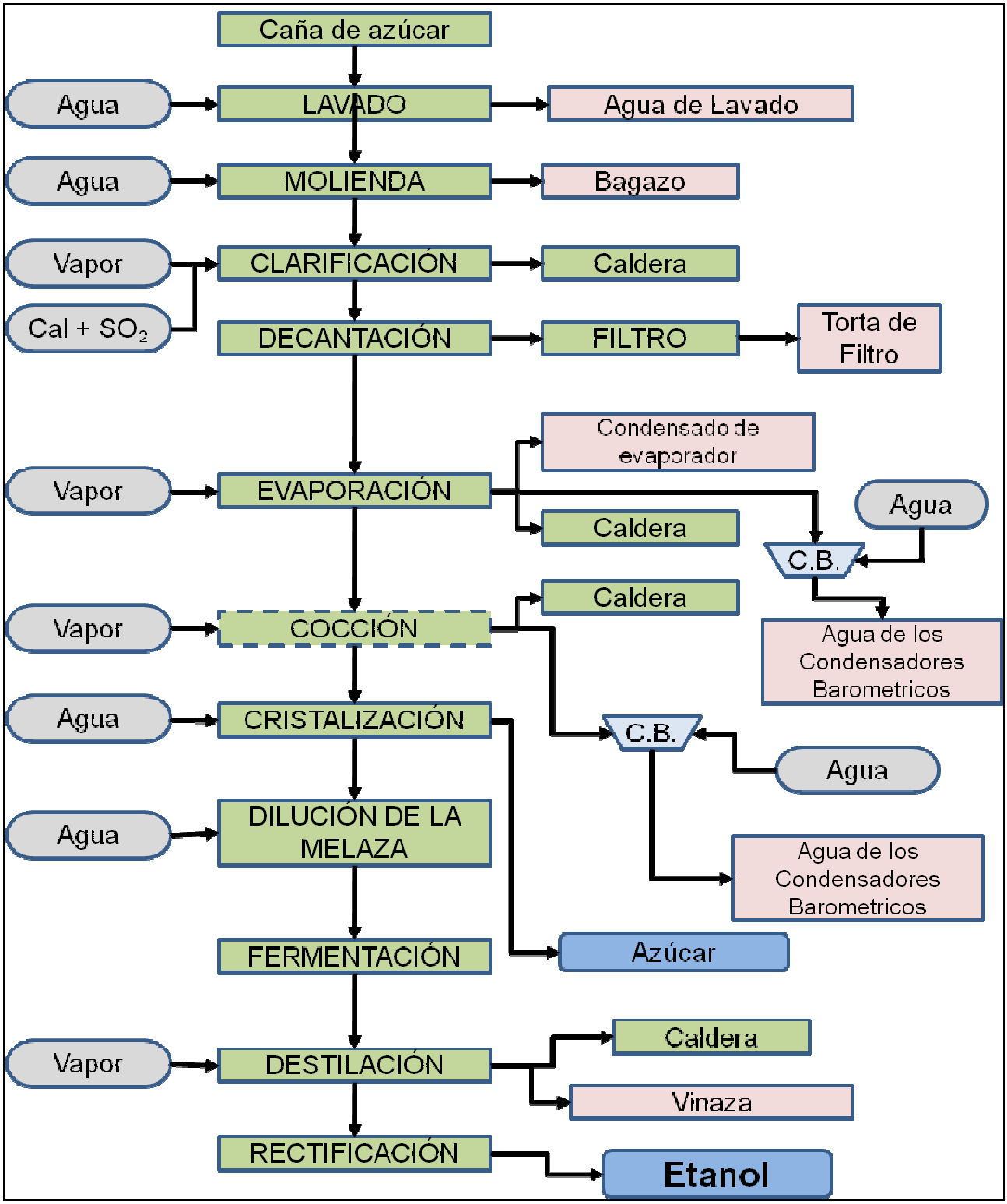
2.1.4 Generación y Aprovechamiento de Subproductos y Residuos

La Figura 2.1.4.1 representa esquemáticamente el proceso de producción de azúcar y alcohol de una usina estándar. Se observan las macro-operaciones (lavado, molienda, clarificación del mosto, evaporación, cocción, etc.), bien como los residuos y subproductos generados en cada etapa de producción. Y la Figura 2.1.4.2 representa el diagrama de flujo de la producción de alcohol a partir de la melaza.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.4.1

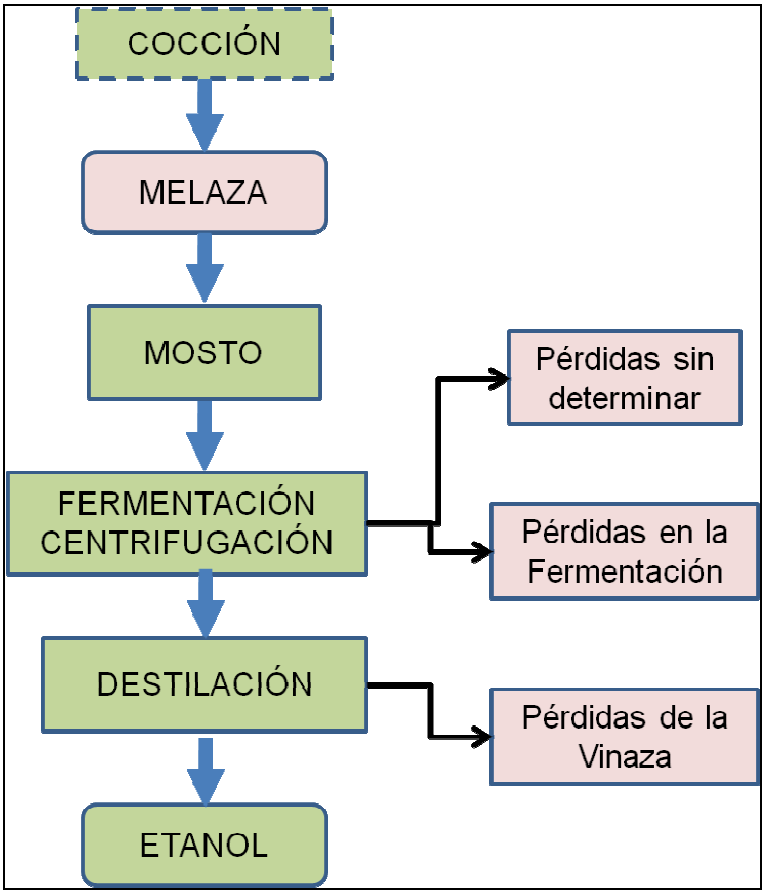
Diagrama de flujo genérico de la producción de azúcar y alcohol de una usina



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.4.2

Diagrama de flujo de la producción del alcohol a partir de la melaza



En las últimas décadas, los avances tecnológicos en los procesos y equipamientos industriales fueron responsables por la generación de menores cantidades de residuos generados en términos de toneladas de caña molida. Como ejemplo, el agua del lavado de la caña, consumida en grandes cantidades en el pasado, tuvo su uso racionalizado con la introducción de procesos de reciclaje del agua o aún por la ausencia del lavado de la caña, a través de sistemas de limpieza a seco.

Abajo están listados y caracterizados los principales subproductos y residuos de la industria sucroalcoholera, bien como su cantidad generada y algunas tecnologías que facilitan su utilización.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.4.1 Residuo Agrícola

- **Pajada**

Después de la cosecha de la caña cruda, restan hojas y puntas. Este conjunto lleva el nombre de pajada, la cual tiene función de proteger el suelo y actuar en su conservación, con las ventajas que trae una cobertura muerta y de reciclaje de nutrientes.

La pajada puede, además, ser recogida en su totalidad, o en parte, y mezclada al bagazo, utilizada para la producción de energía en la quema en calderas. Y en un proceso todavía no utilizado comercialmente, la pajada podrá también ser utilizada para producción de alcohol.

2.1.4.2 Subproductos y Residuos Industriales

- **Agua de Lavado de la Caña de azúcar**

El lavado de la caña antes de la molienda es hecho en el sistema de cosecha de caña entera y quemada. El fuego promueve perdidas de azúcares por exudación, facilitando la adherencia de impurezas, que en la industria se comportan como impurezas minerales y vegetales, perjudiciales a procesamiento de azúcar y alcohol (OMETTO, 2000).

Por la presencia de azúcares, materia vegetal y mineral, las aguas de lavado tienen efecto de polución elevado y no deben retornar a los cursos del agua sin tratamiento. Las principales medidas que buscan disminuir el efecto poluidor de ese residuo son el reciclaje en el proceso de embebido y de lavado, por lo cual es necesario el tratamiento para remoción de sólidos y residuos sedimentables y eventualmente, para la remoción de sustancias orgánicas solubles. Además de eso, tal proceso permite la recuperación de parte da sacarosa diluida.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Agua de los Condensadores Barométricos y Agua Condensada en los Evaporadores**

Son provenientes del proceso de concentración del mosto. Pueden ser recicladas en el proceso de concentración del mosto o de embebido de la caña, en el lavado de la miel después cristalización del azúcar, en la generación de vapor, en el lavado de filtros y preparación de la solución para calaje en la clarificación (CETESB, 2008).

- **Agua de Lavado de las tinas**

Es el agua de lavado de los recipientes de fermentación, éstos utilizados para obtención de alcohol. Con composición similar la vinaza es generalmente mezclada a ella, y utilizada como fertilizante.

Para la producción de una tonelada de alcohol etílico hidratado combustible, se utiliza aproximadamente 300 litros de agua para el lavado de las dornas de fermentación (CETESB, 2008).

- **Bagazo**

El bagazo de la caña de azúcar es un subproducto del proceso de extracción del mosto, sea este para la producción de azúcar o de alcohol. Presenta un tenor de humedad que varia de 40 a 60%, y en comparación a otros residuos de la agroindustria, es considerado un subproducto noble utilizado históricamente en la generación de calor para los procesos de industrialización del azúcar y del alcohol. Con el desarrollo de la máquina a vapor su uso se intensificó y el concepto de cogeneración, entendida como siendo la aieración conjunta del calor y trabajo, se desarrolló paralelamente a las innovaciones tecnológicas.

Según Cortez *et al.* (1992), la cantidad de 1 tonelada de caña que es molida genera aproximadamente de 140 a 250 kg de bagazo, revertido en energía calórica eso representa un potencial de 560.000 kcal. Esa misma cantidad de caña produce, aproximadamente, de 70 a 85 litros de alcohol que proporciona alrededor de 392.000 kcal de energía, o sea, puede existir más energía embutida en el bagazo de la caña que en el alcohol aisladamente.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.4.2.1

Quema del bagazo para la producción de energía se muestra como mejor uso de este subproducto

Comparando la quema del bagazo con otros combustibles fósiles, ella es más limpia, generando menor impacto ambiental, una vez que prácticamente no libera compuestos con bases de azufre como SO_2 o SO_3, relativamente comunes en la quema de aceites combustibles. Además de eso, su quema es lenta con una baja temperatura de llama proporcionando poca formación de óxido nitroso.

Además de la ya citada utilización del bagazo en la cogeneración de energía eléctrica, tiene aplicaciones en la alimentación animal, en la producción de aglomerados y compensados para carpintería, en la producción de celulosa para papel, y la utilización como fuente de materia orgánica en los suelos, como sustrato para producción de mudas, y, actualmente, como materia prima para la producción de alcohol, en un proceso en el cual las fibras son hidrolizadas, seguidas de una fermentación alcohólica.

- **Melaza**

Es el residuo del proceso de centrifugación de la masa después de la cocción (cristalización), para la producción de azúcar. Por presentar un valor agregado en función de su alta concentración de azúcares, es considerado un subproducto y utilizado para la

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

producción de alcohol, donde puede ser diluido con agua o con mosto de caña. También puede ser utilizado en una gama de procesos químicos en el que involucran fermentaciones, como, por ejemplo, la producción de glutamato monosódico (SEAG, 2008).

- **Torta de Filtro**

La torta de filtro es un residuo compuesto por la mezcla de bagazo molido y lodo de la decantación, siendo proveniente del proceso de clarificación del azúcar. Es un compuesto orgánico rico en calcio, nitrógeno y potasio con composiciones variables dependiendo de la variedad de la caña y de su maduración.

Para cada tonelada de caña molida son producidos de 30 a 40 kg de torta. Su modo de aplicación es probado de diferentes formas en las unidades de producción, desde la aplicación del área total hasta en las entrelineas o en los surcos de plantío (CORTEZ *et.al*., 1992).

La creciente utilización de la torta de filtro como sustituto de insumos tradicionales basado en potasio se da principalmente en la operación de plantío, siendo colocada en el surco juntamente con la muda de caña de azúcar. Esa práctica propicia buenos resultados para la agricultura, y las ventajas nutricionales del producto ya son conocidas desde la década de 70. Entretanto, la práctica de aplicación de la torta de filtro y su almacenamiento deben ser rigurosamente controladas, una vez que ese material, similar la vinaza, posee elevada demanda bioquímica de oxígeno y es una fuente potencialmente poluidora. También es considerado un material de alto interés para uso en la alimentación animal, justificada por la ya citada presencia de nutrientes.

Las innovaciones en el uso de la torta de filtro en los últimos años trataron procesos para la compostura de la torta. Actualmente, puede ser utilizada en área total en la cantidad de 80 a 100 $t.ha^{-1}$, en pre-plantío; en el surco de plantío, en dosis de 20 a 35 $t.\ ha^{-1}$, y en las entrelineas, en dosis de 40 a 50 $t.ha^{-1}$.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Agua de Remoción de Incrustaciones

Se trata de un residuo proveniente de la remoción química, se utilizando soda o solución de ácido clorhídrico, de sales en la concentración del mosto. Su composición es muy variable, entretanto, presentan generalmente fosfatos, sílice, sulfatos, carbonatos y oxalatos.

Puede ser utilizado juntamente con la vinaza como fertilizante, debido su alto tenor de fosfato y también como complemento de la actividad de tratamiento biológico de efluentes.

Vinaza

Es el producto resultante de la destilación y fermentación de la caña de azúcar en la producción de alcohol. También puede se originar como subproducto de la producción de azúcar siendo eliminada en el proceso de cristalización del mosto de la caña. En el general, la vinaza es rica en materia orgánica y en nutrientes minerales como el potasio, calcio y azufre, y posee una concentración hidrogeniónica (pH) variando entre 3,7 e 5,0 (LUDOVICE, 1996).

La producción de vinaza varía en función de los diferentes procesos empleados en la fabricación del alcohol, de manera general cada litro de alcohol producido en una destilería genera entre 10 y 15 litros de vinaza. Una aparente solución para el descarte racional de la vinaza es el que actualmente se llama de fertirrigación, o sea, la utilización de ese producto rico en materia orgánica, aplicada *in natura,* o diluida con agua industrial, en áreas de plantío de caña.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.4.2.2

Fertirrigación con vinaza en cañaveral

- **Cenizas de las Calderas**

Después de la quema del bagazo restan las cenizas, en la proporción promedio de 6 kg de cenizas por tonelada de caña molida. Son utilizadas como fertilizante potásico y como correctivos del pH, mezclado con la torta de filtro, o colocado sobre el suelo directamente durante la fertilización.

2.1.4.3 Cantidad de Residuos y Subproductos Generados

La Tabla 2.1.4.3.1 presenta, en unidades de medida por año, el valor aproximado de la generación de los principales residuos de la industria sucroalcoholera referente al proyecto en la región de Usulután.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.4.3.1

Cuadro resumen de los principales residuos generados en la industria sucroalcoholera

Residuos	Usulután
Pajada (t.año^{-1})	23.000
Bagazo (t.año^{-1})	400.000
Melaza (t.año^{-1})	50.000
Torta de Filtro (t.año^{-1})	70.000
Vinaza (m^3.año^{-1})	2.000.000
Cenizas de Calderas (t.año^{-1})	12.000

* La cantidad promedio de residuos puede variar conforme la variedad de caña adoptada.

2.1.5 Cogeneración de Energía Eléctrica a Partir del Bagazo de Caña

Con la producción de caña de azúcar de **El Salvador**, durante a zafra 2005/2006 de aproximadamente 4,6 millones de toneladas, es posible obtener aproximadamente 1,15 millones de toneladas de bagazo, los cuales destinados exclusivamente a la cogeneración de energía eléctrica representarían el potencial anual de 62,5 MW. De ese total, la Central Izalco representa 33%, impulsada por la mayor capacidad de molienda. Con inversiones en mejorías en los cañaverales salvadoreños, es posible elevar el potencial de cogeneración y aumentar la energía generada a partir del bagazo de la caña de azúcar.

2.1.6 Sustitución de la Gasolina por Etanol Producido a Partir de la Melaza

El país es reconocido mundialmente por la fabricación de azúcar, teniendo como subproducto la melaza, también destinado al comercio internacional. Otra opción para generación de energías renovables es la fabricación de etanol. Con la posibilidad de la fabricación de etanol, a partir de la melaza, fueron elaboradas simulaciones considerando el cuadro actual de producción del país.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Las simulaciones fueron realizadas para cuatro escenarios agrícolas: aumento de 5% en la pol[12], 5% en la productividad, 10% en el área cultivada y, por último, esas tres variables de forma simultánea. Dentro de esos escenarios, fueron mantenidas las producciones actuales de azúcar para cada ingenio. El excedente en la extracción del mosto fue destinado a la producción de etanol juntamente con la producción a partir de la melaza.

En la Tabla 2.1.6.1, está representada la situación actual del país para la fabricación del azúcar y el potencial para fabricación de etanol a partir de la melaza. De acuerdo con el Consejo Salvadoreño de La Agroindustria Azucarera (CONSAA) en su Informe Final de Producción – Zafra 2006/2007, el país produjo aproximadamente 146.300 m³ de la melaza que se destinado a la fabricación de etanol alcanzarían valores superiores a 48.600 m³, pudiendo sustituir 8,68% de la gasolina consumida en el país. La Central Izalco es el ingenio con mayor representatividad, en virtud de su mayor producción de azúcar, detenido el potencial de 33% de la fabricación de etanol, a partir de la melaza.

Tabla 2.1.6.1

Situación actual para generación de etanol (m³) a partir de la melaza.

Ingenios	Azúcar (t)	Etanol a partir de la melaza (m^3)	Sustitución de la gasolina (%)
Izalco	177.032	16.228	2,90
El Angel	98.674	9.045	1,62
Chaparrastique	71.847	6.586	1,18
La Cabaña	71.637	6.567	1,17
Injiboa	55.958	5.129	0,92
Chanmico	22.058	2.022	0,36
La Magdalena	33.140	3.038	0,54
Total	**530.347**	**48.615**	**8,68**

[12] Representa el porcentaje aparente de sacarosa contenida en la caña y/o mosto (Fernandes, 2003)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Con el potencial de mejorías en el área agrícola, de manera a elevar el pol de la caña de azúcar en 0,5 puntos, es posible obtener más mosto durante la molienda de la caña en la industria. Manteniendo la producción actual de azúcar y el excedente de mosto dirigida a la fabricación de etanol, es posible obtener 12.778 m³ de etanol que juntamente con 48.615 m³ de etanol, a partir de la melaza, representa a sustitución de 10,96% de la gasolina consumida en el país.

Tabla 2.1.6.2
Aumento de 0,5 puntos en el pol destinado a la fabricación de etanol
Manteniendo la producción actual de azúcar

	Azúcar (t)	Etanol a partir del mosto (m^3)	Etanol a partir de la melaza (m^3)	Sustitución da gasolina (%)
Izalco	177.032	4.226	16.228	3,65
El Angel	98.674	2.237	9.045	2,01
Chaparrastique	71.847	1.760	6.586	1,49
La Cabaña	71.637	1.760	6.567	1,49
Injiboa	55.958	1.371	5.129	1,16
Chanmico	22.058	639	2.022	0,48
La Magdalena	33.140	785	3.038	0,68
Total	**530.347**	**12.778**	**48.615**	**10,96**

Cuando considerado el aumento de la productividad en 5%, manteniendo la producción actual de azúcar y el excedente destinado a la producción de etanol, es observada una producción potencial de 19,16 mil m³ de etanol a partir del mosto que, juntamente con la producción a partir de la melaza podría sustituir 12,10% de la gasolina consumida.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.6.3

Aumento de 5% en la productividad destinada a fabricación de etanol

Manteniendo la producción actual de azúcar

	Azúcar (t)	Etanol a partir del mosto (m^3)	Etanol a partir de la melaza (m^3)	Sustitución da gasolina (%)
Izalco	177.032	6.339	16.228	4,03
El Angel	98.674	3.356	9.045	2,21
Chaparrastique	71.847	2.640	6.586	1,65
La Cabaña	71.637	2.640	6.567	1,64
Injiboa	55.958	2.057	5.129	1,28
Chanmico	22.058	958	2.022	0,53
La Magdalena	33.140	1.178	3.038	0,75
Total	**530.347**	**19.168**	**48.615,09**	**12,10**

En la tercera simulación, fue considerado aumento de 10% del área cultivada (Tabla 2.1.6.4). Ese excedente es destinado exclusivamente a producción de etanol, manteniendo la producción actual de azúcar. Con esas premisas, el área cultivada con caña de azúcar seria de 63.127 mil hectáreas. Con el excedente, la producción de etanol a partir del mosto es de 38.337 m³, que junto con el etanol fabricado a partir de la melaza podrá sustituir 15,53% de la gasolina utilizada en el país.

Tabla 2.1.6.4

Aumento de 10% en el área cultivada destinada la producción de etanol (m^3)

	Azúcar (t)	Etanol a partir del mosto (m³)	Etanol a partir de la melaza (m^3)	Sustitución de la gasolina (%)
Izalco	177.032	12.679	16.228	5,16
El Angel	98.674	6.712	9.045	2,81
Chaparrastique	71.847	5.280	6.586	2,12
La Cabaña	71.637	5.280	6.567	2,12
Injiboa	55.958	4.114	5.129	1,65

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

	Azúcar (t)	Etanol a partir del mosto (m³)	Etanol a partir de la melaza (m³)	Sustitución de la gasolina (%)
Chanmico	22.058	1.917	2.022	0,70
La Magdalena	33.140	2.355	3.038	0,96
Total	**530.347**	**38.337**	**48.615**	**15,53**

Tabla 2.1.6.5

Aumento simultáneo de 0,5 puntos en POL, 5% en la productividad y 10% en el área cultivada.

	Azúcar (t)	Etanol a partir del mosto (m³)	Etanol a partir de la melaza (m³)	Sustitución de la gasolina (%)
Izalco	177.032	44.186	16.228	10,79
El Angel	98.674	23.393	9.045	5,79
Chaparrastique	71.847	18.402	6.586	4,46
La Cabaña	71.637	18.402	6.567	4,46
Injiboa	55.958	14.336	5.129	3,48
Chanmico	22.058	6.680	2.022	1,55
La Magdalena	33.140	8.209	3.038	2,01
Total	**530.347**	**133.608**	**48.615**	**32,54**

La última simulación fue realizada utilizando las tres variables agrícolas, considerando la obtención de todas en el campo: aumento de pol (0,5 punto), área (5%) y productividad (10%). Para la mejoría de esas variables son necesarias inversiones en tecnología en el área agrícola, principalmente en los tratos culturales de la caña después del primer corte. Con la asociación de esas tres variables (Tabla 2.1.6.5), manteniendo la producción actual de azúcar y destinando el excedente a la fabricación de etanol, se puede obtener 133.608 m³ de etanol a partir del mosto, 48.615 m³ a partir de la melaza que juntos substituyen 32,54% el consumo de gasolina, 23,86% superior del que se considerado a situación actual del país para la producción de etanol, a partir de la melaza.

2.1.7 Sugestión de Modelo Cooperativo de Prestación de Servicios

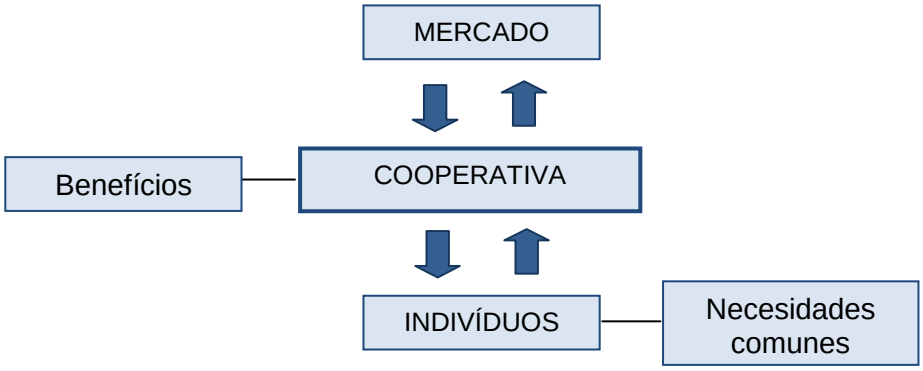
Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Básicamente, lo que se busca al organizar una Cooperativa es mejorar la situación económica de determinado grupo de individuos, solucionando problemas o satisfaciendo necesidades comunes, que excedan la capacidad de cada individuo satisfacer isoladamente.

Esquemáticamente, las relaciones existentes entre las personas y el mercado, a través de las cooperativas están presentadas en la Figura 2.1.7.1.

Figura 2.1.7.1

Representación esquemática do interrelación individuos-cooperativa-mercado.



La implantación y gerencia de proyectos agrícolas, bien como las actividades unidas a estos proyectos requieren grandes inversiones y una buena capacidad organizativa des sus responsables. Como propuesta para implantación dos cultivos de caña de azúcar, las actividades de desecamiento, construcción de caminos, gradeado arador, surcación, y fertilización, plantío, aplicación de herbicidas, cosecha mecanizada y cargamento serán realizadas por la usina. Las demás actividades como roza mecánica, construcción de terrazas, subsuelado, calaje, gradeado nivelador, transporte de insumos y fertilización a lanza quedan a cargo de los productores rurales. Por un lado, actividades tercerizadas por la usina no representarán problema si fueren realizadas en el tiempo y época adecuada, no obstante, para la realización de actividades con mayor eficiencia y eficacia, además de disminución de costos y otras facilidades económicas, se recomienda la asociación de los productores en cooperativas, lo que facilita la compra de máquinas, implementos e insumos para la realización de las actividades que les caben.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Una Cooperativa se diferencia de los otros tipos de asociaciones por su carácter esencialmente económico. Su finalidad es colocar los productos y o servicios de sus cooperados en el mercado, en condiciones más ventajosas que los mismos tendrían aisladamente, además de suministrar materia prima para la producción a precios menores. De ese modo la Cooperativa puede ser entendida como una “empresa” que presta servicios a sus cooperados.

Esa “empresa”, llamada cooperativa, es regida por una serie de normas que reglamentan su funcionamiento y cuyos orígenes se remontan al año 1844, cuando fue creada la primera cooperativa en los moldes que conocemos hoy, en Rochdale, Inglaterra. Esas normas, que orientan como será el relacionamiento entre la cooperativa y los cooperados y de ellos entre si, en el ámbito de la cooperativa, son conocidas como Principios del Cooperativismo:

- **Adhesión Libre** - Las puertas de una cooperativa deben estar siempre abiertas para la entrada o salida de personas de una determinada categoría que comparten objetos comunes, bastándole al interesado que respete el Estatuto Social establecido por el grupo;

- **Singularidad del Voto** - “Un hombre, un voto", dice el principio. Independiente del número de cotas poseídas, cada cooperado tiene derecho a apenas un voto;

- **Control democrático** – En la Cooperativa, las decisiones deben representar siempre la voluntad de la mayoría;

- **Neutralidad** - Ningún tipo de discriminación política, social, religiosa o racial será aceptada en la cooperativa. Todos son iguales;

- **Retorno de las sobras** - La cooperativa no busca lucro, pues su principal misión es el beneficio del cooperado. No obstante, como organización económica, tiene ingresos y gastos, pudiendo tener pérdidas o sobras. Las pérdidas podrán ser cubiertas por los cooperados, en rateo, bien como las sobras podrán ser distribuidas;

- **Educación Permanente** - La realización de los principios del cooperativismo y de los objetivos de la cooperativa requiere educación permanente, que las cooperativas deben proveer; y

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Cooperación Intercooperativa** - Como el cooperativismo es una propuesta social amplia, cooperar con otras cooperativas es natural y esencial.

2.1.7.1 Características de una Cooperativa

- **Concepto -** Sociedad civil/comercial sin fines lucrativos;

- **Finalidad** - Viabilizar y desarrollar actividades de consumo, producción, crédito, prestación de servicios y comercialización; actuar en el mercado generando beneficios para los cooperantes; formar y capacitar a sus integrantes para el trabajo y la vida en comunidad;

- **Gestión** - Asamblea General de cooperantes, órgano máximo de decisión de los destinos de la cooperativa. A ella está subordinada el Consejo de Administración, órgano ejecutivo formado por cooperantes que es responsable por la administración diaria de la cooperativa; y Consejo fiscal, órgano formado por cooperantes cuya finalidad es garantizar que los derechos de los cooperantes y las decisiones de la asamblea general estén siendo cumplidos;

- **Legislación** - La vigente en el país para este tipo de sociedad;

- **Formación** - Mínimo de personas establecido por la legislación vigente para este tipo de sociedad; y cualquier persona física que no desarrolle actividades que estén en conflicto con los intereses de la cooperativa;

- **Patrimonio** - capital es formado por cotas-partes o puede ser constituido por prestación de servicios, donaciones, préstamos y procesos de capitalización;

- **Gestión** - La cooperativa es una institución autogestionada; en las decisiones en asamblea general, cada cooperante tiene derecho a un voto;

- **Operaciones** - Realiza plena actividad comercial, operaciones financieras, bancarias y puede candidatarse a préstamos y adquisiciones conforme normas del país;

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Remuneración de Dirigentes** - Los dirigentes pueden ser remunerados a través de "pró-labore", cuyo valor es definido en asamblea general;

- **Resultados Financieros** – Después de decisión en asamblea general, las posibles sobras líquidas pueden ser divididas de acuerdo con el volumen de negocios del asociado con la cooperativa; y

- **Tributación** – queda a cargo de la legislación tributaria vigente en el país;

El modelo cooperativo ha sido usado para viabilizar negocios en varios campos de actuación. Para efecto de organización del Sistema Cooperativo ellas están organizadas por ramos conforme el área en que actúan. En el presente caso, se trata de cooperativas agropecuarias, definidas por la reunión de productores rurales, que trabajan de forma solidaria en la realización de las varias etapas de la cadena productiva: de la compra de semillas e insumos hasta la cosecha, almacenamiento, industrialización y venta de la producción en el mercado. Para asegurar eficiencia, la Cooperativa debe promover la compra en común de insumos con ventajas que, aisladamente, el productor no conseguiría.

2.1.7.2 Sugestión de Guía para Organizar una Cooperativa

La guía a seguir trata de un conjunto de etapas bastante flexible para la organización de una cooperativa, que debe ser seguido de manera que adecue a las reales necesidades de los futuros cooperados (SEBRAE, 2008).

- **Fase de Sensibilización**

  Contacto Inicial: el objetivo de esa etapa es identificar personas interesadas en la organización de la cooperativa. En esa etapa es importante darle a las personas involucradas el mayor número posible de informaciones sobre el tema, tratando ya de identificar con el grupo el interés por avanzar en el proceso. En caso que sea positivo el interés, dejar como tarea para el grupo movilizar a un número mayor de personas para participar en una conferencia de sensibilización sobre la cooperativa;

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Conferencia de Sensibilización: como el nombre sugiere, el objetivo de esta conferencia es sensibilizar a las personas para el tema. Ya con el grupo reunido a partir de la tarea de la etapa anterior, es el momento de profundizar la discusión sobre cooperativismo y la cooperativa, explotando principalmente aspectos relativos a la responsabilidad de cada persona en el proceso y el carácter empresarial de la gestión de la cooperativa. Es fundamental en esa etapa tratar de nivelar los deseos de las personas frente a la cooperativa. ¿Qué piensan que es una cooperativa? ¿Qué esperan conseguir con ella? ¿Están dispuestos a asumir riesgos? En caso que el grupo concuerde en avanzar con el trabajo, es importante organizar entre el grupo, personas que quedarán responsables por levantar informaciones sobre la legalización de la cooperativa, otras que se responsabilicen por estudiar la viabilidad económica del negocio y las necesidades de infraestructura y recursos financieros para viabilizarlo;

Presentación de los Resultados de la Etapa Anterior: En caso que el trabajo haya transcurrido conforme lo combinado en la fase anterior, el grupo habrá obtenido informaciones importantes para decidir si organiza o no la cooperativa. Habrán conseguido informaciones sobre la documentación y tramitación legal para constituir la cooperativa y, principalmente, hecho un estudio de la viabilidad económica del negocio. Le cabe a un técnico explotar el grupo sobre las informaciones obtenidas, ayudándolos a identificar las reales posibilidades de constituir y mantener con éxito la cooperativa. En caso que las informaciones colectadas le permitan al grupo decidir por organizar la cooperativa, se pasan las medidas prácticas para hacerlo; y

Realización de Asamblea de Constitución: La Asamblea de Constitución es una etapa formal del proceso de legalización. En esa asamblea también se elige el directorio de la cooperativa y se aprueba su estatuto. Antes de llegar a esta etapa el grupo ya tendrá que haber discutido el estatuto y definido las personas que formarán el directorio. Después de esa etapa encaminar la documentación para registro, conforme normas del país.

- **Fase Preoperativa**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Definición de Localización, adquisición de muebles y equipamientos: Con base en el estudio de viabilidad económica el directorio electo pasa a tomar las medidas necesarias para comenzar la operación de la cooperativa. En esa etapa el apoyo técnico es muy importante para auxiliar al directorio en la toma de decisiones que serán cruciales para el funcionamiento bien sucedido de la cooperativa.

- **Fase Operativa**

Inicio de las Actividades de la Cooperativa: A partir de aquí comienzan los desafíos reales de la Cooperativa. Las fases anteriores deben servir no apenas como forma de levantar informaciones para constituir o no la cooperativa, sino también, como laboratorio para las personas de su capacidad de trabajar juntas en torno de un objetivo común.

2.1.8 Sugestión de Modelo para Pago de Caña de azúcar al Proveedor

Llevándose en consideración los intereses de productores de caña de azúcar y usina, se sugiere como modelo de compra y venta de materia prima un método denominado Remuneração da Tonelada de Cana pela Qualidade (CONSECAÑA), el cual considera, para efecto de determinación del valor de la tonelada de caña de azúcar, la cantidad de Azúcar Total Recuperable (ATR), contenida en la materia prima entregada en la unidad de procesamiento, y el precio del kilogramo del ATR. O CONSECANA, como parámetro para formación de precios es utilizado en estados brasileños desde 1998. Abajo, sigue una breve descripción del método utilizado, siendo abordados los aspectos más relevantes de sua operacionalidad.

El precio del kilogramo del ATR es determinado en función del precio del azúcar en el mercado interno y externo, del precio del alcohol anhidro e hidratado, libre de impuestos o flete, del “mix” de producción de cada unidad industrial, o sea, la cantidad producida de azúcar y alcohol, y de la participación de la materia prima en los costos de producción del azúcar y del alcohol.

Para definir este modelo de pago, los técnicos del sector visitaron varios países del mundo en donde existen proveedores autónomos de caña y remolacha, como Australia, Sudáfrica, Europa y EEUU y estudiaron atentamente los métodos de pago de estos países, creando el presente método.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.8.1 Del método

Para fines de reglamento y normas del método, algunos conceptos deben estar claros entre las partes interesadas, tales conceptos se refieren a la calidad y a precio da materia prima – caña de azúcar, y al negocio de compra y venta de la misma.

2.1.8.2 De la Calidad de la Caña de azúcar

Se entiende por calidad de la caña de azúcar la concentración total de azúcares (sacarosa y azúcares reductores), recuperables en el proceso industrial y expresa en kg por tonelada de caña. Las normas técnicas de determinación de la calidad de la caña de azúcar utilizadas por este método están dispuestas luego abajo.

2.1.8.3 Del Precio de la Caña de azúcar

Durante el año zafra, el órgano responsable por el Método de Pago sugerido divulgará, hasta la fecha predeterminada de cada mes, el precio promedio estimado del kg de ATR hasta el mes anterior. La verificación del precio estimado del Kg de ATR del mes anterior será calculada con base em El promedio ponderado de los precios medios efectivamente practicados de los productos derivados de caña de azúcar en los meses ya transcurridos del año zafra, conforme la curva de velocidad de comercialización de estos productos trazada con base en las últimas tres zafras y, además, en el “mix” de producción de los productos derivados de caña de azúcar proyectado para el año zafra.

El precio del kg de ATR servirá como referencia para La facturación y para el cálculo de los adelantos (cuota del valor facturado) que la unidad industrial le pagará al productor de caña de azúcar, a partir del mes subsiguiente al del inicio de la molienda, conforme dispuesto abajo.

En el mes subsiguiente al de la finalización de la molienda, pero antes de la finalización del año-zafra, será determinado el precio provisorio de la caña de azúcar entregada por el productor a la unidad industrial, conforme lo determinado

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

El precio, aún provisorio, debido al productor de caña de azúcar por la unidad industrial después de la finalización de la molienda, deberá ser determinado con base en su “mix” de producción, en la cantidad de ATR contenido en la caña de azúcar suministrada por el productor y en los precios medios ponderados de los productos derivados de la caña de azúcar divulgados por el método.

La unidad industrial podrá combinar con el productor de caña de azúcar el pago, aún a título de adelanto, durante los meses restantes del año zafra, de la diferencia entre el precio provisorio de la caña de azúcar entregada y los adelantos realizados durante el período de molienda adicionado. En este caso, los productores de caña de azúcar podrán ser representados por su asociación de clase (cooperativas, por ejemplo) en las negociaciones de la forma de pago.

El precio final al productor de la caña entregada durante el período de molienda será verificado, al final del año zafra con base: en los precios medios de los productos finales; en el “mix” de producción de la unidad industrial compradora; en la participación, expresada en forma porcentual, del costo de la materia prima en el costo de cada uno de los productos del “mix” de la unidad industrial; y en la cantidad total de ATR entregada durante la zafra, por productor de caña de azúcar.

Verificado el precio final de la caña de azúcar entregada, habrá el ajuste de las obligaciones pecuniarias debidas al productor, con base en el precio final y en los adelantos efectuados a lo largo de la zafra.

2.1.8.4 De los Negocios de Compra y Venta de Caña de azúcar y de la Opción pelo Método

Los productores que deseen optar por el Método CONSECANA en la realización de sus negocios de compra y venta de caña de azúcar deberán adoptar las reglas contractuales mínimas predispuestas por el órgano responsable. Y en el caso de cualquier modificación, operada por el órgano responsable en las reglas preestablecidas deberán ser adoptadas por los productores optantes del presente Método.

2.1.8.5 Normas Técnicas de Determinación de Calidad de la Caña de azúcar

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

La calidad de la caña de azúcar suministrada a las Unidades Industriales de azúcar y de alcohol será medida a través de análisis en muestras colectadas en el momento de su suministro.

El laboratorio destinado a evaluar la calidad de la caña deberá ser localizado en el patio de la Unidad Industrial, próximo al local de colecta de muestra y de su preparación, debiendo tener su temperatura ambiente interna mantenida a 20 ± 5ºC (veinte más o menos cinco grados Celsius).

Será de responsabilidad de la unidad industrial la operación del sistema de evaluación de la calidad de la materia prima, incluyendo todas las etapas, desde los pesajes de la caña hasta el procesamiento de datos.

Los muestreos en las cargas deben ser efectuados por sonda mostradora mecánica horizontal u oblícua. La sonda mostradora deberá estar localizada después de la balanza de pesaje de carga. Cuando se trate de sonda mostradora mecánica del tipo horizontal, la muestra será compuesta por 3 (tres) muestras simples, retiradas en puntos diferentes de la carga, no debiendo ocurrir coincidencia en las alineaciones vertical u horizontal. En cargas de caña entera, las posiciones de muestreo por sonda mostradora mecánica del tipo horizontal serán definidas por sorteo informatizado, llevándose en cuenta el número de vanos pasibles de muestreos existentes en las carrocerías. En cargas de caña cosechada mecánicamente y picada, la muestra deberá ser compuesta por 3 (tres) muestras simples, retiradas en puntos diferentes de la carga, dispuestos en sentido diagonal de las carrocerías. Cuando se trate de sonda mostradora mecánica oblicua, la muestra podrá ser retirada en apenas 1 (un) punto aleatorio de la carga. El peso de la muestra compuesta (tres muestras simples) no podrá ser inferior a 10 kg (diez kilogramos). Los vehículos utilizados para el transporte de caña de azúcar deberán tener, necesariamente, sus carrocerías adaptadas para los muestreos por sonda mecánica. Cuando la caña fuere transportada en vehículos con uno o más acoplados, estos serán considerados cargas separadas para fines de muestreo.

El material a ser analizado resultará de la mezcla de las muestras simples, preparadas en aparatos desintegradores, homogeneizadas y analizadas en instrumentos, cuyos parámetros de desempeño están definidos en Normas Operativas. La homogeneización de la muestra deberá ser efectuada mecánicamente, en aparatos tipo mezcladora. El pesaje de 500 ± 0,5 g (quinientos, más o menos cinco decigramos) de la muestra final homogeneizada mecánicamente, será hecho

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

en balanza de preciión, electrónica y con salida para impresora y/o registro magnético, con legibilidad de hasta 0,5g (cinco decigramos).

El mosto será extraido en prensa hidráulica, con presión mínima y constante de 24,5 MPa (veinticuatro y cinco décimos megapascal), correspondiente a 250 kgf/cm² (doscientos cincuenta kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado) sobre la muestra, durante el tiempo de 1(un) minuto. La determinación de brix (sólidos solubles por ciento de mosto) será realizada en refractómetro digital de lectura automática, con corrección automática de temperatura, salida para impresora y/o registro magnético y resolución máxima de 0,1° (un décimo de grado) Brix, debiendo el valor final ser expresado a 20ºC (veinte grados Centígrados).

La pol del mosto (sacarosa aparente por ciento de mosto) será determinada en sacarímetro automático digital, con peso normal igual a 26g (veintiséis gramos), resolución de 0,01° S (un centésimo de grado Sugar) y medido a 20ºC (veinte grados Celsius), provisto de tubo polarimétrico, con longitud de 200 mm (doscientos milímetros), de flujo continuo y con salida para impresora y/o registro magnético de datos, después de clareamiento del mosto con mezcla clareadora a base de alumínio.

La cantidad de la mezcla clareadora a base de aluminio recomendada para el clareamiento deberá ser, como mínimo, de 6g/100ml (seis gramos por cien mililitros de mosto extraido).

La transformación de la lectura sacarimétrica con la mezcla clareadora a base de aluminio, para la lectura equivalente a base de subacetato de plomo, será hecha por la expresión:

$$LPb = 1{,}00621 \times LAl + 0{,}05117$$

En donde:

- LPb = lectura sacarimétrica equivalente a la de subacetato de plomo;
- LAl = lectura sacarimétrica obtenida con la mezcla clareadora a base de aluminio.

El tenor de azúcares reductores (AR) por ciento de mosto podrá ser determinado directamente por el método de Lane & Eynon o calculado por la ecuación:

$$AR\ \%\ caldo = 3{,}6410 - 0{,}0343 \times Q$$

En donde:

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Q = pureza del mosto, expresada en porcentual.

El brix y la pol del mosto extraido podrán, también, ser determinados utilizándose el sistema analítico por Espectrofotometría de Infrarrojo Próximo (NIR), después de definición de las curvas de calibración, construidas con los resultados de los métodos descritos anteriormente. **Las** curvas de calibración deberán ser actualizadas a cada zafra, a través de inserción de nuevos pares de datos representativos obtenidos en el transcurso de las referidas zafras.

La fibra industrial por ciento de caña (F) podrá ser determinada por el método de Tanimoto:

$$F = 0{,}08 \times PBU + 0{,}8760$$

En donde:

- PBU = peso del bagazo húmedo, en gramos.

La pol de la caña (PC) será calculada a través de la expresión:

$$PC = S \times (1 - 0{,}01F) \times C$$

En donde:

- S = pol del mosto extraido, calculada por la ecuación:
- S = (1,00621 x LAl + 0,05117) x (0,2605 - 0,0009882 x brix);
- F = fibra industrial por ciento de caña;
- C = coeficiente de transformación de la pol del mosto extraido en pol del mosto absoluto, calculado por la fórmula:
- C = 1,02626 - 0,00046 x PBU, ó C = 1,0313 - 0,00575 x F

El tenor de azúcares reductores por ciento de caña (ARC) será calculado, por la ecuación:

$$ARC = AR\ \%\ mosto \times (1 - 0{,}01F) \times C$$

En donde:

- ARC = azúcares reductores de la caña, en porcentual;
- C = coeficiente de transformación definido, conforme Art. 7º.

El Azúcar Total Recuperable (ATR) será calculado por la fórmula:

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

$$ATR = 9{,}26288 \times PC + 8{,}8 \times ARC$$

En donde:

- PC = pol de la caña;
- ARC = azúcares reductores por ciento de caña.

Las colectas de los datos de pesaje de caña, resultados analíticos y de los tiempos de quema deberán ser automatizadas, debiendo quedar a disposición del productor de caña y de su asociación de clase un comprobante impreso o registro magnético, luego después de la última determinación analítica.

Los valores tecnológicos quincenales ponderados y las informaciones sobre la caña suministrada, con la identificación del productor y del respectivo fondo agrícola, deberán, impreteriblemente, ser encaminados por medios magnéticos, hasta 5 (cinco) días hábiles después del término de la quincena, a los órganos responsables y a las asociaciones de clase de los productores de caña.

Los representantes autorizados por las asociaciones de clase podrán acompañar todos los procedimientos utilizados para evaluar la calidad de la caña (entrega de la caña en la balanza, la precisión de la balanza de pesaje de las cargas; los muestreos de las cargas, la preparación y la homogeneización de la muestra, las condiciones ambientales y operativas del laboratorio, bien como los procedimientos analíticos y la consistencia del sistema de colecta de los datos de la balanza de pesaje de cargas, del laboratorio y del procesamiento de esos datos). También les queda permitido a los representantes de las asociaciones de clase retirar muestras de caña y/o de mosto, para fines de comparaciones de resultados.

Cuando se constate existencia de cualquier irregularidad en la aplicación de estos procedimientos, los representantes de las asociaciones de clase tendrán el derecho de exigir una acción correctiva inmediata por parte del laboratorio y, caso esto no ocurra, la irregularidad deberá ser comunicada por escrito al órgano responsable, que deberá, delante de los hechos relatados y en el ámbito de sus atribuciones, analizar y emitir juicio sobre el asunto.

No será permitida la anulación de muestras o de valores analíticos, sin la previa concordancia entre la unidad industrial y el representante de la asociación de clase.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.8.6 De la Entrega de la Caña de azúcar

La caña entregada después de los tiempos establecidos, a criterio de la Unidad Industrial, podrá sufrir descuentos en el valor de la tonelada de caña, conforme la expresión:

$$K = 1 - (H - T) \times 0{,}002$$

En donde:

- K = factor de descuento a ser aplicado a la cantidad de ATR del productor;
- H = tiempo, en horas, de la respectiva quema.

Los proveedores de caña deberán informar, por escrito, la hora de la quema a la Unidad Industrial, salvo cuando dispensado de esta obligación.

Será descontado del tiempo que compone el factor K: el tiempo de interrupción del recibimiento de caña en las Unidades Industriales motivado por causas no programadas; el tiempo de espera en la fila de entrega en la Unidad Industrial, durante los períodos destinados a la entrega de caña, respetándose la proporcionalidad entre entregas de la caña propia y la de proveedores. Y no será aplicado el factor K, cuando los servicios de cosecha sean efectuados por la Unidad Industrial o empresa prestadora de estos servicios por ella administrada.

La materia prima entregada después de 120 (ciento veinte) horas corridas de la quema queda excluida de este sistema de evaluación de la calidad de la caña.

2.1.8.7 Da Metodología de Formación del Precio Final de la Caña de azúcar

La formación del valor de la tonelada de caña será establecida con base en el precio medio ponderado del ATR (Azúcar Total Recuperable), calculado a partir del precio del azúcar, practicado en los mercados interno y externo, del precio del alcohol de todos los tipos, practicado

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

en los mercados interno y externo, libres de impuestos o flete, en función de la composición ("mix") de la producción de cada unidad industrial.

En la formación del valor de la tonelada de caña de azúcar en relación a cada unidad industrial serán utilizados los siguientes parámetros: la calidad de la caña, verificada conforme su concentración en Azúcar Total Recuperable (ATR); el precio del azúcar y del alcohol libre de impuestos o flete, en relación al mercado externo e interno; y la participación del costo de la caña de azúcar (materia prima) en el costo del azúcar y del alcohol.

2.1.8.8 De la Determinación de la Cantidad de Azúcar Total Recuperable (ATR) en la Caña de azúcar Entregue

Para fines de reglamento y normatización del método, algunos conceptos deben estar claros entre las partes interesadas

La fórmula para la determinación de la cantidad de ATR, en kilogramos por tonelada de caña es:

$$ATR = 10 \times PC \times 1{,}0526 \times (1 - PI/100) + 10 \times AR \times (1 - PI/100)$$

En donde:

- PC = pol de la caña, que determina la cantidad de sacarosa aparente en la caña de azúcar.
- PI = la pérdida industrial media de los azúcares contenidos en la caña de azúcar en función de los procesos industriales y tecnológicos utilizados;
- AR = azúcares reductores, que determina la cantidad conjunta de frutosa y glucosa contenida en la caña de azúcar;
- 1,0526 = el factor de cálculo estequiométrico de transformación de sacarosa en azúcares reductores.

2.1.8.9 De la Determinación del Precio de la Tonelada de Caña de azúcar Entregada

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Para la determinación del precio de la tonelada de caña de azúcar deberán ser utilizados los siguientes valores:

- Las cantidades, convertidas en kilogramos de ATR, conforme los factores estequiométricos de conversión previamente divulgados de la producción total de la Unidad Industrial, de cada uno de estos productos: azúcar (mercado interno) (ACI); azúcar (mercado externo) (ACE); alcohol anhidro residual (AAR); alcohol hidratado residual (AHR); alcohol anhidro directo (AAD); alcohol hidratado directo (AHD);

- Los precios medios (PM), convertidos en precio de ATR, practicados durante la zafra, en la condición libre de impuestos y fletes de cada uno de los productos derivados de la caña: Alcohol Anhidro Carburante (Mercado Interno y Externo); Alcohol Hidratado Carburante (Mercado Interno y Externo); Alcohol Hidratado otros fines (Mercado Interno y Externo); Azúcar (Mercado Interno y Externo); y

- La participación media (P) del costo medio de reposición de la materia prima, en relación al costo medio de reposición de cada producto acabado del ítem I (representada en formato porcentual y redondeado con 2 (dos) casas decimales).

Para la determinación del precio medio, en reales, del kg del ATR de la caña de azúcar entregada por el productor (PATR) se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$PATR=0{,}001 \times \{[(ACI \times PM \times P) + (ACE \times PM \times P) + \ldots + (AHD \times PM \times P)] / [(ACI) + (ACE) + \ldots + (AHD)]\}$$

Para la determinación del precio de la tonelada de caña de azúcar debido al productor de caña de azúcar se aplicará la siguiente ecuación:

Total debido = (PATR x cantidad de ATR entregada por cada productor de caña de azúcar) / Cantidad de caña de azúcar entregada por el Productor en toneladas.

2.1.9 Estrategias del Emprendimiento

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

La planificación del emprendimiento fue basada en la definición de estrategias básicas, que incluyen la compra de toda la materia prima demandada por la destilería a partir de productores rurales locales, por medio del fomento de informaciones fitotécnicas del cultivo de la caña de azúcar.

Para tanto, fueron consideradas las etapas críticas en el proceso de producción agrícola, como el plantío manual, la cosecha mecanizada y las aplicaciones de productos fitosanitarios y suministro de mudas, que serán ejecutadas por la usina a través de la prestación de servicios.

La definición de las estrategias resultó en la obtención del escenario base, que engloba las productividades medias, datos generales de la planificación y la adquisición del área requerida para la implantación de la industria.

La Tabla 2.1.9.1 presenta las productividades a lo largo de los seis cortes, según la localización del emprendimiento en **El Salvador** a partir de estudios previos en la región.

Tabla 2.1.9.1

Productividad Agrícola considerándose a longevidad del cañaveral

Productividades ($t.ha^{-1}$)	Caña de Año	Caña de Año y Medio
1º corte	90,58	110,00
2º corte	88,42	88,42
3º corte	83,91	83,91
4º corte	83,34	83,43
5º corte	80,45	80,45
6º corte	77,56	77,56
PROMEDIO	84,03	87,28

Se observa en la Tabla 2.1.9.2 el requerimiento de tierras y los dispendios necesarios para la planta industrial, bien como para los demás sectores de la empresa.

Tabla 2.1.9.2

Adquisición de área para la implantación de emprendimiento

Adquisición de Tierra	ha	Precio (US$)
Área Industrial	120	480.000

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

DAM (Represa)	40	160.000

Se observan en la Tabla 2.1.9.3 las premisas básicas para la planificación de la implantación del emprendimiento industrial. Conforme ya citado, el montante total requerido de caña de azúcar será adquirido de productores locales, en el valor de US$ 20,00 por tonelada de caña. La eficiencia de la producción de etanol será de 84%, o sea, serán producidos 84 litros de etanol por tonelada de caña de azúcar que entre en la usina.

El valor definido del etanol fue de US$495,00 por metro cúbico según el análisis de las series temporales del etanol lo que confiere conservadorismo en el estudio. Se destaca que el mercado de ese producto presenta un ajuste de curto plazo, debido a las cuestiones de oferta y de demanda, pues se esperan incremento de las oportunidades por la búsqueda del producto según las exigencias del uso de combustibles limpios en el mundo.

Tabla 2.1.9.3

Premisas básicas para la implantación de emprendimiento

Datos Generales de Planificación	
Valor de Compra da Caña (US$.t^{-1})	20,00
Precio do Etanol (US$.m^{-3})	495,00
Rendimiento en la Producción de Etanol (l.t^{-1})	84,00

2.1.10 Análisis Socioeconómico

2.1.10.1 Características Demográficas y Sociales

El Salvador tiene una población de aproximadamente 7 millones de habitantes, con densidad de 333 habitantes por kilómetro cuadrado. Se trata de una población de perfil joven, con edad promedio de 22 años y 36% de la población con 14 años o menos, indicadores similares a aquellos verificados en otros países latinoamericanos. A pesar de las elevadas tasas de emigración, el país exhibe un crecimiento de la población acelerado, bastante superior al promedio mundial, lo que se debe tanto a la elevada tasa de natalidad como las tasas de mortalidad relativamente bajas (Figura 2.1.10.1.1).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.1.1

Dinámica de población (al año)

	El Salvador (%)	Promedio mundial (%)
Natalidad	2,63	2,03
Mortalidad	0,56	0,01
Emigración liquida (emigración - inmigración)	0,35	-
Crecimiento da población	1,69	1,17

Fuentes: Indicadores del Milenio del Banco Mundial; ONU

Los indicadores del Banco Mundial indican que **El Salvador** apenas a partir de la década de 90 comienza a ser un país mayoritariamente urbano. Entre 1990 y 2005, la población de las ciudades pasó de 49% para 60%, una diferencia de 1,6 millones de habitantes. El porcentaje de la población viviendo en aglomeraciones con más de un millón de habitantes aumentó de 19% para 22% en el mismo período.

El Salvador enfrenta significativos desafíos sociales. Mientras las tasas de desempleo oficiales son bajas, oscilando suavemente alrededor de los 7%, estadísticas del Ministerio del Trabajo sugieren que cuando se lleva en consideración el subempleo y otras formas de trabajo precario, el nivel de desempleo real está más próximo de 25%. Este patamar es más compatible con la realidad de un país duramente castigado por catástrofes naturales de los más diversos tipos como con el panorama macroeconómico sectorial de una economía que hasta poco tiempo atrás era esencialmente monoexportadora, pasando por importantes transformaciones en un período muy corto de tempo.

La renta *per capita* (ajustada por PPP[13]) de **El Salvador** fue de US$ 4.900 en 2006, lo que coloca al país en la 133ª posición en el *ranking* mundial entre los 209 países analizados por el Banco

[13] *Purchasing power parity*, o paridad del poder de compra, una tasa de cambio ajustada tal que dos cestas equivalentes de bienes y servicios en dos países cualquiera tengan el mismo precio. A través de este tipo de medición es posible comparar el estándar de vida entre los países independientemente de las coyunturas.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Mundial. Entre 1992 y 2002, el índice de Gini presentó un deterioro, pasando de 0,50 para 0,52, aunque la fracción de la población debajo de la línea de pobreza de la CEPAL haya caído de 54% para 49% (Hammil, 2005).

2.1.10.2 Indicadores Macroeconómicos

A partir del final de la guerra civil en 1992, el gobierno salvadoreño ha adoptado políticas económicas para las reformas rigurosamente pro-mercado, como desregulación, desestatizaciones, la liberalización del comercio exterior y un severo ajuste del sector público. Es en este contexto político-económico y en el final de este proceso de reformas que ocurrió, en enero de 2001, la más notoria mudanza de política económica realizada en **El Salvador**, la difícilmente reversible reforma monetaria que introducía el dólar norteamericano como la moneda corriente del país.

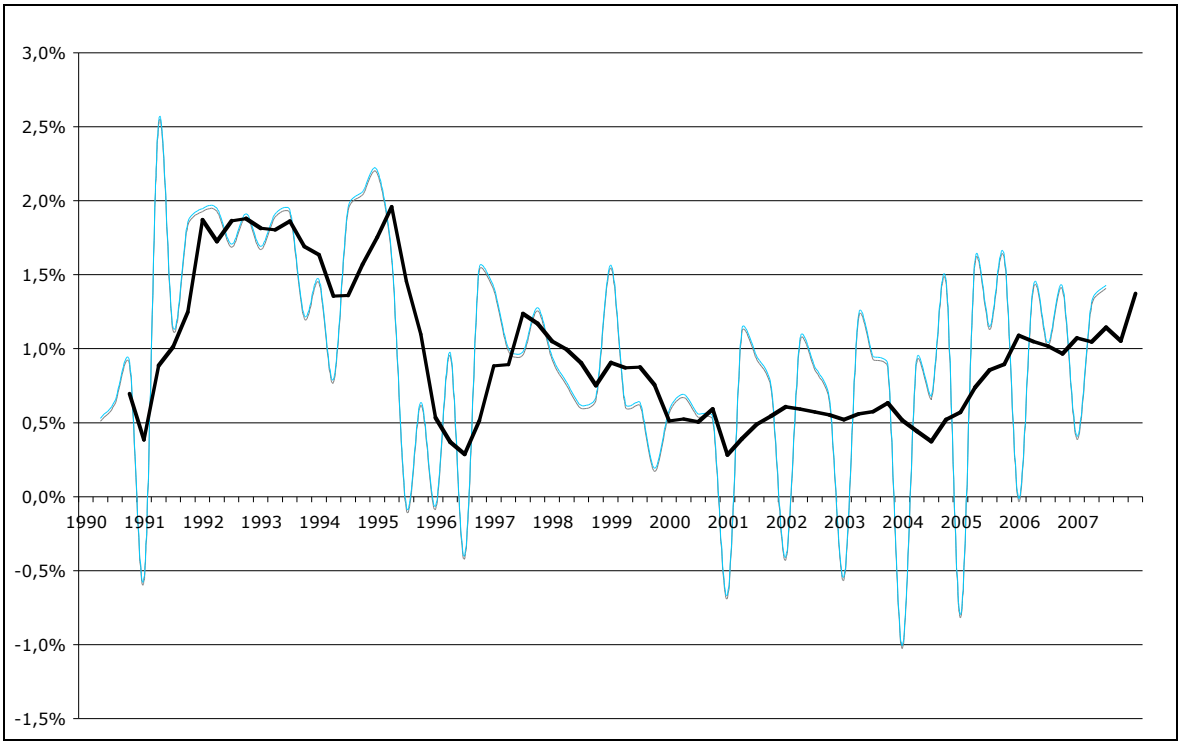
La dolarización parece ser la culpa de un proceso de reforma que en diez años dejó una economía transformada, habiendo asumido francamente la estrategia de limitar las propias posibilidades de política económica, en cambio de lucros de credibilidad y estabilidad asociados, como la capacidad de atraer inversiones y de formar capital a largo plazo.

El producto interno bruto de **El Salvador**, en 2006, fue computado por el Banco Mundial como siendo de US$ 30,6 mil millones, lo que sitúa al país en la 99º posición en el *ranking* mundial. Desde el inicio de la década de 1990, el crecimiento del PIB pasó por dos fases marcadamente distintas – una de crecimiento fuerte (1990-1995) y una de relativa estagnación (1996-2000), con tasas nominales promedio de crecimiento respectivamente de 6,0% y 3,1%

Figura 2.1.10.2.1

Crecimiento real del PIB (trimestral y promedio móvil de cuatro trimestres).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.



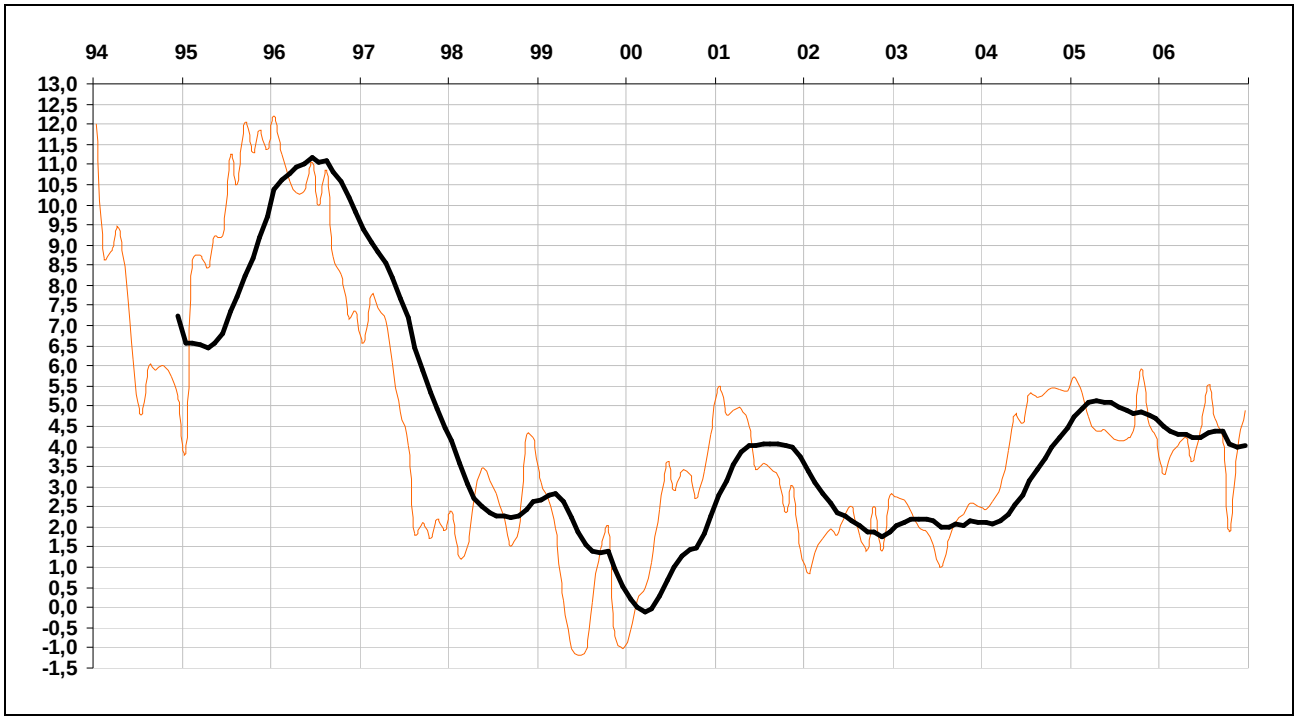
Este cambio de ciclo está asociado, en primer lugar, a un cambio de panorama y la economía internacional con una serie de crisis financieras que dominó en la segunda mitad de la década de 1990. Esto no solo representó un choque en el flujo de inversiones, como hizo con que las autoridades monetarias salvadoreñas aumentasen las tasas de intereses para controlar la inflación. En segundo lugar, hubo una salida natural de los lucros iniciales con las reformas y con el esfuerzo de reconstrucción. Finalmente, no se puede subestimar la relevancia económica del paso del huracán Mitch en 1998, bien como de los terremotos y sequías de 2001, para la continuidad de la crisis aún después de la estabilización de los mercados financieros internacionales y el fin del panorama global negativo asociado.

En la Figura 2.1.10.2.2 se muestra la trayectoria de la inflación durante y después de ese cambio de ciclo. La alta de la inflación que se sigue al choque de oferta es seguida por una contracción fiscal severa que resulta en una progresiva reducción de la demanda agregada y consiguientemente de la inflación.

Figura 2.1.10.2.2

Inflación mensual (%) y promedio móvil (12 meses)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.



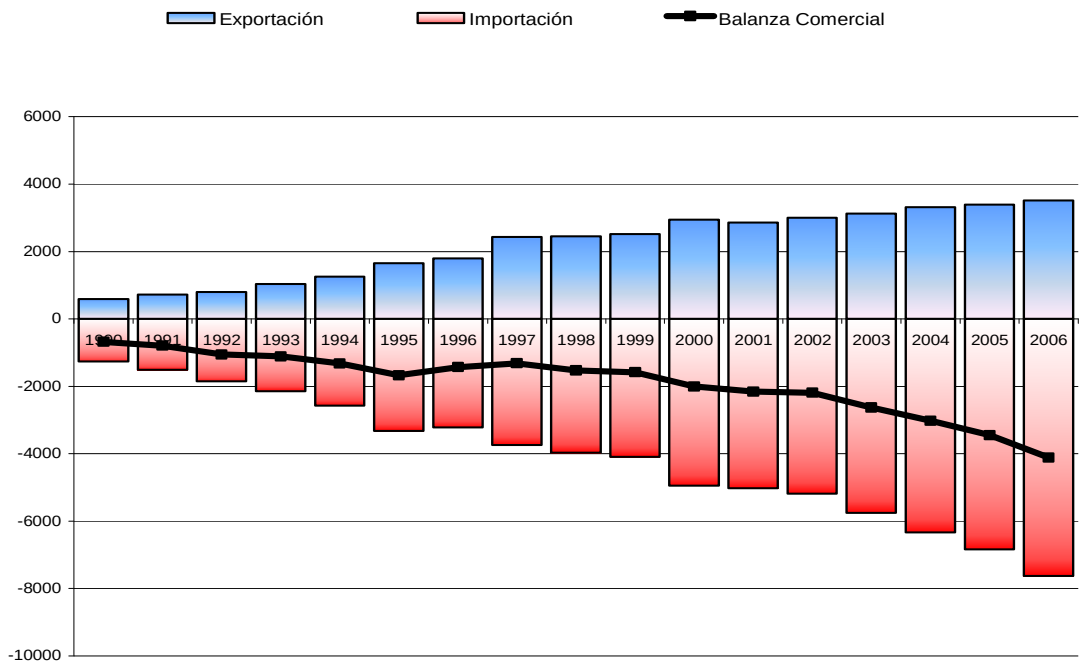
Es importante resaltar que, aunque la política fiscal haya sido el instrumento preponderante de ajuste macroeconómico durante el período 1996-2001, el governo salvadoreño todavía poseía el control de la política monetaria. A partir de la eliminación del colón como medio circulante, los niveles de déficit (o superávit) fiscal pasan a ser el único instrumento de administración de la demanda detenida por el gobierno salvadoreño. A pesar del mantenimiento de políticas restrictivas, se nota a partir de 2005 una tendencia de retomada del crecimiento, acompañada por una elevación del patamar de inflación.

La balanza comercial viene tornándose más deficitaria en los últimos años (Figura 2.1.10.2.3). Este es un comportamiento básicamente comandado por las importaciones, que crecieron fuertemente a partir de 1995. Es importante resaltar que, a pesar de no acompañar el mismo ritmo, las exportaciones también presentan una tendencia positiva.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.2.3

Balanza comercial (US$ milhones)



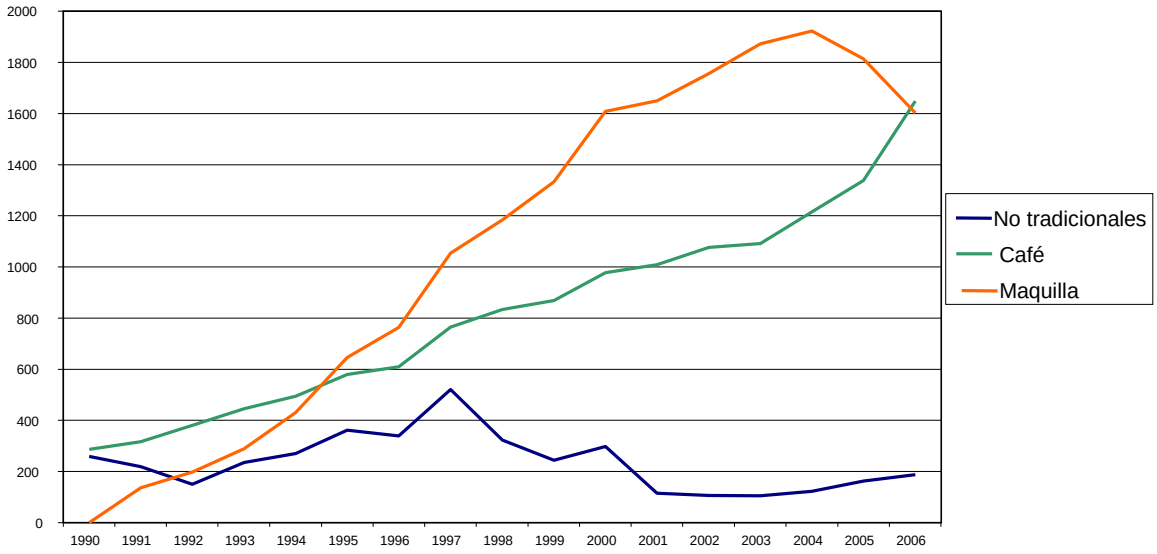
En la pauta de exportaciones se han destacado actividades no tradicionales en la economía salvadoreña, principalmente las operaciones de maquillaje (Figura 2.1.10.2.4). Es preciso llevar en cuenta, entretanto, que la mayor parte de las divisas generadas por las operaciones de maquillaje correspondidas por pagos en operaciones de importación, aunque el resultado neto de estas operaciones sea positivo. Entre las otras operaciones no tradicionales, hasta recientemente contabilizadas como un bloque único en las cuentas nacionales, destacan el alcohol etílico (que de enero a setiembre de 2007 sumó US$ 118 millones), medicamentos (US$ 74 millones mismo período), atún y papel higiênico (60 millones cada uno). En contraste, el producto de exportación más tradicional del pais, el café, sufre una gran caída tanto en valor generado por su exportación

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

como en su importancia relativa. Uno de los factores más importantes para este fenômeno es la caída en los precios internacionales del *commodity.*

Figura 2.1.10.2.4

Evolución de las exportaciones.

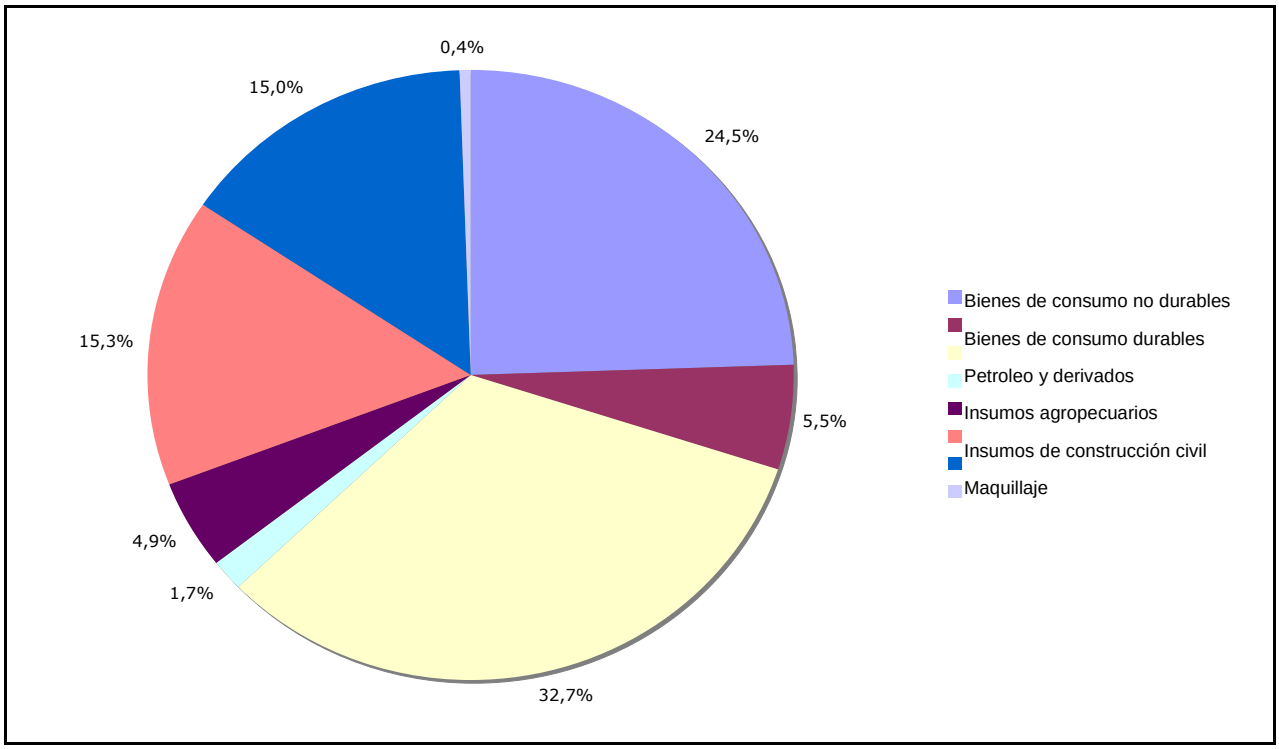


El sector más destacado la pauta de importaciones es el de petróleo y derivados, seguido por los bienes de consumo no durables (Figura 2.1.10.2.5). Las importaciones de bienes de capital entran en tercer lugar, lo que refleja el esfuerzo de industrialización del país. Además de las operaciones de maquillaje, las compras de bienes durables e insumos para la construcción civil son también relevantes.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.2.5

Pauta de importaciones (2006)



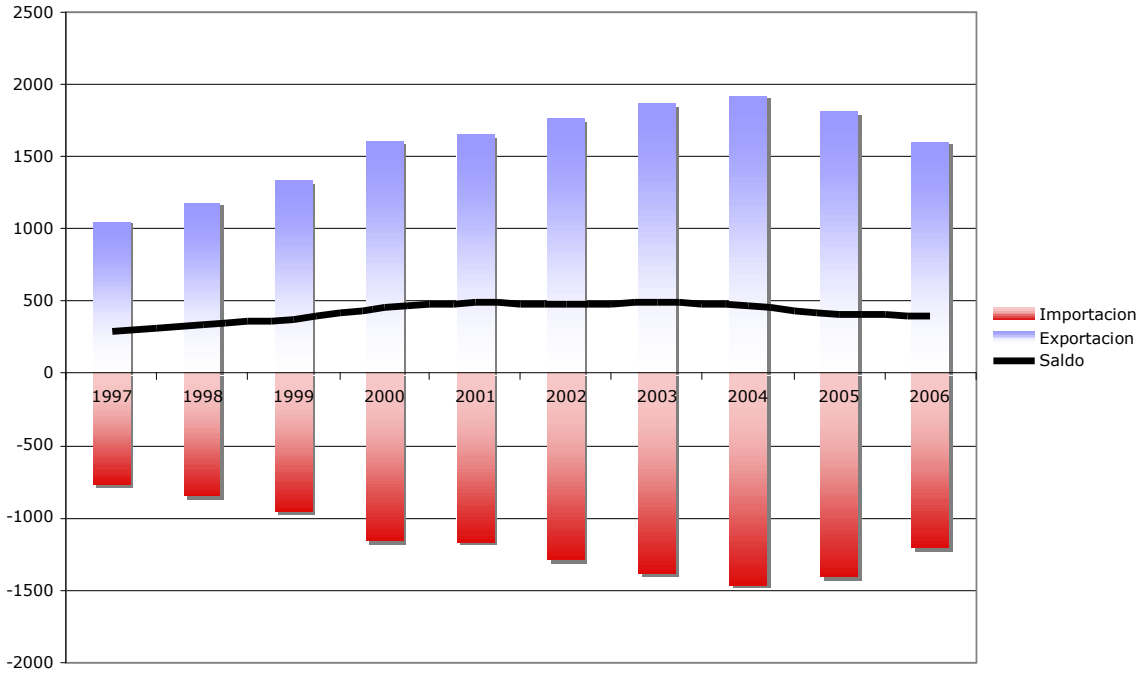
2.1.10.3 Características Sectoriales

Durante la mayor parte del Siglo XX, **El Salvador** fue una economía basada en la exportación de café. A partir de la guerra civil en la década de 1980 y la concomitante caída en los precios internacionales del commodity, el país viene esforzándose para diversificar su perfil sectorial. Para eso, entre otras medidas, fueron creadas 15 zonas francas, que facilitan ciertos tipos de operaciones de *outsourcing*, especialmente la industria maquilladora (Figura 2.1.10.3.1). La operación de maquilaje consiste en el montaje final para exportación inmediata de un producto cuyos componentes completos son importados. En la ausencia de tributos de comercio internacional, esta es una forma eficiente de exportación de servicios de mano de obra manual sin emigración.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.3.1

Evolución de la industria de maquilaje (en millones de dólares).



Puede verse en la amplitud de las barras de exportación e importación el crecimiento de las operaciones de maquillaje en **El Salvador**. Además de tratarse de una importante fuente de empleo para mano de obra poco calificada, el maquillaje está en segundo lugar (después de las remesas directas de trabajadores al exterior) en las contribuciones positivas para la balanza de pagos.

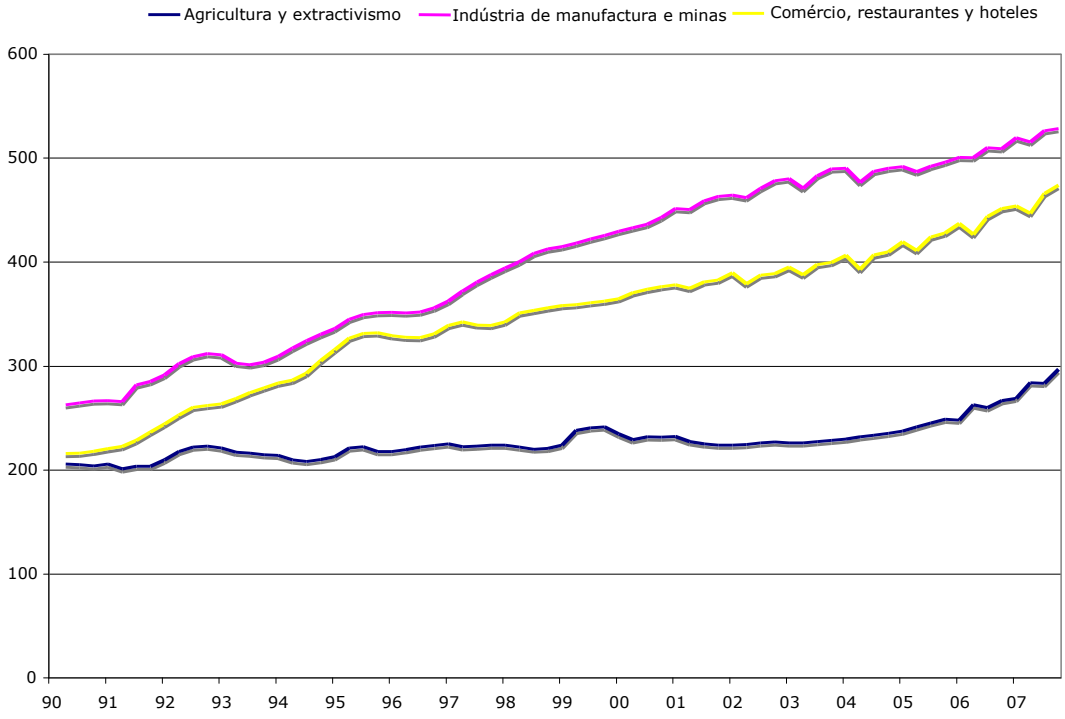
Las operaciones de maquillaje son uno de los principales factores que contribuyen para la predominancia de la industria en la composición sectorial del PIB salvadoreño, juntamente con la herencia de un proyecto de industrialización mediado por el Estado de la década de 1970. Entretanto, la alta tasa de importación de bienes de capital indica un importante esfuerzo de inversión en modernización de la estrutura económica del país.

El sector que más ha crecido recientemente es el de comercio, restaurantes y hoteles (Figura 2.1.10.3.1). Buena parte de este impulso ha sido dado por el gran crecimiento del sector de turismo, activamente impulsado por el gobierno.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.3.1

Evolución de los principales componentes del PIB trimestral (en millones de dólares)



2.1.10.4 Desafíos Económicos

El Salvador enfrenta problemas similares a los de muchas economías latinoamericanas en desarrollo. No es claro que su transición de una economía agroexportadora basada en único *commodity* para una economía industrial diversificada se haya completado, principalmente teniendo en vista el deterioro de estadísticas de distribución de renta y las precarias tasas de empleo. El crescimento de su economía acontece de manera irregular, ocurriendo fases de mayor euforia seguidas de períodos de estagnación. La situación de sus cuentas externas, aunque esté lejos de ser precaria, es siempre motivo de cuidados, haya vista los resultados consistentemente deficitarios de las balanzas comerciales y de pagos.

Más todavía, como una pequeña economía que debe importar la mayor parte de sus recursos, **El Salvador** se depara con una sensibilidad mayor a choques externos de oferta que economías más robustas absorben mejor. La necesidad de responder con choques recesivos de demanda con el fin de mantener la inflación baja perjudica más todavía a las tasas de crecimiento,

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

caracterizando la fragilidad típica de un país pequeño que debe optimizar sus recursos. Entretando, las opciones de política económica tomadas en **El Salvador** a lo largo de la década de 1990 resultan en un conjunto de desafíos económicos significativamente diferentes de lo enfrentado por la mayoría de los países de estructura subyacente similar.

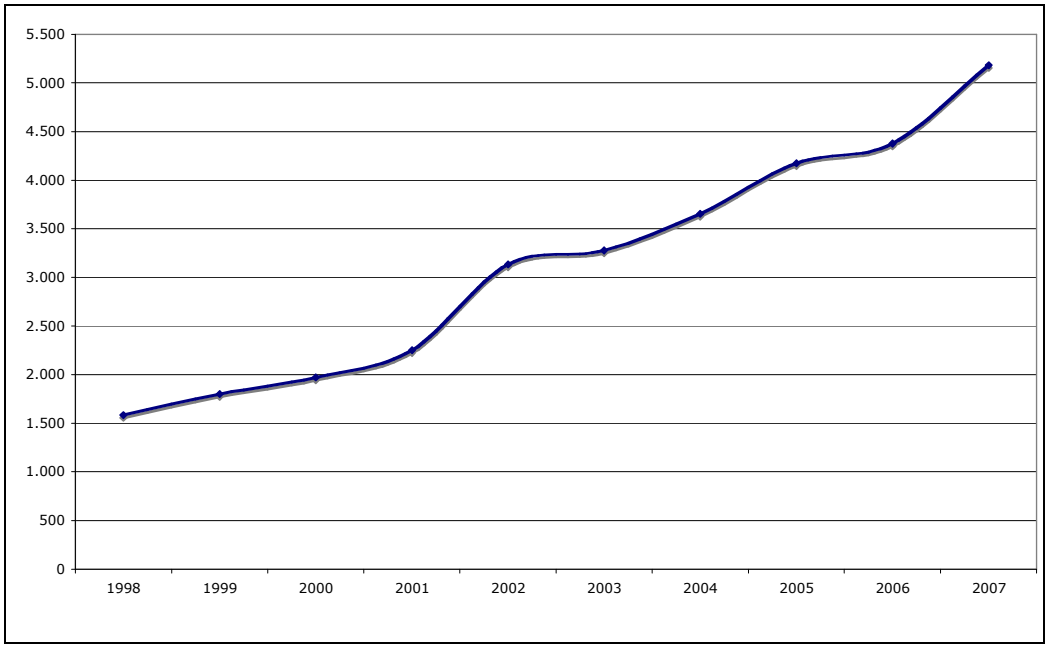
A partir de 1992 el país comenzó a realizar medidas orientadas a una filosofía de mercado, como desregulación de varios sectores, fluctuación cambiaria y liberalización del comercio exterior, reduciendo barreras y tarifas. Este fue un proceso por el cual muchos países latinoamericanos pasaron, por una conjunción específica de factores conyunturales y políticos de cada país. No obstante, **El Salvador** asumió un compromiso particularmente fuerte con esta orientación en su formulación de políticas, siendo consistente en el recorte del sector público aún en face a presiones sociales, tomando medidas de contracción de la demanda contundentes en respuesta a choques internacionales de oferta y no interviniendo en la crisis de sectores tradicionales como el café. La culminación de este proceso fue la eliminación de la moneda nacional en favor de la adopción del dólar como moneda circulante. Esta última medida genera fuerzas y debilidades únicas para la economía salvadoreña.

Tal vez el aspecto más nitidamente ventajoso de la dolarización sea respecto a la inversión extranjera directa, un componente importante tanto de la balanza de pagos, y a corto plazo, como de la formación de capacidad productiva, a largo plazo. La inestabilidad en las inversiones extranjeras directas constituye uno de los problemas comunes a la mayoria de los países latinoamericanos. Esta inestabilidad se debe principalmente a la inconsistencia temporal de las políticas soberanas de los países, que afectan el valor de las inversiones realizadas. La literatura ortodoxa de política económica suele recomendar que se empleen reglas claras y fijas. Es en ese sentido que, aliada a la política fiscal que ha actuado consistentemente en el sentido de mantener la inflación baja y estabilizar la economía, la dolarización representa un gran incentivo a la inversión extranjera, lo que puede traer buenos prospectos a mediano y largo plazo (Figura 2.1.10.4.1).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.4.1

Inversión directa extranjera (millones de dólares).



Por otro lado, con la dolarización, el gobierno de **El Salvador** abdica de la posibilidad de ejercer una política monetaria independiente. El Banco Central pierde no solamente el control sobre la oferta de moneda, como también la capacidad de influenciar la demanda de moneda a través del calibraje de la tasa de intereses básica de la economía, con el objetivo de controlar la inflación o combatir una recesión. De esta forma, las únicas herramientas disponibles de política económica son aquellas que actúan directamente sobre la economía real, principalmente la política fiscal y la política industrial/microeconómica – esto es, los impactos de los gastos del gobierno, de la tributación y/o subsidios, y de incentivos industriales y comerciales sobre la oferta y la demanda agregada y sobre el comercio exterior.

Fuentes e Silva (2004) hacen una revisión de la literatura sobre el uso de la política fiscal en economías que adoptaron un modelo de integración monetaria, y discuten su aplicabilidad a **El Salvador**. La administración de una política fiscal estabilizadora se muestra compleja, aunque factible, teniendo en vista las no linearidades generadas por la endogeneidad de los premios de riesgo (y consiguientemente de la inversión extranjera y de la balanza de pagos).

Pesados todos esos factores, queda claro que tanto los problemas apuntados al inicio de esta sección precisan ser significativamente mediados por el ámbito microeconómico. En este

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

contexto, tal vez el principal desafío del país actualmente sea profundizar el proceso de diversificación de su economía, tanto en el campo agropecuario como en el industrial. Aunque exista un equilibrio delicado entre el aprovechamiento de economías de escala y los lucros macroeconómicos de diversificación, es importante pesar los efectos acumulativos de la robustez sistémica al pensarse ese *trade-off*.

Un subsidio importante para el desarrollo de políticas microeconómicas es identificar la importancia relativa de los diversos sectores económicos para el crecimiento económico del pais. Melgar, Fuentes y Morales (2005) efectúan un análisis con este objetivo, utilizando multiplicadores de Rasmussen modificados para identificar sectores estratégicos en la matriz insumo-producto. Fueron considerados estratégicos sectores que responden relativamente bien a un choque en la demanda agregada y propagan ese choque para su cadena de insumos. Sectores que se destacaron fueron los de productos de minería, papel y similares, química de base y elaborados, productos para refinación de petróleo, productos de goma, material de transporte, electricidad, transporte y almacenamiento, comunicaciones e intermediación financiera. Es importante resaltar, entretanto, que análisis basados en matrices insumo-producto endosan implícitamente una serie de hipótesis, siendo que tal vez la más fuerte sea la de estabilidad temporal de las tecnologías de producción, tanto en lo que se refiere a las dependencias entre sectores como dentro de cada sector individual.

2.1.10.5 Análisis de la Matriz Energética de El Salvador[14]

El objetivo de la presente sección es cuantificar los impactos de la introducción de la producción de etanol biocombustible en **El Salvador** sobre la matriz energética de este país, con base en un análisis de las fuentes de energía, perfil de oferta y consumo interno y balanza comercial.

El Salvador contaba, en 2004, con una oferta total de 4,49 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep)[15] en fuentes de energía primaria. Esta oferta corresponde a 2,44 millones de tep de

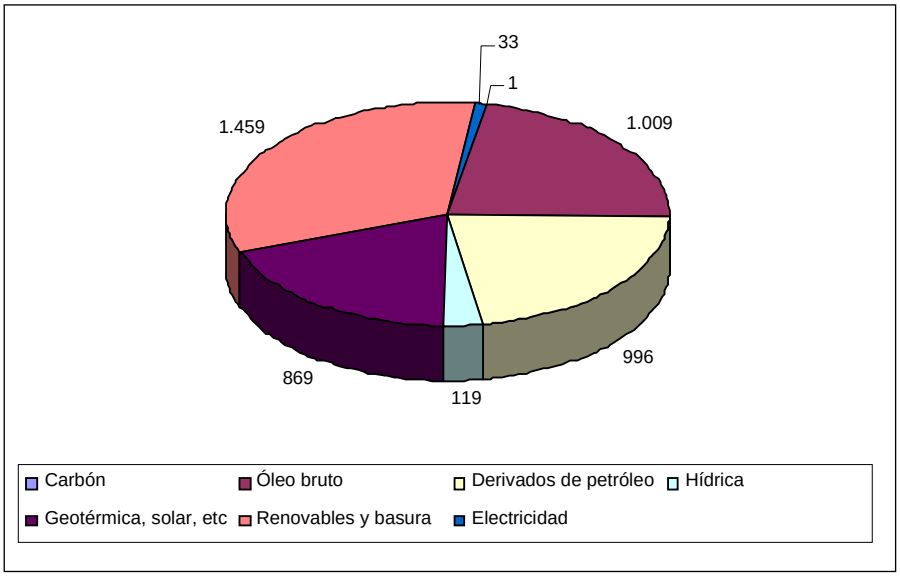
[14] Esta seción fue elaborada con base en datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), referentes al año 2004.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

producción interna, importaciones de 2,34 millones de tep, y 270 mil tep exportados. Las variaciones de stock correspondieron a 24 mil tep, menos de 1% del total de la oferta.

Las importaciones de energía primaria consistieron principalmente en derivados de petróleo y aceite bruto, con pequeñas participaciones de renovables y electricidad. La producción local, por otro lado, fue principalmente de combustibles renovables (especificamente biomasa) y de energía geotérmica, habiendo también una presencia de energía hídrica (Figura 2.1.10.5.1). Las exportaciones fueron casi que exclusivamente de derivados de petróleo, refinados a partir de petróleo importado.

Figura 2.1.10.5.1
Fuentes de energía primaria (1000 tep)
El Salvador, 2004

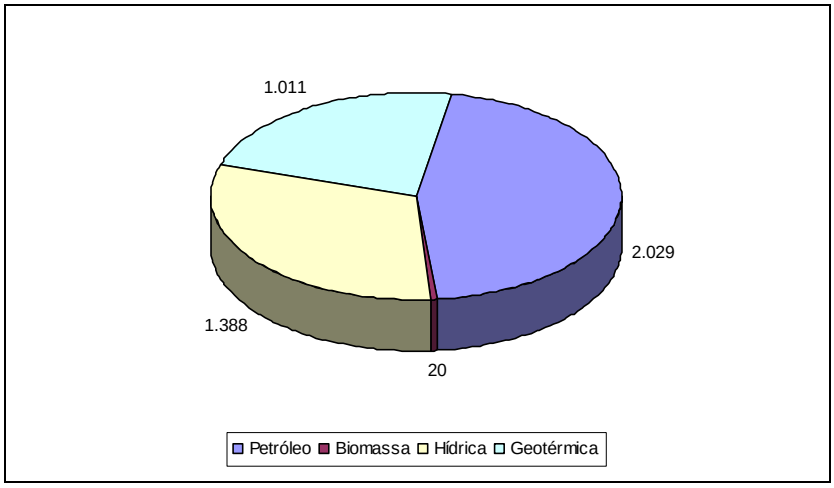


[15] La tonelada equivalente de petróleo (tep) es la unidad estándar de medida de energía utilizada en los estudios de la IEA. La conversión en tep de las unidades de medida originales referentes a cada fuente de energía es hecha a través de coeficientes prestablecidos de poder calorífico, cuyos valores pueden ser encontrados en el *site* de la IEA.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Entre estas fuentes de energía primaria, las más usadas en la generación de energía elétrica en **El Salvador** son el petróleo, la energía hídrica y la geotérmica (Figura 2.1.10.5.2). De los 4,4 mil GWh de electricidad generados en **El Salvador**, 45,6% son producidos a partir de la quema de aceite combustible en termoeléctricas, con el restante proveniente principalmente de hidroeléctricas (31,2%) y de geotermoeléctricas (22,7%).

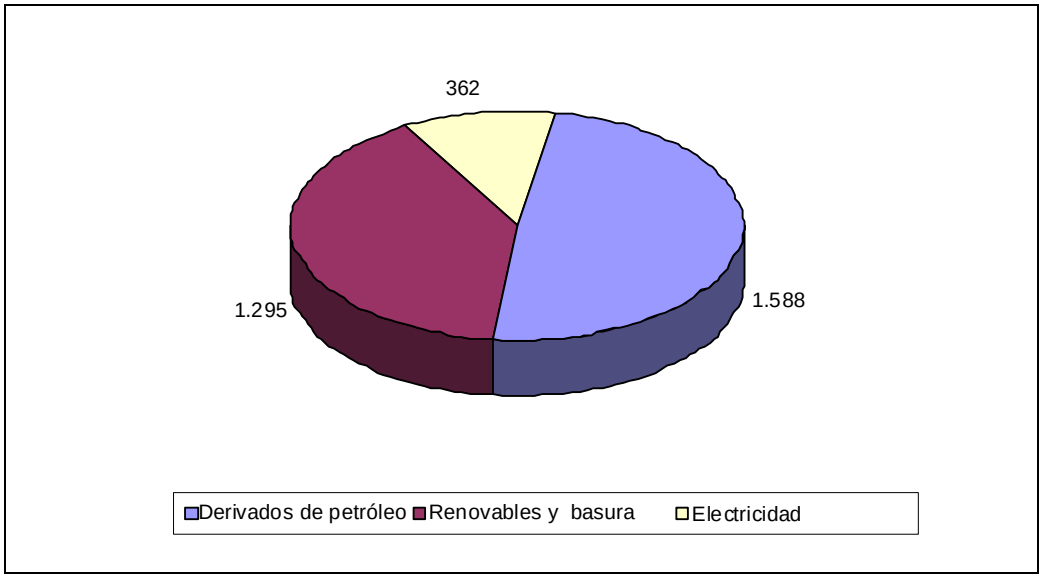
Figura 2.1.10.5.2
Fuentes de electricidad (GWh)
El Salvador, 2004



El consumo final de energía en **El Salvador**, después de la transformación, procesamiento y transmisión, equivale a 3,2 millones de tep. Este consumo consiste primariamente de derivados de petróleo (entre aquellos importados y aquellos que son refinados localmente a partir de aceite bruto importado) y de combustibles renovables (especificamente biomasa), habiendo también uso de electricidad (Figura 2.1.10.5.3).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.5.3
Consumo final de energía por fuente (1000 tep)
El Salvador, 2004



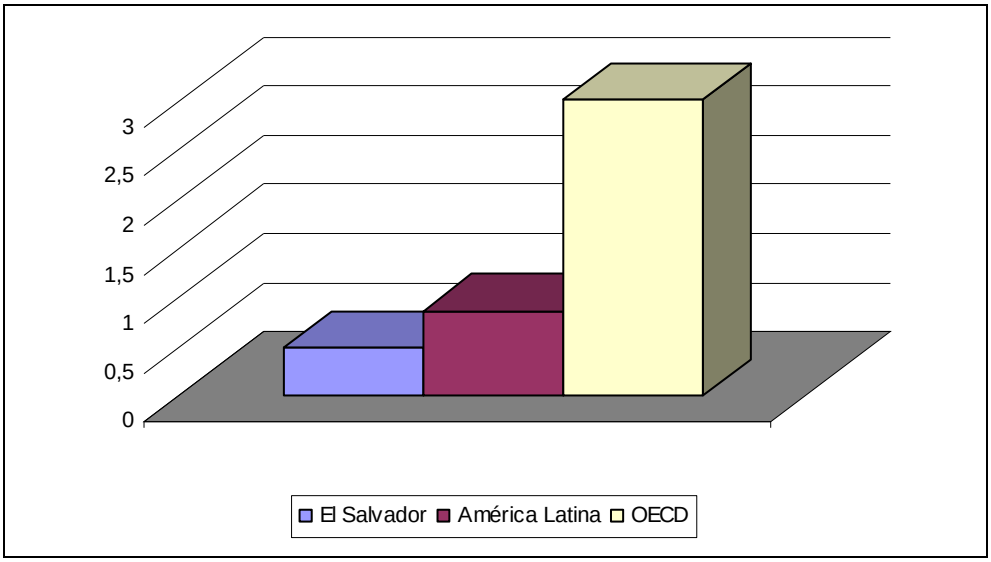
Este consumo equivale a 0,48 tep *per capita*, inferior al promedio de América Latina y más de cinco veces menor que el promedio de la OECD (Figura 2.1.10.5.4). En relación al PIB corregido por paridad de poder de compra (*purchasing power parity*, o PPP), el consumo es de 0,10 tep por mil dólares[16], comparable a aquel verificado en América Latina como un todo (0,12) y aún en la OECD (0,13).

[16] Valor medido en US$ de 2000.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.5.4

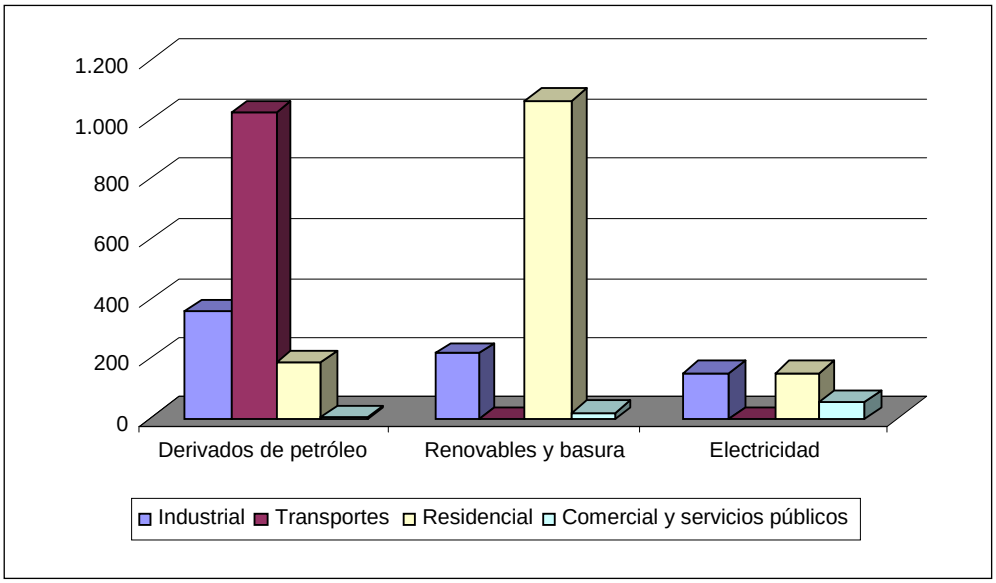
Consumo final de energía *per capita* (tep). El Salvador, América Latina y OECD, 2004.



El sector de transportes de **El Salvador** es abastecido solamente por derivados de petróleo, siendo el responsable por 64,4% del consumo final de esta fuente de energía (Figura 2.1.10.5.5). El sector residencial obtiene su energía principalmente de la biomasa, mientras que la demanda del sector industrial se divide entre petróleo, biomasa y eletricidad. Hay también un pequeño consumo de electricidad debido al comercio y al sector público.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.10.5.5
Consumo final de energía por sector
El Salvador, 2004



Dado este perfil de consumo, los impactos esperados de la introducción del etanol sobre la matriz energética salvadoreña son de dos tipos. Primeramente, el etanol representará una alternativa para el sector de transportes, en la forma de aditivo o con la introducción de vehículos bicombustibles. Adicionalmente, puede diversificar la pauta de exportaciones energéticas del país, hoy dominada Por los derivados de petróleo.

2.1.10.6 Impactos de la Implantación del Etanol

Con base en el análisis socioeconómico, presentado en perfil de la matriz energética nacional, es posible analisar cualitativamente los impactos económicos de la implantación de destilerías para producción de etanol a partir de la caña de azúcar en **El Salvador**.

2.1.10.7 Impactos Microeconómicos

El estudio de Melgar, Fuentes y Morales (2005) citado anteriormente, con base en la matriz insumo-producto de 2002, sitúa la caña de azúcar como un sector insular dentro del contexto de interdependencia intersectorial. Esta clasificación es dada cuando dos condiciones son

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

satisfechas. Por un lado, la actividad del sector en cuestión debe ser poco sensible a un choque en la demanda agregada en la economía. Por otro, los resultados agregados de la economía deben ser poco influenciados por un aumento o caída en la demanda de este sector, puesto que el nivel de actividad sectorial tiene poco impacto en la demanda por sus insumos, que a su vez tienen un efecto relativamente bajo sobre sus propios insumos a lo largo de la cadena productiva.

Es importante resaltar, no obstante, el carácter estático de esta clasificación. De hecho, el mismo estudio muestra la evolución de los resultados del analisis de multiplicadores de Rasmussen[17] tomando matrices insumo-producto referente a diferentes momentos de la economía salvadoreña. Algunos de esos resultados son mostrados en la Figura 2.1.10.7.1.

Figura 2.1.10.7.1

Clasificación sectorial en 1990 y 2002

	Año					
	1990			2002		
Sector	Sensibilidad a la dispersión	Poder de dispersión	Clasificación	Sensibilidad a la dispersión	Poder de dispersión	Clasificación
Avicultura	0,36	0,74	Insular	0,60	1,01	Impulsor
Productos de minería	1,04	0,30	Estratégico	0,05	0,03	Insular
Productos de goma y plástico	0,69	0,53	Insular	1,05	0,69	Estratégico
Comunicaciones	0,51	0,32	Insular	1,19	0,81	Estratégico
Restaurantes y hoteles	0,60	0,72	Insular	1,15	1,11	Principal
Servicios industriales	0,03	0,11	Insular	2,20	2,23	Principal
Caña de azúcar	0,12	0,48	Insular	0,00	0,46	Insular
Azúcar	0,24	0,49	Insular	0,44	0,59	Insular

Asi siendo, el análisis del sector correspondiente al año 2002 no debe ser considerado estable frente a los cambios de destino del cultivo de caña de azúcar. De hecho, posteriormente a la

[17] El coeficiente de sensibilidad a la dispersión mide el impulso de un sector dado un estímulo a la economía como un todo. El coeficiente de poder de dispersión indica el impacto que un choque en un único sector ejerce sobre el agregado de la economía. Estos son conceptos que permiten cuantificar los encadenamientos para frente y para trás en el ámbito intersectorial.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

elaboración de esta matriz, la producción de etanol ya se tornó un importante ítem de la pauta de exportaciones salvadoreñas, y el mantenimiento o expansión de esta industria, con la caña de azúcar como insumo, ciertamente se reflejará en un cambio en el papel atribuído a este cultivo en futuros análisis económicos sectoriales. Para analizar las características microeconómicas de la actividad productiva de etanol a partir de la caña de azúcar, por lo tanto, e necesario buscar subsidio en la única experiencia de este tipo en larga escala, a saber, la de Brasil.

De acuerdo con las Tablas de Recursos y Usos (TRU) del IBGE (referentes al año 2005), la caña de azúcar responde por 10,2% del valor de la producción de la actividad agrícola en Brasil (incluyendo silvicultura y explotación forestal). La industria brasileña de etanol fue responsable por el consumo de 35,3% (en valor) de la caña de azúcar producida (el restante siendo destinado a la industria de alimentos y bebidas). Se verifica que la producción de etanol es una utilización del cultivo de la caña de azúcar que agrega valor significativo a la producción agrícola. Esa industria generó un valor agregado bruto de R$ 5,4 mil millones en 2005, lo que corresponde a un margen de valor agregado de la producción de etanol de 78,8%, comparado con 24,8% para el promedio de producción de alimentos y bebidas.

Correspondientemente, la actividad genera empleos técnicos, industriales y administrativos que pueden ser considerados de alta remuneración. Correspondió a 72.762 empleos en aquel año, siendo que la remuneración media de estos puestos de trabajo (incluyendo salarios y contribuciones sociales) fue de R$ 16.890,68. Este valor es 47,7% superior a la media de la producción de alimentos y bebidas, y 78,4% superior a la remuneración media nacional en el mismo año. Adicionalmente, se puede estimar el valor agregado bruto específico al cultivo de caña de azúcar para etanol en otros R$ 2,5 mil millones, asociados a 472.114 empleos. Estos empleos son de calificación y remuneración inferior, pero son mucho más numerosos.

A partir del ejemplo brasileño, se pueden inferir cualitativamente algunos impactos microeconómicos que derivarían de la expansión de la actividad productora de etanol a partir de la caña de azúcar en **El Salvador**. Primeramente, se trata de una actividad industrial con alto margen de valor agregado, especialmente en comparación con otros segmentos, lo que podría tener impactos favorables sobre el PIB industrial. Esta característica se reflejaría en generación de empleo con alta remuneración. Adicionalmente, el cultivo de caña de azúcar para uso industrial sería en si una fuente generadora de empleo de baja calificación, lo que podría inclusive tener um

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

efecto redistributivo sustancial sobre la grave cuestión de la concentración de renta en **El Salvador**.

2.1.10.8 Impactos Macroeconómicos

La introducción del etanol en **El Salvador** puede tener impactos que van más allá de los efectos directos sobre empleo y renta descritos arriba. El análisis de este estudio sugiere consecuencias positivas em el ámbito macroeconómico resultantes de la coyuntura actualmente vivida por el país, de la evolución reciente de algunas características estructurales de la economía local y de los desafios puestos por el modelo de desarrollo por el cual el país se ha pautado desde el fin de los conflictos civiles a inicios de la década de 1990.

En primer lugar, La profundización del proceso de diversificación de la economía de **El Salvador** es importante para la realización de un proceso estable de crecimiento, en el sentido en que torna la economía más robusta a crisis específicas a sectores en particular. La diversificación de la economía vivida por el país en los últimos años es complementada naturalmente por el etanol tanto por los vínculos intersectoriales que pueden surgir, en el ámbito interno, como por la correlación relativamente baja entre los mercados globales de energía y de otros productos de exportación actualmente relevantes, sean *commodities* agrícolas o manufacturados de carácter más industrial.

Es importante también destacar que el crecimiento sustentado no puede darse sin un crecimiento sustentado de la oferta de energía. Este hecho puede tornarse un obstáculo en **El Salvador**, que, a pesar de tener una producción relativamente eficaz de energía (debido al aprovechamiento de recursos hídricos y geotérmicos), depende de la importación de petróleo tanto para los transportes cuanto para buena parte de su producción de electricidad.

Además de eso, la exportación de etanol puede contrabalancear un creciente desequilibrio en las cuentas externas del país, tanto en la balanza comercial como en la de pagos. La salud de la balanza de pagos es esencial para evitar restricciones a la capacidad de importación, tanto para satisfacer a la demanda doméstica por bienes de consumo como para garantizar la continuidad del desarrollo industrial permitiendo que el país mantenga la compra de bienes de capital.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Finalmente, la importancia de La inversión directa extranjera en este proceso de desarrollo no puede ser subestimada. Con la dolarización, el riesgo cambiario del país fue sustancialmente mitigado, pero esta no es la única fuente de volatilidad en el valor de los activos extranjeros invertidos en **El Salvador**, existiendo un componente referente a la incertidumbre sobre la estabilidad y sustentabilidad del modelo salvadoreño de crecimiento.

En ese sentido, todo impacto positivo sobre la estabilidad macroeconómica en el país tiene consecuencias sobre la inversión y el producto potencial, a medio plazo. Ya fue observado que una economía más diversificada es más robusta a fluctuaciones en la coyuntura internacional. A este factor se suma la creciente importancia del sector energético en un contexto global caracterizado por la incertidumbre sobre fuentes tradicionales de energía como el petróleo y por la inversión en biocombustibles en varios países. Esto le da al etanol un carácter estratégico no sólo en la atractividad a la inversión extranjera como en la proyección del país en el panorama geopolítico que la presente coyuntura energética viene delineando.

2.1.10.9 Observaciones Conclusivas

A pesar de un histórico reciente de reformas económicas e institucionales, culminando en la dolarización en enero de 2001, **El Salvador** todavía sufre con graves distorsiones sociales, además de ser particularmente susceptoble a catástrofes naturales. Su perfil económico tiene como principales destaques las operaciones maquilladoras, una actividad en la cual las ventajas comparativas del país derivan del costo relativo de la mano de obra, y el sector de servicios, impulsado principalmente por el turismo.

La producción de etanol a partir del cultivo de caña de azúcar se coloca en este contexto de diversas formas. El etanol tiene potencial para representar una alternativa para el sector de transportes, fuertemente dependiente de combustibles fósiles, en la forma de aditivo o con la introducción de vehículos bicombustibles. Adicionalmente, puede diversificar la pauta de exportaciones energéticas del país, hoy dominada por los derivados de petróleo. Por su creciente valor de mercado, el etanol representa una fuente significativa de generación de empleo y renta, en ambos extremos del espectro de calificación, agregando valor sustancial a sus principales insumos (caña de azúcar y mano de obra no especializada y especializada). En este contexto, esta industria puede contribuir para amenizar la grave concentración de renta en el país.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Además de eso, con base en las actuales tendencias del mercado mundial de alcohol etílico a mediano plazo, con presión de demanda y precios en ascenso, y dado el creciente consenso de que los combustibles alternativos deberán tomar un papel central en la oferta de energía a largo plazo, la producción de etanol puede tener un papel-clave en una política industrial de reestructuración sectorial de largo plazo, que reduzca la dependencia de las industrias maquilladoras, segmento en el cual las ventajas comparativas de **El Salvador** pueden reducirse rápidamente.

Finalmente, la entrada de **El Salvador** en el mercado global de etanol combustible debe generar un ambiente macroeconómico más favorable al crecimiento económico en el agregado, tanto por tornar la economía más robusta a la coyuntura internacional como por mitigar obstáculos y tornar el país más atractivo a inversiones. Más todavía, la participación en el sector de biocombustibles tiene importancia estratégica, proporcionando a **El Salvador** una posición mejor en el panorama geopolítico regional y global.

2.1.11 Análisis Jurídico

Desde 1989, al final de 10 años de conflictos internos, **El Salvador** ha adherido a programas macroeconómicos de estabilización y de ajuste estructural. La economía viene liberalizándose a través de las reformas comerciales y de la desreglamentación, reduciendo los preconceptos antiexportación de los regímenes políticos comerciales e industriales anteriores. La estabilidad política fue alcanzada juntamente con la actualización de las leyes y reglamentaciones sobre el comercio. El nuevo ambiente económico ha creado oportunidades para inversiones y abrió camino para un crecimiento estable a largo plazo.

Durante los últimos 20 años la economía del país pasó a expandirse más para los sectores de producción y servicios, dejando de ser fundamentalmente agrícola y muy proteccionista, con base en la sustitución de las importaciones, pasando a ser una de las economías más abiertas de América Latina.

El Salvador posee un sector agroindustrial desarrollado. Los productos agrícolas más importantes son: café, granos básicos y azúcar. En el liderazgo de los productos más exportados, el café se posiciona después de las bebidas, destilados y vinagre. Debido a su importancia en la economía local, el sector azucarero es sometido a normas rígidas; su estabilidad y desarrollo son

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

considerados asuntos de interés nacional. Esta característica peculiar podrá afectar a la industria de biocombustibles, visto que la caña de azúcar, una materia prima del etanol, será el principal cultivo para su desarrollo en un futuro próximo.

El Salvador se sitúa em el corazón de las Américas, em una localización privilegiada para transporte y comercio. Las exportaciones se benefician de las concesiones, provenientes de acuerdos de libre comercio, para acceso a mercados importantes como el de los Estados Unidos. Esos factores, agregados al ambiente de política interna abierta, crean oportunidades para inversiones. Vale la pena observar que el Informe Doing Business de 2008 del Banco Mundial, clasifica **El Salvador** como 69º entre las 178 economías del globo que facilitan la comercialización. **El Salvador** está al frente de Guatemala (114ª), Costa Rica (115ª) y Honduras (121ª).

El país es miembro de la Organización Mundial del Comercio y tiene acuerdos de libre comercio firmados con los Estados Unidos de América, Panamá, Chile, México, República Dominicana y con otros países de América Central. El Acuerdo de Libre Comercio de América Central y República Dominicana (CAFTA - DR) con los Estados Unidos permitió un crecimiento de 68% de las exportaciones en el primer año de su implantación (2006-2007). Las exportaciones de **El Salvador** también se benefician del tratamiento preferencial dado por el Sistema General de Preferencias (GSP) de la Unión Europea.

Debido a ese histórico, presentamos las siguientes consideraciones sobre las normas jurídicas salvadoreñas, en lo que se refiere a su aplicación en la producción de los biocombustibles.

2.1.11.1 Estructura Agraria y Derecho de Propiedad

La distribución injusta de tierras fue motivo de conflictos en los años 80 y causó efectos dañosos en las áreas rurales. Fueron, entonces, realizadas reformas agrarias, pero esas no consiguieron alcanzar las metas deseadas. Todo el programa de reforma agraria debería ser implantado en tres fases, pero solamente la primera alcanzó resultados efectivos.

De acuerdo con Salvador Castro, Director de la División Legal del Ministerio de Agricultura (*Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG*), el proceso fue conducido de manera injusta e ineficaz. Hubo excesivas divisiones de tierras de modo que determinadas plantaciones no

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

pudieron más ser cultivadas. Esto ocurrió con el algodón, segundo cultivo comercializable más importante de los años setenta.

Disposiciones sobre la reforma agraria fueron incorporadas a la Constitución de 1983 (*Constitución Política de la República de* ***El Salvador***). Los derechos de propiedad son garantizados desde que observado el techo máximo de propiedades. Ese techo máximo fue determinado por la Constitución y corresponde a 245 hectáreas, aunque las cooperativas y organizaciones populares ruraels (*comunales campesinas*) están exentas de esa limitación. La producción agrícola de **El Salvador** está hoy distribuida en pequeñas propiedades debido a esa disposición.

Un régimen especial determina los derechos de propiedad de los cuales gozan las cooperativas y organizaciones populares rurales conforme la *Ley del Regimen Especial de La Tierra en Propiedad de Las Asociaciones Cooperativas, Comunales y Comunitarias Campesinas y Beneficiarias de La Reforma Agraria.*

Los princípios de la función social de las propiedades rurales inspiran aquel régimen que desea la preservación de la distribución ocurrida en la década de 80. Como no hay límites para obtención de propiedades fundiarias por las cooperativas y organizaciones populares rurales, la ley restringe la transferencia de los derechos de propiedad. Esa restricción se aplica inclusive a los miembros de esas organizaciones, que tienen el derecho de comprar de la cooperativa el máximo de 500 m^2. El arrendamiento de tierra es legal, siendo regido por el Código Civil de **El Salvador**.

Existen, actualmente, más de 470 cooperativas y asociaciones rurales registradas junto al *Departamento de Asociaciones Agropecuarias del MAG*. Esas son entidades legales con las mismas características de organizaciones comerciais[18], pero que son beneficiadas por una serie de exenciones fiscales, conforme determina la *Ley de Fomento Agropecuario*. Por lo tanto, esas asociaciones gozan de acceso ilimitado al derecho de propiedad, de una serie de incentivos, pero

[18] As cooperativas e associaciones rurais son regulamentadas por lei especial: *Ley Especial de Asociaciones Agropecuárias (D.L. 221, conforme emenda por D.L. 199 de 24 de Novembro de 1994)*

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

frecuentemente les falta capital y capacidad técnica para desarrollar una producción eficiente. Las asociaciones más eficientes se dedican a la producción de café.

Al considerarse la distribuición agraria y sus políticas en **El Salvador**, los acuerdos de arrendamiento proveen porciones más anchas de tierra para la producción eficiente de materia prima para biocombustibles, principalmente caña de azúcar.

Esos acuerdos (que deben ser registrados en registro) son regidos por los principios generales del Código Civil[19], como la buena fé y el *pacta sunt servanda*[20]. Ningún derecho adicional o especial es protegido, todavia las partes pueden recurrir a las Cortes en caso de quiebra de contrato o divergencia proveniente de un determinado acuerdo.

Actualmente en el país, la caña de azúcar es casi que totalmente producida por pequeños arrendatarios y cooperativas. Existen casos de contratos de arrendamiento firmados para un período mínimo de cinco años a un costo que varia entre $210.00 y $285.00 por hectárea. Hoy esta es la mejor opción a ser considerada para la producción de materia prima, aunque es importante que instrumentos legales sean creados para garantizar más derechos, principalmente los derechos de los arrendatarios o propietarios.

El proyecto de ley que disciplina el arrendamiento de propiedades rurales está actualmente en discusión en la Asamblea Legislativa de **El Salvador** (*Asamblea Legislativa*). Ese proyecto de ley podrá garantizar y asegurar acceso a más tierras productivas en el país y deberá ser bienvenido como incentivo para atraer inversión extranjera para la producción de suministro local de materia prima para la industria de biocombustibles. El Poder Ejecutivo (MAG) presentó el proyecto de ley hace más de un año, pero el mismo viene siendo contestado por el partido de oposición, FMLN. La oposición teme que el proyecto de ley, una vez aprobado, permita la concentración y la acumulación de propiedades, revirtiendo, por lo tanto, las reformas de los años 80.

---

[19] El Código Civil de El Salvador fue revisado recentemente pelo D.L. nº 112 de 11 de Noviembre de 2004. El país possui un sistema de ley Civil o Continental, antagônico a la Ley Comum.

[20] Este princípio implica que los pactos y cláusulas tienen el papel de ley entre las partes y lo descumprimento das respectivas obrigaciones leva a la quebra do pacto. Portanto, pressupõe-se, em lo caso de contratos comerciales, que las partes tienem la intención de estarem comprometidas entre si.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.11.2 Derecho Laboral

El Código del Trabajo, en su Capítulo IV, determina las principales reglas que gobiernan las relaciones laborales en el sector agrícola. Se define como mano de obra agrícola a cualquier actividad agrícola que pueda ser desarrollada de forma permanente y/o temporal. Trabajadores temporales son aquellos contratados para satisfacer las necesidades esporádicas o para desempeñar trabajos que no constam en las actividades de la empresa. Ellos no gozan de estabilidad y la relación laboral puede ser interrumpida a cualquier momento por una de las partes.

Un dia de trabajo observará el límite máximo de 8 horas. Cualquier trabajo ejecutado más allá de ese límite será recompensado por la equivalencia de 100% sobre el sueldo base por hora. Esto significa que cada hora extra será remunerada en doble. En esa regla general, la única excepción será en el caso de los empleados involucrados con actividades de cosecha (*"recolectores de cosechas"*), que no tienen derecho a recibir horas extras. El trabajo de los cosechadores es dividido por tareas (*"tarea"*) y reciben una determinada cuantía por la tarea. Como consecuencia ellos no trabajan durante un número específico de horas-día, asi, no tienen derecho a recibir hora extra.

A partir del día 7 de noviembre de 2007, el sueldo mínimo general para trabajadores de la agricultura pasó a $ 2.86 por día o $ 0.357 por hora. Se aplican otros valores en el caso de la cosecha de caña de azúcar.

Los trabajadores agrícolas tienen derecho a un día de descanso por semana, que puede ser negociado con el empleador, además de poder ser pagado con el equivalente al sueldo normal de un día. Ellos tampoco trabajam en los feriados nacionales. Además de eso, aquellos que residen en la propia hacienda tienen el derecho de usar una parte de las tierras para cultivo de subsistencia.

Vale observar que otras actividades fuera de la agricultura, tales como mantenimiento técnico de equipamientos, transporte de semillas o administración, no son consideradas actividades agrícolas (a pesar de estar vinculadas a estas).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.11.3 Reglamentación de la Industria de Caña de azúcar

Por ser una materia prima del etanol, la caña de azúcar será el principal cultivo para el desarrollo de biocombustibles en **El Salvador**. Una industria ya establecida que tenga capacidad agrícola e industrial tiene garantía de éxito más inmediato en la producción de etanol a partir de la caña de azúcar. Ese suceso se tornará viable a través de una recopilación de medidas e incentivos gubernamentales, actualmente en discusiones, que objetivan el desarrollo de la producción, del consumo y de las exportaciones locales.

La industria del azúcar es considerada de interés público nacional y es rígidamente controlada. La *Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera* (la Ley) y las reglamentaciones de implantación determinan las condiciones básicas para la producción, industrialización y comercio de la caña de azúcar. Es notorio que esa ley fue unánimemente aprobada por la Asamblea Legislativa Salvadoreña, lo que denota no solamente la importancia del sector, como también la fuerrza política de sus figurantes.

Así, se hace importante comprender las especificaciones de la industria para poderse evaluar como estas pudieron influenciar el desarrollo de biocombustibles en **El Salvador**.

La Ley fue elaborada en 2001 para reglamentar la relación entre los productores y los procesadores, las usinas o *ingenios*. Entre los mecanismos que actúan en la estabilización del sector encontramos un sistema de remuneración, precios máximos administrativos y cotas.

Además de eso, la Ley crea un consejo que supervisa la obediencia a sus disposiciones, *Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera* (CONSAA). Se trata de un órgano público autónomo vinculado al Ministerio de la Economía (MINEC). Su Dirección está compuesta por miembros de ambos sectores, público y privado, y representantes de productores de caña de azúcar y de las usinas.

El Consejo actúa en la coordinación de la industria de la caña de azúcar Salvadoreña. Entre sus atribuciones legales salientamos:

- Supervisión del sistema de pago de modo que se garanticen las condiciones justas y transparentes.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Dentro de este contexto, el CONSAA contrata auditores para verificar si los beneficiadores cumplen con sus obligaciones legales y si efectúan debidamente los pagos a los agricultores de la caña de azúcar.

- Calcula y fija el valor inicial por libra de azúcar o el equivalente a ser pago a los productores de caña de azúcar.

- Autoriza la instalación de nuevas usinas.

- Establece y distribuye cotas anuales de producción de azúcar. Esas cotas son concedidas a las usinas a cada cinco años y corresponden a acciones del mercado interno, limitan la distribución nacional autorizada de azúcar e de melaza.

- El CONSAA también distribuye derechos de acceso preferencial a cotas para los mercados internacionales, de modo particular, a los Estados Unidos y Europa.

- Decide las divergencias entre las industrias.

- Financia proyectos que otorgan beneficios sociales a los agricultores de caña de azúcar.

- Mantiene los registros de las usinas y de los productores de caña en sus respectivas tierras.

- Edita nuevas reglamentaciones.

El sistema de remuneración a los agricultores de la caña de azúcar tiene como base los ingresos provenientes de las ventas. De esta forma, ambos, los agricultores y los usineros, cooperan entre si para que mejores resultados sean alcanzados. Los productores de caña reciben 54.5% de esas recetas y los usineros, el resto.

Todos los años la industria azucarera calcula la producción de azúcar y el precio posible a ser practicado en el mercado local, en el mercado internacional y en el mercado preferencial. Al poseer esa información, usinas y productores concuerdan sobre el precio a ser pagado por libra

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

de azúcar. Al inicio del año agrícola, los agricultores llevan la caña de azúcar para las usinas; los pagos tiene vencimiento a cada catorce días después de la entrega de la producción.

La metodología adoptada para calcular el valor debido a los productores de caña de azúcar es la siguiente: El precio por libra de azúcar es calculado antes do inicio del año agrícola y tiene como base a estimativa de la producción de azúcar y el precio posible de ser pagado en los tres mercados de azúcar arriba mencionados. Por ejemplo: si el precio es $0.14 por libra, el productor recibirá $ 0.0763 por libra. Al término de cada año agrícola, las usinas azucareras calculan el precio real de lo azúcar vendido durante el año y hacen los ajustes necesarios para pago a los productores. Tomando el ejemplo anterior como base, si el precio final sea $0.15 por libra, las usinas deben a los productores la diferencia de $0.01 por libra. Si lo precio final sea $ 0.12 por libra, o productor debe restituir la diferencia de $ 0.02 por libra.

La caña de azúcar es entregada en las usinas en toneladas métricas. Después de la trituración de la caña, las usinas informan el volumen de azúcar obtenido a cada uno de los productores. Por tanto, los productores prefieren entregar su producción a una usina que sea más eficiente en la trituración de la caña, en donde recibieron un valor más alto.

Todos los contratos de compra firmados entre os productores de caña y las usinas de azúcar deben ser registrados junto al CONSAA. Esos contratos son estándar, instrumentos particulares que establecen, *inter alia:* obligaciones de compra y venta; calidad y condiciones de entrega de la caña de azúcar y las penalidades. Los contratos son frecuentemente firmados para un período de uno a cinco años agrícolas. La mayoría de las veces los productores de caña prefieren firmar contratos por el período de un año agrícola, teniendo así mas flexibilidad para encontrar un comprador mejor y conseguir un negocio mas lucrativo con otra usina en el año siguiente. Aquí vale enfatizar que en el contrato estándar no hay alusión cuanto a la prohibición de trabajo infantil.

Visto que, frecuentemente, los productores no están asociados a una determinada usina, existe una fuerte concurrencia entre las usinas con relación a los productores. Esa concurrencia viene en forma de variedad de servicios prestados, como asistencia técnica, transporte, administración y utilización de insumos, entre otros.

La visión general de los representantes de la industria es de que la Ley y el sistema de contratos estándar proveen estabilidad, transparencia y evitan los abusos. Anteriormente esos abusos eran

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

frecuentes, no solamente por parte de los usineros, sino también por parte de los productores que conseguían vender por dos veces la misma producción. Como consecuencia, hubo considerable reducción de conflictos. Actualmente los productores y los usineros trabajan en cooperación.

Entretanto, la ley también crea una estructura rígida que podrá afectar las inversiones externas. Por ejemplo: representantes del sector son de la opinión de que el seguimiento está estructurado de manera tan compleja, que las usinas de azúcar son prácticamente forzadas a comprar de pequeños productores independientes. En la práctica, el arrendamiento de una gran porción de tierras para producir azúcar no es una alternativa viable. Las tierras son de propiedad de los productores y en cuanto algunos desean arrendarlas, otros se muestran contrarios al arrendamiento. Este hecho hace con que las usinas de azúcar encuentren dificultades para desarrollar su producción independiente de caña de azúcar.

Además de eso, el mercado queda protegido de la concurrencia extranjera debido a los altos impuestos. El MINEC y lo MAG fijan límites máximos de precio para venda de azúcar y melaza en el mercado interno. Entretanto, una serie de medidas aseguran la lucratibidad del mercado local en relación a las exportaciones.

Otro aspecto importante y especial en la industria del azúcar se refiere a los sueldos que varía en relación a otras actividades:

- Trabajadores involucrados en la cosecha de la caña:
  - Para una jornada diaria de ocho horas: $ 2.65, equivalente a $ 0.331 por hora.
  - Por tonelada cosechada: $ 1.33.
- Trabajadores involucrados en la producción de azúcar, relacionados a los usineros:
  - Para una jornada diaria de ocho horas: $ 3.01, equivalente a $ 0.376 por hora.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.11.4 Reglamentación del Sector Energético

El objetivo de la política energética de **El Salvador** es de crear una base para un futuro energético sustentable y seguro. Los objetivos generales deseados son:

- Asegurar el suministro continuo de energía a precios razonables;
- Reducir la vulnerabilidad a través de la diversificación;
- Minimizar los impactos ambientales y
- Expandir la generación y los servicios de energía suministrados a la población y a los sectores económicos.

Para que esas metas sean alcanzadas, el Poder Ejecutivo tomó una serie de medidas, incluyendo la creación de un nuevo órgano público, el cual supervisará la implantación de esas acciones y coordinará todo el sector energético. El Consejo Nacional de Energía (*Consejo Nacional de Energía – CNE*) fue creado en Agosto de 2007[21] con las misiones de adoptar, proponer e implantar la política energética en el país.

La reglamentación Salvadoreña para el sector energético engloba innumeras leyes y normas. Por ejemplo: la generación de electricidad es reglamentada pela *Ley General de Electricidad* de 1996, en cuanto que las importaciones, transporte y distribución de hidrocarbonatos son disciplinados pela *Ley Reguladora del Depósito, Transporte y Distribución de Productos de Petróleo* de 1970.

El CNE fue creado para tornar la gestión del sector energético más eficiente. A partir de Agosto de 2008, el CNE se tornará la autoridad competente para elaborar las reglamentaciones, crear incentivos y tomar todas las medidas necesarias para incentivar las inversiones, crear un ambiente competitivo, bien como suministrar las condiciones necesarias para el desarrollo de recursos energéticos y tecnológicos, principalmente los recursos alternativos.

Los recursos alternativos y renovables son prioridad y deben tornarse elementos principales para la producción de energía local a largo plazo. Esta es una de las principales metas de la política de

[21] D. L. 404 de 1 de Octubre de 2007

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

energía de **El Salvador**; serán creados incentivos para desarrollar la generación de energía a partir de esos recursos. En relación a eso, una ley específica fue elaborada para suministrar incentivos fiscales para energía renovable destinada a la producción de electricidad (*Ley de Incentivos fiscales para el fomento de las energías Renovables*).

El desarrollo de los biocombustibles es uno de los incentivos pretendidos para impulsar la diversificación en el sector de hidrocarbonatos. El aumento de los precios internacionales del petróleo es uno dos principales incentivadores del proyecto de biocombustibles de **El Salvador**. El gobierno ha considerado la viabilidad del biodiesel, una industria ya está en operación en este sector. Entretanto, el etanol es la principal fuerza de este proyecto. Desde 2005 se vine evaluando cuidadosamente la viabilidad técnica y económica para producción local y las reglamentaciones, que permitirán el desarrollo de la industria de etanol de **El Salvador**, ya están siendo finalizadas por el MAG.

El programa de etanol será definido bajo la llamada "*Ley para la producción y comercialización del etanol"*, que será enviada a la Asamblea Legislativa en inicios de 2008. El gobierno entiende que la volatibilidad de los precios del petróleo y del azúcar en el mundo, requiere medidas de apoyo a los productores de etanol para que sea creado un ambiente de negocios viable para la producción de biocombustibles en **El Salvador**.

El programa tiene como finalidad la reducción de la vulnerabilidad externa de **El Salvador** a través de la creación de una industria que producirá combustibles internamente. La producción local de etanol presenta muchos efectos benéficos, tais como: afecta poco el medio ambiente, desarrolla la agricultura local; genera oportunidades de empleo; reduce los gastos elevados de las importaciones, dinero ese que puede ser invertido en el país.

El foco inicial del programa será promover el uso de la mezcla de gasolina con etanol en la proporción de 10% de etanol (por volumen) y 90% de gasolina. Además de eso habrá una estabilidad del mecanismo de fallas de precio. Ese mecanismo garantizará un precio mínimo a ser pagado a los productores de etanol. La nueva ley establecerá la fórmula para calcular ese precio. El desafío, ahora, será en como refleja una producción eficiente en esa fórmula. El objetivo del precio mínimo será de limitar los efectos de la volatibilidad del etanol en el mercado interno. De acuerdo con informaciones de lo MINEC, la fórmula deberá excluir los costos de transporte, pero este es todavía un tópico que está en debate entre los órganos del Poder Ejecutivo. Además de

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

eso, un límite máximo de precio será establecido para se evitar abusos, visto que los productores locales estarán protegidos por las altas tarifas de importación impuestas al etanol extranjero.

Por tanto, los principales elementos del programa del etanol engloban dos partes: la mezcla obligatoria por parte de las empresas de petróleo y el mecanismo de la fallas de precio. No hay ningún otro incentivo.

El proyecto de ley está ahora en el MAG que lo enviará al Congreso. El pronóstico de los miembros del gobierno es que la aprobación del proyecto de ley enfrentará diversos obstáculos y dependerá del apoyo de los productores de caña. En verdad, el desafío presente está en como establecer la división de los ingresos de la producción de etanol con los productores de acuerdo con el mecanismo establecido para la producción de azúcar. El partido de oposición, FMLN, representa los intereses de los productores y, caso esos intereses no sean bien salvaguardados por la nueva *Ley del Etanol*, ellos podrán ser influenciados por la política Venezolana.

Debemos enfatizar que el ordenamiento de la mezcla por el gobierno crea una demanda que podrá ser atendida por la industria local, independientemente de inversiones adicionales para la expansión de la capacidad de producción. En una segunda etapa, el gobierno pretende aumentar la mezcla para expandir la industria, generar más oportunidades de empleo y promover las exportaciones.

2.1.11.5 Normas y Exigencias Ambientales

El área geográfica limitada y la alta densidad de población de **El Salvador** presentan desafíos que demandan una reglamentación ambiental efectiva. Para lidiar con esos desafíos, el país desarrolló una estrategia clara y sólida para proteger el medio ambiente. La estrategia fue originalmente establecida pela Ley de Medio Ambiente (*Ley de medio ambiente*) e implantada por el Ministerio del Medio Ambiente y de Recursos Naturales (*Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – MARN*).

La Ley establece los principios que nortean la protección del medio ambiente en **El Salvador**. Prevalece el principio de precaución que justifica la obligación legal de obtenerse autorización antes de implantarse determinados proyectos y actividades que puedan causarle daños al medio ambiente. La lista de actividades para las cuales se exige autorización previa (*permiso ambiental*)

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

es larga y engloba los proyectos de agricultura o cualquier otra fábrica o complejo para industrialización de productos agrícolas. Por ejemplo: nuevas industrias de etanol deberán obtener autorización antes de entrar en operación.

Los procedimientos para obtención de autorización comprenden tres fases principales:

1ª FASE – FORMULARIO:

- Presentación de un formulario por el gerente del proyecto, juntamente con la relación de documentos suplementarios[22] .
- Esos documentos serán analizados por el MARN, que clasificará el proyecto o actividad y notificará al responsable por el proyecto.
- El MARN podrá emitir dos tipos de notificación: (i) una que constate que el proyecto no requiere autorización ambiental previa, o (ii) una que establece las especificaciones técnicas que deberán ser observadas nos estudios sobre impactos ambientales.

- Plazo: 20 días.
  Costos: Generalmente las empresas contratan servicios de abogados o consultores para presentar el formulario y acompañar el proceso. El costo medio de esos servicios es de USD 500.00.

2ª FASE – ESTUDIO SOBRE IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE:

- El gerente del proyecto deberá proveer un estudio de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el MARN; Solamente serán aceptados estudios elaborados por peritos o empresas autorizadas[23].
- El MARN evalúa el estudio y generalmente solicita esclarecimientos adicionales.

---

[22] Copia de los informes y de la relación de documentos suplementarios podrán ser obtenidos en site http://www.marn.gob.sv/?fath=16&categoria=100.

[23] MARN mantiene una lista de personas y empresas que están autorizadas a realizar estudios sobre el impacto ambiental para fines de obtención de licencia. La lista podrá ser obtenida a través del site: http://www.marn.gob.sv/?fath=16&categoria=374

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Plazo: De 20 a 60 días. La Ley establece un período máximo de sesenta (60) días, durante los cuales el MARN deberá concluir a su evaluación sobre el estudio.
  Costos: Las empresas deberán asumir los costos de lo estudio, que varia de acuerdo con el proyecto y su complejidad. Los miembros de lo MARN estiman un costo entre USD 5,000 y 10,000.

3ª FASE – AUDIENCIA PÚBLICA:

- Antes de la aprobación de los estudios, esos deben ser publicados para que personas o empresas afectadas por el proyecto puedan expresar sus consideraciones y sugestiones.
- A fin de cumplir con las exigencias legales, el gerente del proyecto podrá publicar el estudio en un periódico oficial o designar una audiencia pública. La audiencia pública solamente se realiza cuando hay expectativas de que el proyecto podrá causar serios daños al medio ambiente.
- La obligación del MARN es de tomar conocimiento y evaluar las consideraciones y aprehensiones de la sociedad.

- Plazo: 13 días.
  Costos: Costos de la publicación;

Después de esos tres procedimientos, el MARN podrá conceder una autorización (*permiso ambiental*). Esa autorización establece el programa y las condiciones a ser seguidas durante la implantación del proyecto, además de definir el valor de la caución a ser depositada. La caución varia de acuerdo con el programa de compatibilidad ambiental y es la última etapa antes que la autorización sea concedida.

El MARN realizará inspecciones periódicas *in loco* para verificar si el programa y las condiciones están siendo cumplidas. Tan luego el programa sea concluido, el gerente del programa podrá requerir la restitución de la caución. El proceso finaliza cuando la caución es restituida.

Resaltamos que no existe ninguna exigencia legal o específica o procedimientos que reglamenten los criterios de manejo del restilo. El restilo es producido durante la fermentación del etanol y polue los recursos naturales se no es tratado adecuadamente. Se espera que las cuestiones

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

relativas al manejo del restilo sean consideradas en el programa de implementación preparado por el MARN y que el mismo sea atendido para que la caución sea restituida.

Diversos proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (CDM)[24] fueron implementados en **El Salvador** con la finalidad de explotar los beneficios del Protocolo de Kyoto. Por ejemplo: *Ingenio El Ángel, Ingenio Enzo Graniello* y *Compañía Azucarera Salvadoreña (CASSA)* iniciaron proyectos buscando la obtención de créditos para cogenerar energía a partir do bagazo. Esta es también una posibilidad y oportunidad para ser utilizada por las industrias de etanol. Créditos para cogenerar energía a partir del bagazo mejoran la eficiencia del proceso de refinación y reducen los costos del etanol. Se nota, y así, que no es posible obtener créditos para la producción de biocombustibles porque las metodologías para esas tecnologías todavía no fueron aprobadas. En verdad, la necesidad de aprobarse esas metodologías fue uno de los tópicos más controversos durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Mudanza Climática 2007, realizada en Diciembre, en Bali, Indonesia[25].

2.1.11.6 Tributación General

El Código Tributario establece los principios y las reglas que se aplican a la tasación interna en **El Salvador**. La estructura tributaria es simple y consiste de tres impuestos principales:

- Impuesto Sobre Valor Agregado (similar al ICMS) - 13%.
- Solamente el consumidor final es responsable por el pago de este impuesto. Trata-se de un impuesto que se aplica cuando el producto o el servicio es adquirido.

[24] El Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM) en su Artículo 12 del Protocolo de Kyoto fue diseñado para dar asistencia a los países en desarrollo, para que los mismos alcancen el desarrollo sustentable. El CDM autoriza países industrializados a financiar proyectos que buscan la reducción del efecto estufa causado por la emisión de gases en países en desarrollo. Esos países, entonces, reciben crédito.

[25] Alteraciones climáticas: la comunidad internacional se reunió en Nusa Dua, Bali, Indonesia en Diciembre de 2007 para la 13ª Conferencia de las Partes (COP 13), para la Convención de las Naciones Unidas sobre Alteraciones Climáticas (UNFCCC) y para la tercera Reunión de las Partes (MOP 3). Las reuniones tuvieron enfoque en el desarrollo de una guía y de un cronograma para negociar el diseño del régimen climático internacional que acontecerá después del Protocolo de Kyoto en el período de 2008 a 2012.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Contribución Industrial sobre el Lucro[26]. - 25% sobre la receta de la empresa.
- Impuesto sobre Lucros de Capital - 10% sobre el capital ganado. Este impuesto es aplicable solamente cuando de la adquisición de una propiedad y el propietario tiene el inmueble hace menos de 5 años.

El Banco Mundial evalúa la extensión de los impactos de un sistema tributario sobre inversiones extranjeros a través de tres indicadores: número de impuestos a ser pagos, plazo y tasa total de tributación. Estos indicadores son utilizados en la comparación con otras economías en el mundo todo; en la clasificación general, **El Salvador** alcanzó el 101º lugar en materia de tributación. Las economías que ocuparon las primeras posiciones fueron, Singapur, Hong-Kong, China y los Emiratos Árabes Unidos. Entretanto, el país ocupó la mas alta posición cuando comparado con otros países de la región, a saber: Guatemala (116), Honduras (160), Costa Rica (162) y Panamá (169)[27].

El Salvador es considerado la segunda economía mas abierta de América Latina, precedida solamente por Chile[28]. Las tarifas de importación más altas se aplican a bienes producidos en otros países de América Central, conforme descrito abajo:

- Materias primas: 5%;
- Bienes semimanufacturados y bienes de capital (producidos): 10% y
- Productos acabados: 15%.

Materias primas, bienes semimanufacturados y bienes de capital no producidos en América Central no están sujetos a las tarifas de importación.

La política de exportación de **El Salvador** coloca en foco la promoción de las exportaciones de bienes no tradicionales (o sea, todos los bienes a la excepción del café y del azúcar) para mercados fuera de América Central. Esta política se aplica principalmente a través de una estructura jurídica constituida por la Ley de Reactivación de las Exportaciones (*Ley de*

[26] Las empresas localizadas en la zona libre de comercio están exentas de este impuesto.

[27] WORLD BANK. Doing Business 2008 in El Salvador, p. 34.

[28] Fuente: PROESA, Promoting investment in El Salvador.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

reactivación de las Exportaciones)[29] y por la Ley de las Zonas Francas Industriales y de Comercio) (*Ley de Zonas Francas Industriales y de Comercialización*)[30].

A Ley de Reactivación de las Exportaciones tiene como objetivo promover la exportación de bienes y servicios para fuera de América Central. Se aplica a personas físicas y jurídicas (naturales o extranjeras) que exportan bienes y servicios fuera de América Central. Se excluyen las exportaciones del café y de azúcar, a no ser que esos productos hayan pasado por el proceso de transformación agregando por lo menos 30% a su valor original. Los beneficios concedidos incluyen:

- Reembolso de 6% del valor FOB para exportaciones;
- Exención de los Impuestos Sobre Valor Agregado (VAT);
- Suspensión temporal del impuesto aduanero para importaciones de materias primas y bienes semimanufacturados en las operaciones de tercerización extranjera parcial o temporaria.

Con relación a biocombustibles, el CAFTA-DR ofrece importantes oportunidades para exportación. Bajo el acuerdo, volúmenes ilimitados de etanol pueden ser exportados con exención de las tarifas de importación. Este sistema viene siendo explotado por empresas como Crystalsev y Cargill, a través de sus fábricas de deshidratación en **El Salvador**.

La Ley de las Zonas Francas Industriales y de Comercio garantiza diversos incentivos tanto para las empresas nacionales como para extranjeras que estén involucrados en la producción o montaje, fabricación, procesamiento, transformación o comercialización de bienes y servicios. Los servicios incluyen, cosecha, embalaje y reembalaje, logística y distribución.

[29] Decreto Legislativo No. 460, de 15 de Marzo de 1990, conforme enmienda por DL No. 181, de 11 de Diciembre de 1997

[30] D.L. No. 405; Datado de 3 de setiembre de 1998, e sus enmiendas

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.11.7 Leyes Laborales

El Código Laboral establece las normas que reglamentan los vínculos del empleo en **El Salvador**, en todos los sectores de actividad económica. Prescribe dos formas principales de relacionamiento contractual: Por un período determinado y/o indeterminado, con un período de experiencia de 30 días.

En suma, las principales obligaciones impostas pelas leyes y reglamentaciones de **El Salvador** son:

(i) Jornada: Ocho horas diarias, o siete horas nocturnas[31].

Los trabajos nocturnos están limitados a una jornada de 7 horas y están sujetos a 25% de incremento sobre el sueldo base de la jornada diurna. Cualquier trabajo ejecutado arriba de ese límite será remunerado por la equivalencia de 100% sobre el sueldo base. Las mismas variaciones se aplican si es el caso de jornada diurna o nocturna.

(ii) Feriados: Feriados oficiales deben ser remunerados en 100% del sueldo base diario. Son 11 los feriados oficiales en **El Salvador**.

(iii) Vacaciones Remuneradas: El período anual de Vacaciones Remuneradas corresponden a quince (15) días. El período de vacaciones anual es pago con un adicional.

(iv) Bonificación de Final de Año (*aguinaldo)* Esa bonificación es abonada en el mes de Diciembre y es calculada con base en el tiempo de servicio del empleado. Varía de acuerdo con los años de permanencia y representa 2.78% sobre el sueldo mensual, sin beneficios.

[31] La jornada diaria tiene inicio a las 6:00 horas y se encera a las 19:00 horas. Cualquier trabajo realizado depuse de las 19:00 horas es considerado jornada nocturna. Actividades de risco deben ser ejecutadas por en lo máximo 7 horas correspondientes a un día de jornada.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

(v) INSAFORP (Instituto Nacional de Entrenamiento): Todas las empresas con diez (10) o más empleados deben contribuir con 1% sobre los sueldos para el financiamiento de los servicios de entrenamiento proporcionados por el Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP).

(vi) Asistencia Médica: Los empleadores deben contribuir mensualmente con 7.5% sobre el sueldo para la Providencia Social, en cuanto que los empleados deben contribuir con 4% sobre sus sueldos.

(vii) Beneficios de Jubilación: Los empleadores deben contribuir mensualmente 6.75% sobre el sueldo base para los beneficios de jubilación, valor este a ser depositado en un fundo específico.

La contratación de empleados extranjeros por las empresas debe obedecer a determinados límites. Los extranjeros pueden representar solamente 10% da fuerza trabajadora de la empresa. Cargos de especialización o técnicos pueden ser considerados como excepción y pueden exceder ese límite.

El Ministerio de Trabajo y Providencia Social estipulan sueldos mínimos a ser pagos a los trabajadores de **El Salvador**. Desde Noviembre de 2007 el sueldo mínimo de trabajadores no agrícolas, considerándose una jornada de 8 horas, corresponde a:

- Trabajadores de la industria: $ 5.97 (o $0.746 por hora).
- Trabajadores de los sectores de servicios o comercio: $ 6.10 (o $0.763 por hora).

La tabla 2.1.11.7.1 demuestra los beneficios sociales concedidos por los empleadores. Los valores son calculados sobre el sueldo base estipulado por el respectivo contrato de trabajo, desde que observado el sueldo mínimo.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.1.11.7.1

Obligaciones do Empleador	%
Sueldo mínimo mensual	1,00
Providencia Social (asistencia médica)	7,50
Contribución al INSAFORP (Instituto Nacional de Entrenamiento): Para empresas con 10 o más empleados	1,00
Fondo de Jubilación	6,75
Bonificación de Final de Año*	2,78
Vacaciones Remuneradas anuales:	1,25
Indemnización por término del contrato de trabajo (no es pago mensualmente)*	8,33
Total mensual de las obligaciones del empleador	27,51

*Puede-se realizar provisión mensual igual a esas porcentajes, mas el empleador deberá pagarlas anualmente.

*Fuente: Kit de Informaciones para Inversionistas en **El Salvador**, PROESA.*

2.1.11.8 Reglamentación sobre Comercialización y Inversiones

La Ley de Inversiones, de 14 de Octubre de 1999, fue elaborada para facilitar e incentivar las inversiones, principalmente las extranjeras. La ley garantiza los mismos derechos y obligaciones para inversionistas extranjeros y locales y provee beneficios como procedimientos concisos y simplificados para facilitar la repatriación y remesa de los lucros. Además de que, el gobierno Salvadoreño no hace control de moneda extranjera.

El mismo tipo de tratamiento es garantizado para todos y no hay restricciones sobre propiedad extranjera. La ley limita inversiones en determinadas actividades, entretanto ninguna restricción se aplica a aquellas relacionadas a la industria de biocombustibles.

El acceso a financiamiento local es también garantizado para inversionistas extranjeros, constante en las condiciones establecidas por las instituciones financieras.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Todas las inversiones deben ser previamente registradas junto a la Agencia Nacional de Inversión (*Oficina Nacional de Inversiones* - ONI)[32] un órgano vinculado al Ministerio de Economía. Las exigencias en general se aplican a todos los inversionistas y existen algunas más específicas conforme el tipo de inversión. Por ejemplo: bienes tangibles versus bienes intangibles, préstamos en moneda extranjera, alquiler de equipamientos, entre otros. Además de eso, la ONI autoriza a las empresas a iniciar las operaciones.

El Centro concede certificados donde declara si algún dominio está asociado a la propiedad.

El Banco Mundial evalúa que el capital mínimo exigido para establecerse una empresa de capital limitado en **El Salvador** es de USD 2,857. El Poder Ejecutivo está comprometido con la adopción de medidas que vengan a reducir esos costos de negocios en el país. Bajo el programa ***El Salvador*** *Eficiente*, el Ministerio de Economía envió un decreto al Congreso el 15 de enero de 2008, que busca la reforma del Código Comercial. Las alteraciones reducirán los costos y las exigencias para el establecimiento de un negocio. Por ejemplo: el decreto reduce el capital inicial mínimo exigido para constituirse una empresa y abole la necesidad de registrar el Contrato Social en Registro.

La Tabla 2.1.11.8.1 a seguir resume los procedimientos y los costos asociados al establecimiento de empresas en **El Salvador**.

Tabla 2.1.11.8.1

Nº	Procedimiento	Plazo para conclusión	Costo para conclusión
1	Depositar el capital inicial legalmente exigido en un banco de **El Salvador** y obtener el comprobante de depósito o un cheque autenticado.	1 día (menos que una hora)	Nominal
2	Verificar la imparidad del nombre da empresa junto a la0 Junta Comercial.	1 día	Sin costo
3	Registrar el Contrato Social en Registro	2 días.	Aproximadamente USD 745
4	Registrar junto a la Junta Comercial	5 días.	USD 17.14

[32] Para más informaciones sobre el ONI, visite el site: http://www.minec.gob.sv/.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Nº	Procedimiento	Plazo para conclusión	Costo para conclusión
5	Publicación de la notificación del establecimiento	12 días (simultáneamente con el procedimiento anterior)	Incluido en el proc. 4.
6	Legalizar los libros y el sistema contable	16 días (simultáneamente con el procedimiento anterior)	USD 800
7	Agregar los empleados a un Fondo de Administración de Pensión.	3 días (simultáneamente con el procedimiento anterior)	Sin costo
8	Registrar la empresa junto a la Alcadia para efecto de impuestos.	1 día (simultáneamente con el procedimiento anterior)	USD 10
9	Confeccionar un sello de la empresa.	2 días (simultáneamente con el procedimiento anterior)	USD 15

Fuente: Banco Mundial/BANCO MUNDIAL, Doing Business 2008 ***El Salvador****.*

2.1.12 Viabilidad de los Proyectos

2.1.12.1 Planificación Operativa

Las máquinas e implementos agrícolas, equipamientos industriales, demás infraestructura y los recursos humanos empleados resultan en los costos del sistema, que oscilan a lo largo de los años debido a la planificación operativa y producción de etanol en la industria a lo largo de los años, conforme es observado, simplificadamente, en la Tabla 2.1.12.1.1.

Tabla 2.1.12.1.1

Planificación Operativa de las actividades en el área agrícola y, consecuentemente, en la industria entre los años de 2009 y 2027

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	…	2025	2026	2027
	Áreas de Planificación (ha)									
Plantío Total (ha)*	1.422	9.704	6.254	6.166	1.238	767	…	2.530	1.898	3.336
Vivero (ha)	1.422	933	925	197	120	98	…	313	258	800
Cosecha (10^6.t)	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0	2,0	…	2,0	2,0	2,0

* Plantío de vivero y área de producción.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

De esa forma, a partir de los costos por unidad de área el volumen de producto procesado, se obtienen los desembolsos totales en el transcurso de los años de planificación agroindustrial para la producción de etanol.

2.1.12.2 Evaluación Económica y Financiera

La viabilidad del emprendimiento fue realizada para el auxílio a la toma de decisión para la inversión. Para tanto, fueron utilizados tres métodos para el análisis de la viabilidad económica del emprendimiento: Valor Presente Líquido (VPL y VPL Perpetuo); Tasa Interna de Retorno (TIR); PayBack.

El VPL de un proyecto de inversiones puede ser definido como la suma algébrica dos valores descontados del flujo de caja a él asociado. Conceptualmente, la viabilidad económica de un proyecto analizado por este método es indicada por la diferencia positiva entre ingresos y costos, actualizados a determinada tasa de intereses (Rezende y Oliveira, 1993).

La metodología de cálculo del VPL es presentada en la ec. (09):

$$VPL = \sum_{j=0}^{n} \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^{n} \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

En donde:

- *Cj:* costos al final del año o del período de tiempo considerado;
- *Rj: ingreso* líquido al final del año o del período de tiempo considerado;
- i: tasa de descuento;
- n: duración del proyecto, en años, o en número de períodos de tiempo.

Por lo tanto, el criterio del método del VPL establece que, mientras el valor presente de las entradas fuere mayor que el valor presente de las salidas, que fue calculado con la tasa de intereses k que mide el costo de capital, el proyecto debe ser aceptado. De esa forma, siempre que: (i) VPL>0, el proyecto debe ser aceptado; (ii) VPL = 0 es indiferente aceptar o no, y (iii) VPL<0, el proyecto no debe ser aceptado.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

La TIR es la tasa de intereses que anula el VPL, esto es, se obtiene la notación VPL = 0. Como la suma de todos los capitales en la fecha inicial del proyecto de inversión debe ser igual a cero, se impone esa condición en la fórmula del VPL del proyecto. La ec. (10) presenta la fórmula para cálculo de la TIR.

$$VPL = 0 = I + \sum_{t=1}^{n} \left[\frac{R_t}{(1+TIR)^t} \right] + \frac{Q}{(1+TIR)^N}$$

En donde,

- TIR: tasa interna de retorno, decimal;
- VPL: valor presente líquido, US$;
- I: inversión de capital en la época cero, US$;
- R_t: retornos después de descontados los impuestos, o impuesto de renta, US$;
- t: tiempo, años;
- n: plazo del análisis del proyecto o vida útil, año;
- Q: valor residual del proyecto en el final del plazo del análisis, US$.

El criterio del método de la tasa interna de retorno establece que, mientras el valor de la TIR sea mayor que el valor del costo de capital k, el proyecto debe ser aceptado, esto es, siempre que: (i) TIR > k, el proyecto debe ser aceptado; (ii) TIR = k, es indiferente aceptar o no, y (iii) TIR < k, el proyecto no debe ser aceptado.

2.1.12.3 Planilla Automatizada

Delante de los componentes presentados que influencian los costos y los ingresos del emprendimiento, fue desarrollado un programa en planilla automatizada en Excel® para la utilización de la técnica de simulación de las variables críticas. Tal metodología fue adoptada debido a las características de los ambientes agrícolas y las interrelaciones entre las variables modeladas y sus influencias en la composición de los costos.

El modelo desarrollado permite simular diferentes escenarios relacionados al sistema de producción, máquinas y equipamientos, costos de la tierra, costos logísticos, costos de producción, índices de productividad y tasa de descuento para el análisis de la viabilidad económica del emprendimiento. Para la simulación de esos escenarios fue utilizado el análisis de

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

sensibilidad, caracterizado por la variación individual de variables en intervalos regulares, y evaluar sus efectos en los costos y en la viabilidad del proyecto de inversión.

2.1.12.4 Resultados

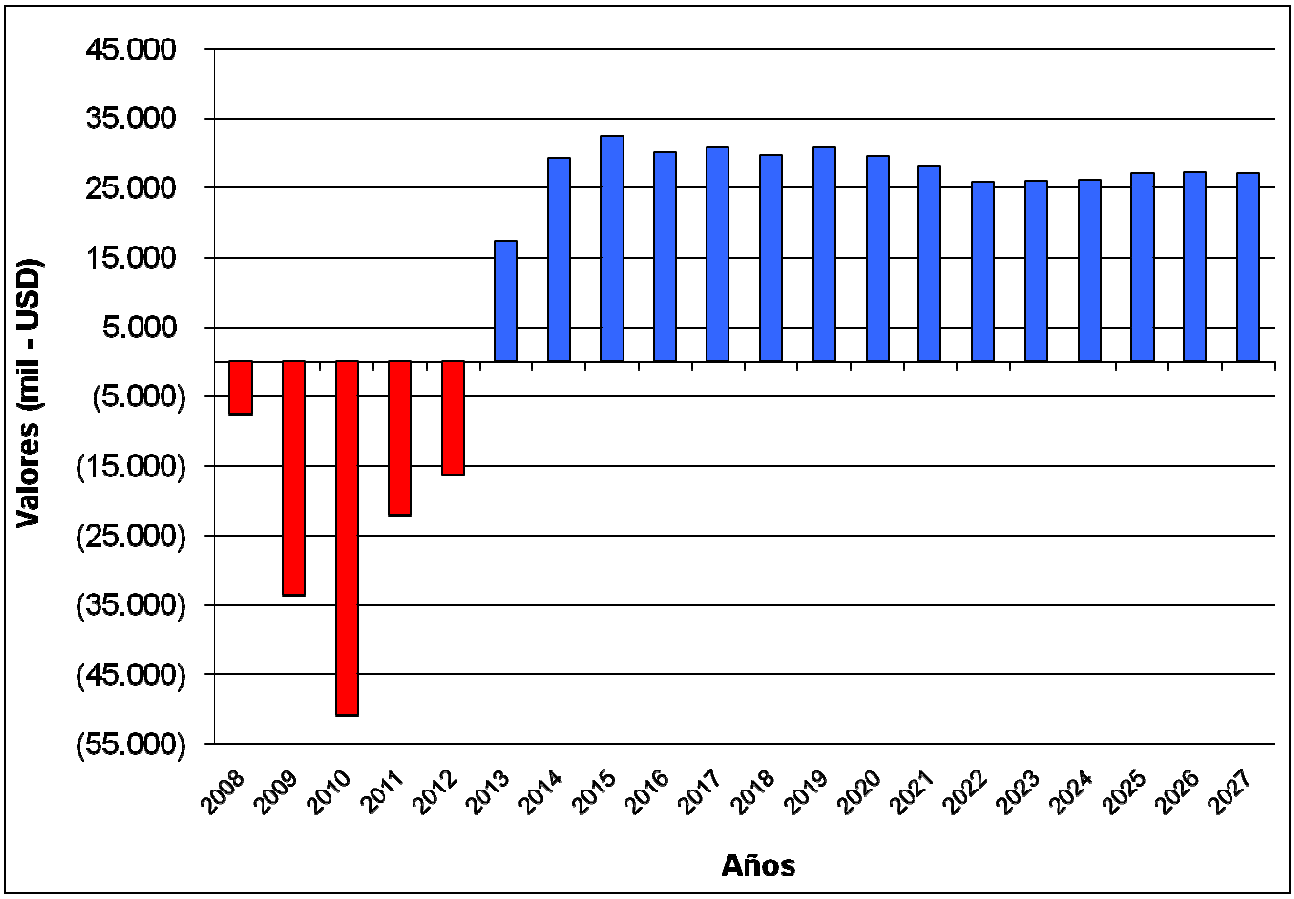
Los resultados fueron evaluados de acuerdo con el análisis del flujo de caja del emprendimiento, de las inversiones anuales requeridas y la presentación de su viabilidad económica, para la producción de etanol.

- **Flujo de Caja**

La Figura 2.1.12.4.1 muestra el flujo de caja esperado del emprendimiento, visualizando las entradas y las salidas de capital, a lo largo del horizonte de planificación.

Figura 2.1.12.4.1

Flujo de Caja del emprendimiento.



Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Se destaca que, con la estabilización de la molienda de 2 millones de toneladas anuales es observada la uniformidad de la obtención de los ingresos a partir de 2021.

2.1.12.5 Análisis de Viabilidad Económica

La viabilidad económica del emprendimiento fue realizada considerándose el cálculo del VPL y de la TIR en función de variables críticas del emprendimiento, como la tasa de descuento. Para tanto, se fijó la tasa de descuento referencial de 7,70% al año.

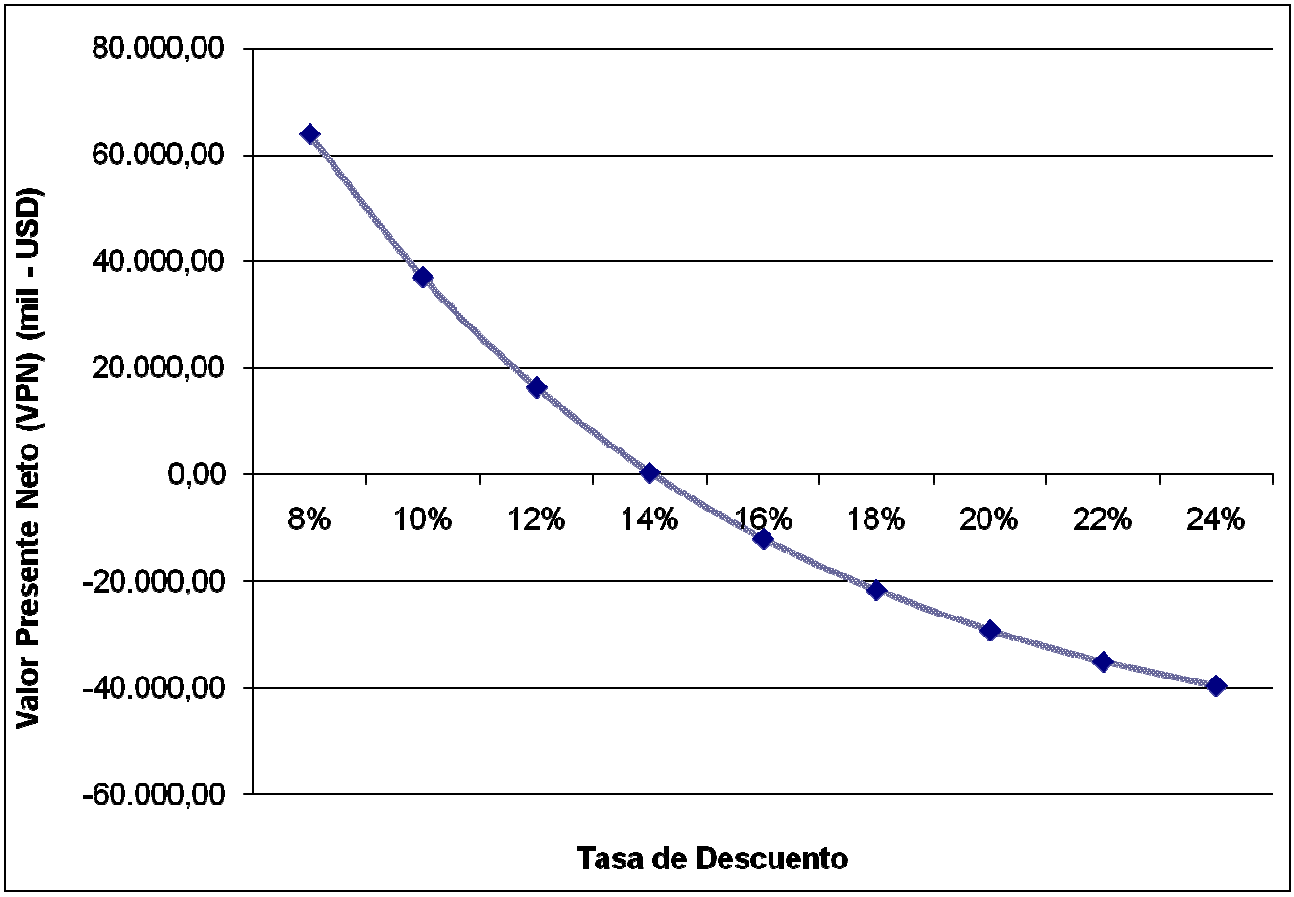
- **VPL e TIR**

La evaluación del VPL (Valor Presente Líquido) en función de la tasa de descuento muestra el comportamiento de la viabilidad del emprendimiento, Figura 2.1.12.5.1. El emprendimiento es considerado viable hasta una tasa de descuento de 14,06%, pues en ese intervalo el valor del VPL es mayor o igual a cero. A partir de esa tasa, el proyecto se torna inviable económicamente y, existiendo proyectos alternativos que poseen rendimientos anuales arriba de esa tasa, se debe seleccionarlo.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.12.5.1

Análisis de sensibilidad para el VPL en función de la tasa de descuento



Se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es aquella que presenta el valor de PL igual a cero. En el presente estudio, el emprendimiento posee una TIR de 14,06%.

2.1.12.6 Análisis de Sensibilidad

La análisis de sensibilidad fue realizada por medio de la evaluación de variables críticas que influencian la viabilidad de el emprendimiento. En ese contexto, se destacan los valores de la venta del etanol, los precios para la adquisición de caña de azúcar y las inversiones realizadas para la producción agrícola y industrial.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- **Venta de Etanol**

La Figura 2.1.12.6.1 visualiza el análisis del VPL en función del precio de venta del metro cúbico del etanol, en Dólares. De acuerdo con la Figura, el emprendimiento se presenta viable a partir de un valor de US$ 406,80 por metro cúbico. Se resalta que esa variable tiene fundamental impacto en la rentabilidad de la actividad, una vez que impacta directamente en el ingreso bruto de la empresa. Por tanto, tal análisis permite identificar los riesgos de la actividad, considerándose los precios necesarios para que se mantenga la viabilidad, si mantenidas fijas las demás premisas.

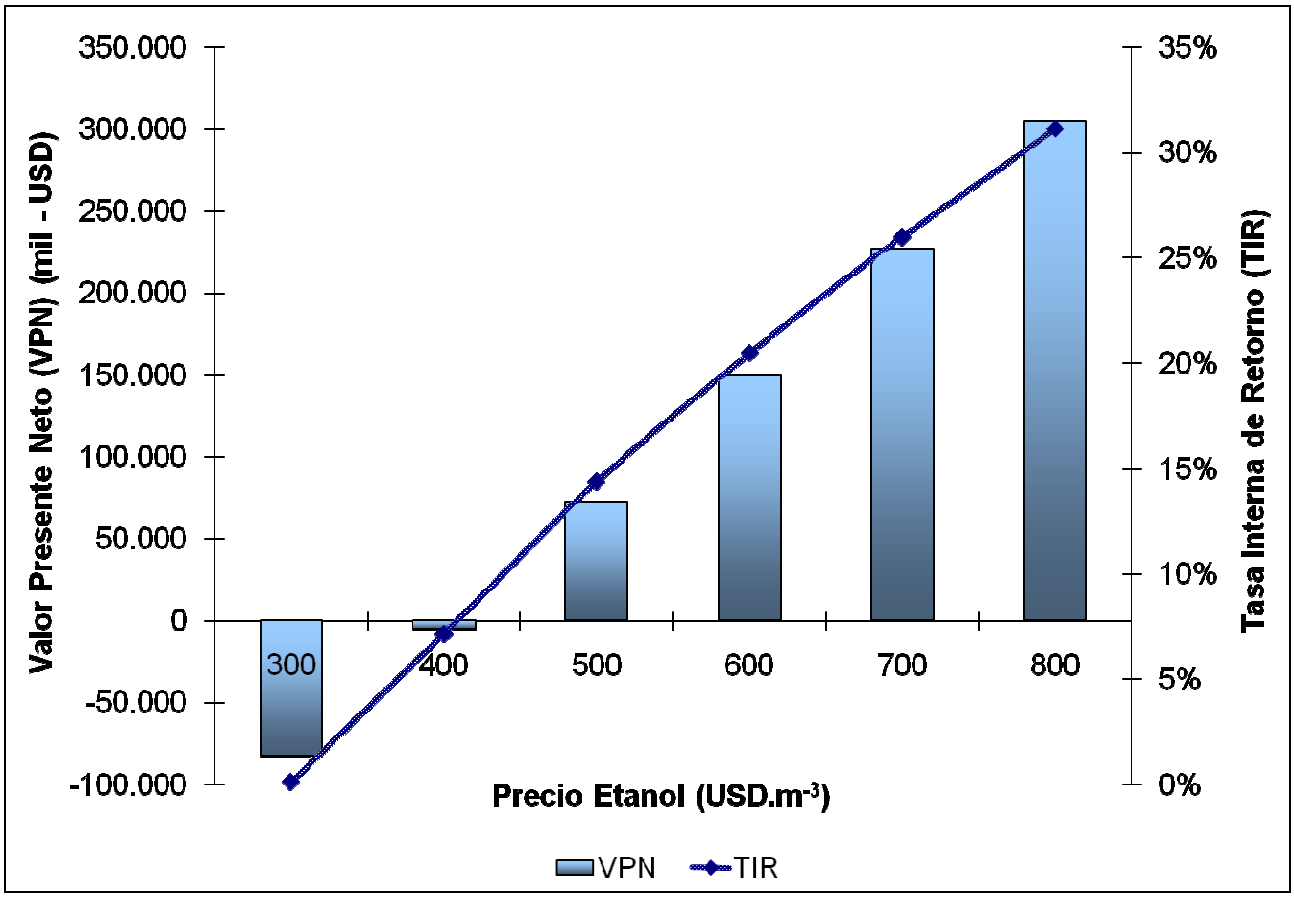
Considerándose un valor de US$ 300,00 por metro cúbico de etanol, el VPL fue negativo con un montante de US$ -82,56 millones y la TIR de 0,13%. Entretanto, cuando se analiza un escenario optimista, para un valor del etanol de US$ 600,00, el VPL fue de US$ 149,86 millones y la TIR de 20,49% (Figura 2.1.12.6.1).

Analizándose el escenario base definido, el VPL presentó un montante de US$ 68,51 millones, la TIR de 14,06% y el *PayBack* de 7,11 años.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.12.6.1

Análisis del Valor Presente Líquido del emprendimiento con la consideración del valor de venta del etanol



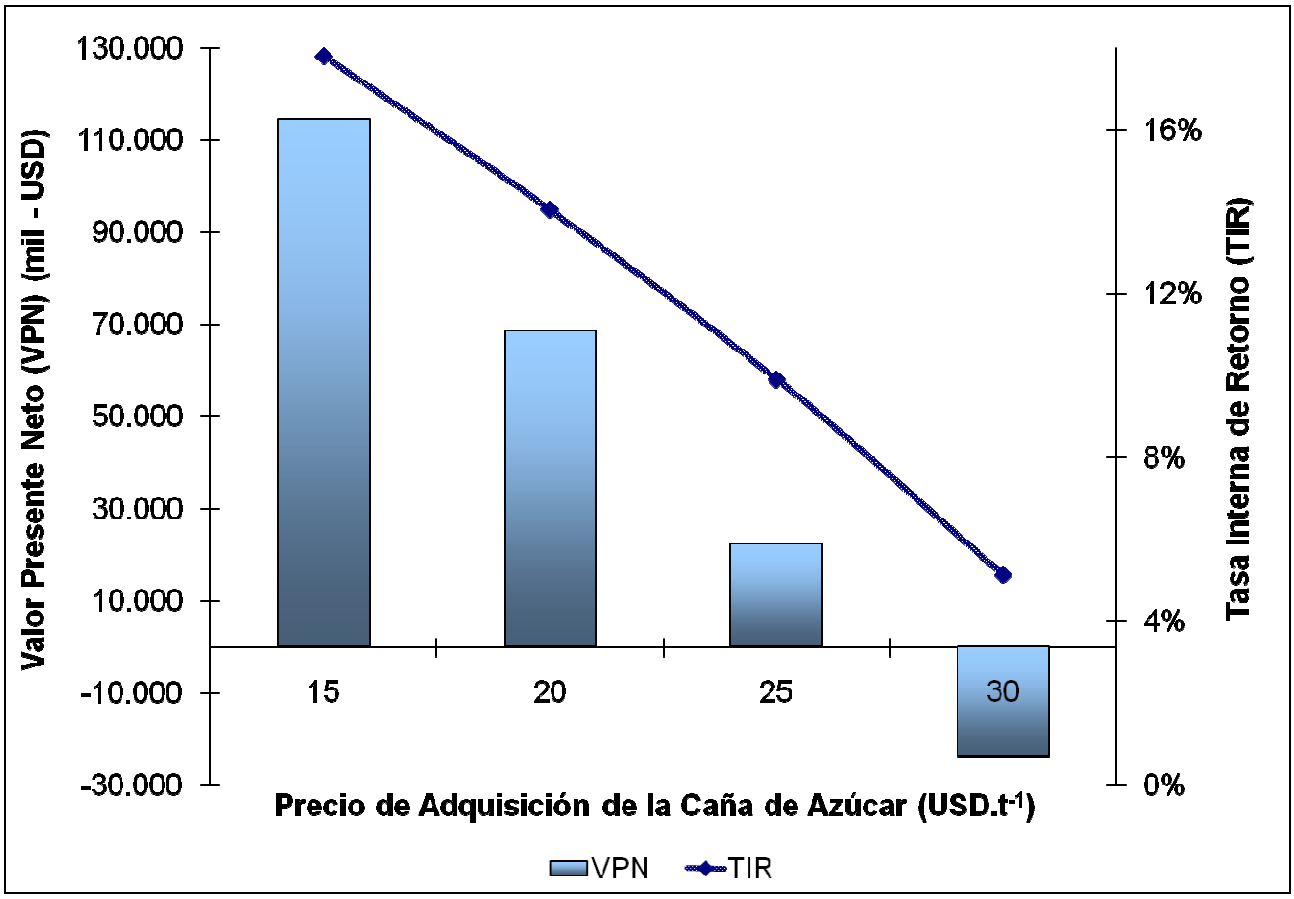
Precio de Compra de la Caña de azúcar

La influencia de las oscilaciones en los precios pagados por la caña de azúcar en la viabilidad económica del emprendimiento es observada en la Figura 2.1.12.6.2, lo que revela los eventuales riesgos y límites máximos de recursos que pueden ser despendidos en la adquisición de la materia prima. Se destaca que esa variación debe ser analizada detalladamente, pues está relacionada a la estrategia de adquisición de la caña de azúcar de productores locales.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Figura 2.1.12.6.2

Análisis del Valor Presente Líquido del emprendimiento con la consideración del precio de adquisición de la caña de azúcar.



Segundo el análisis, el precio de la tonelada de caña de azúcar de US$15,00 resulta en un VPL de US$ 114,63 millones y una TIR de 17,80%, lo que genera un PayBack de 5,62 años. Para el precio de adquisición de US$25,00 por tonelada, el VPL es de US$ 22,40 millones, a TIR de 9,92% y PayBack de 10,08 años. Se resalta que para un precio de US$ 30,00 por tonelada, tiene valor negativo de VPL (-US$ 23,72) y TIR de 5,13%, lo que generó un *PayBack* de 19,49 años de retorno sobre la inversión.

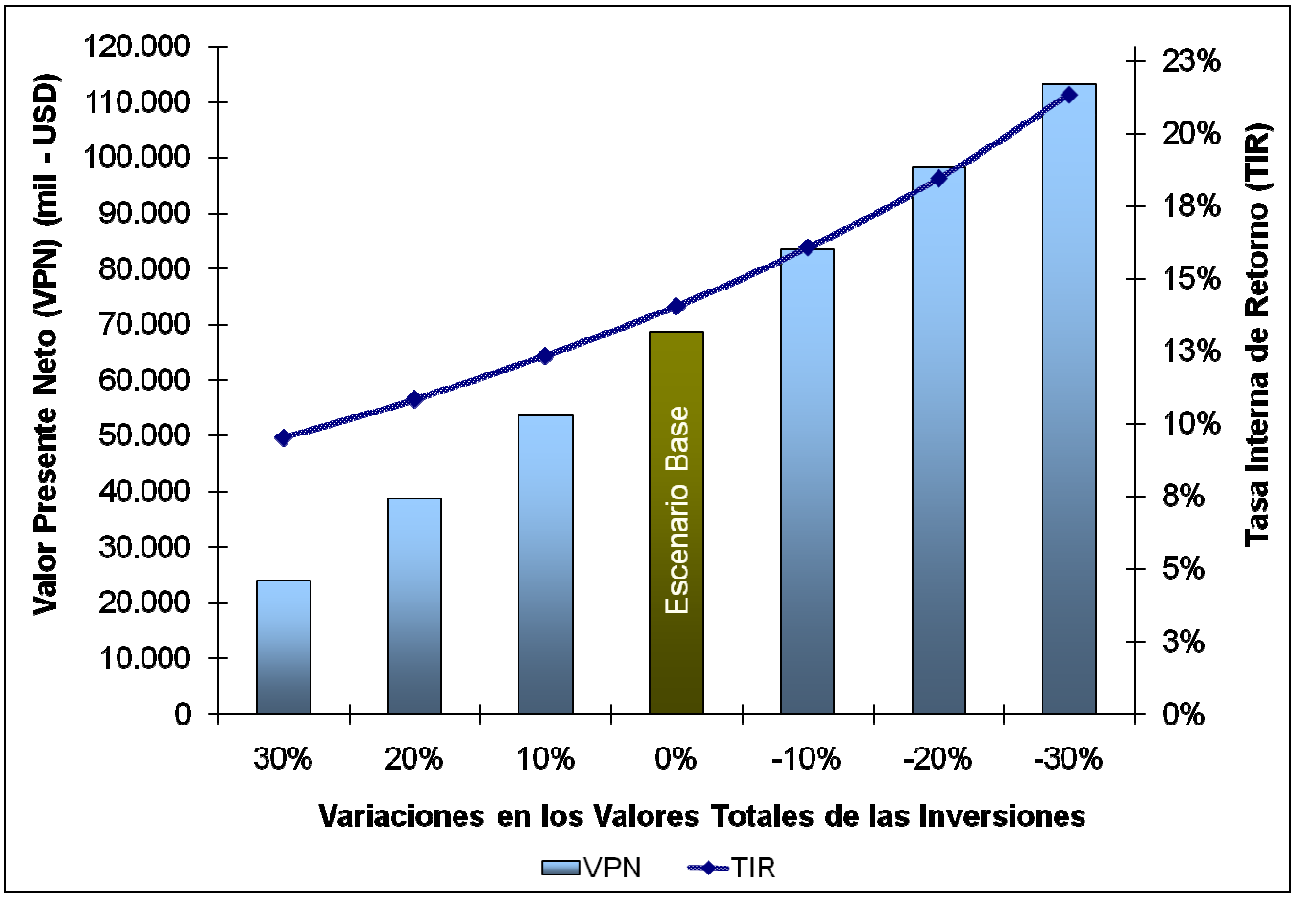
- **Inversiones Totales**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Las inversiones anuales requeridas fueron analizadas en función de variaciones en esos valores totales, en intervalos regulares que engloban 30,00% de incremento y reducción del total, conforme es presentado en la Figura 2.1.12.6.3. Se destaca que el patamar 0,00% se refiere al escenario base definido.

Figura 2.1.12.6.3

Análisis del Valor Presente Líquido del emprendimiento con la consideración de variaciones en los valores totales dos inversiones



Las reducciones de los costos de las inversiones presentaron una influencia directa en la viabilidad del emprendimiento. Considerando la elevación de 30,0% en los costos de los inversiones, el VPL fue de US$ 29,92 millones y la TIR, 9,53%, generándose un *PayBack* de 10,49 años. Para una reducción de 30,0%, el VPL presentó un valor de US$ 113,10 millones, diferencia de 372,84%, siendo la TIR de 21,32% y el *PayBack*, 4,69 años.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.1.12.7 Consideraciones Sobre Caña de azúcar

El análisis de la viabilidad económica del emprendimiento muestra que la evaluación de las variables críticas, como el valor de venta del etanol, precios de adquisición de caña de azúcar y las tasas de descuento es de fundamental importancia para la implantación del proyecto. Hay intervalos de valores de esas variable críticas que mantiene el emprendimiento viable, lo que atenúa los riesgos vinculados a la producción de etanol en **El Salvador**. Entretanto, las cuestiones de la tributación de los lucros y de la producción se presentan como desafíos a ser enfrentados en el país.

2.1.12.8 Melaza

Con la finalidad de evaluarse la viabilidad para la explotación de la melaza como fuente alternativa al mosto de la caña para la producción del etanol, fueron realizados análisis financieros considerando el eventual aprovechamiento de la producción actual de la melaza por los ingenios salvadoreños. Fueron colectados valores actualizados, junto a las entidades gubernamentales y privadas, como valor de comercialización del m^3 de la melaza, costos de insumos industriales, dispendios con mano de obra, gastos con fletes y carga tributaria. Esos datos fueron adoptados como premisas para el análisis financiero del proyecto, como se verifica en la Tabla 2.1.12.8.1.

Tabla 2.1.12.8.1

Premisas para análisis financiero.

Descripción	Valores
Producción actual de melaza (m^3)	146.150
Costo da materia prima (melaza) (US$.$m^{-3}$)	120,00
Costos con flete y almacenamiento (US$.$m^{-3}$)	70,00
Etanol – Venta (US$.$m^{-3}$)	495,00
Costos administrativos (US$.$m^{-3}$)	180,00

A partir de las premisas arriba, fueron elaboradas simulaciones financieras, incluyendo un flujo de caja de 17 años. En los análisis realizados la TIR obtenida fue igual a cero, demostrando en líneas

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

generales que el proyecto no se muestra atractivo, debido básicamente al costo de adquisición de la melaza e inversiones, inviabilizando su utilización como materia prima para fabricación do etanol.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.2 Biodiesel

Químicamente, el biodiesel es definido como un combustible alternativo, constituido por ésteres alquílicos de ácidos carboxílicos de cadena larga, provenientes de fuentes renovables como aceites vegetales o grasas animales.

La sustitución del combustible diesel por biocombustibles, o mezclas de este con el combustible diesel, es la cuestión más en foco actualmente, ya que fue desarrollada para contrarrestar la escasez de los combustibles derivados de petróleo.

Su utilización sustituye total o parcialmente al combustible diesel de petróleo en motores de ciclo diesel automotores o estacionarios (generadores de electricidad, calor etc.). Puede ser usado puro o mezclado al combustible diesel en diversas proporciones. Se llama B"x", la mezcla de x% de biodiesel al combustible diesel de petróleo; entonces el B2 es el combustible diesel contenido de 2% de biodiesel y B100 es 100% biodiesel o el biodiesel puro.

Analizando los aspectos ambientales, el biodiesel e un combustible biodegradable, no tóxico, y prácticamente libre de azufre y aromáticos.

Cuanto a las ventajas sociales, es importante salientar que la producción de oleaginosas en plantíos familiares puede ser una importante fuente de renta.

En la actual etapa de desarrollo tecnológico, el proceso de producción de mejor relación entre economía y eficiencia es a través del camino de la alcohólisis alcalina. La opción por el catalizador alcalino se debe al hecho de ser menos corrosivo y exigir menores razones molares entre el alcohol y el aceite vegetal.

La alcohólisis de aceites vegetales o grasas animales puede ser conducida por una variedad de caminos tecnológicos en que diferentes tipos de catalizadores pueden ser empleados, como bases inorgánicas, NAOH y KOH (hidróxidos de sodio y potasio), alcóxidos, bases orgánicas, ácidos minerales (ácido sulfúrico), resinas de cambio iónico (resinas catiónicas fuertemente ácidas), arcillominerales activados, hidróxidos dobles lamelares y enzimas lipolíticas (lipases).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Solamente alcoholes simples, tales como metanol, etanol, propanol, butanol y amil-alcohol, pueden ser usados en el proceso de transesterificación. El metanol es el más utilizado no sólo por las razones de naturaleza física y química (cadena corta y polaridade), como también por el hecho de que la tecnología empleada sea la mejor desarrollada. No obstante, el etanol está cada vez más popular, ya que es renovable y mucho menos tóxico que el metanol.

La opción por el etanol como agente de transeserificación (obteniéndose con esto los ésteres etílicos), em lugar del metanol (utilizado en Europa y en los Estados Unidos), torna al biodiesel un producto totalmente renovable, pero el interés en torno de esta idea está limitado a las regiones en que su valor comercial esté compatible con el valor de mercado del metanol de origen petroquímica.

La experiencia de utilización del biodiesel en el mercado de combustibles se ha dado en cuatro niveles de concentración:

- Puro (B100);
- Mezclas (B20 – B30);
- Aditivo (B5); y
- Aditivo de lubricidad (B2).

El biodiesel es perfectamente mezclable y químicamente físico, o sea, semejante al combustible diesel mineral, pudiendo ser usado en motores del ciclo diesel sin necesidad de significativas y onerosas adaptaciones.

Así, puede ser usado puro o en mezcla con combustible diesel en cualquier proporción. Tiene además aplicación singular, en el momento de la mezcla con combustible diesel una vez que confiere a este, mejores condiciones de lubricidad. Una alternativa excelente sería el uso de ésteres en adición de 5 a 8% para reconstituir esta lubricidad.

El subproducto de destaque en la producción de biodiesel es la glicerina. El glicerol es producido por via química o fermentativa. Los procesos de producción son de baja complejidad.

Sus aplicaciones, hoy en día, están en los siguientes ramos:

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

- Síntesis de resinas, ésteres – 18%;
- Aplicaciones farmacéuticas – 7%;
- Uso en cosméticos – 40%;
- Uso alimenticio – 24%; e
- Otros – 11%.

La demanda crece más en los mercados de uso personal, higiene dental, y alimentos, en donde el producto tiene mayor pureza y valor, correspondiendo a 64 % del total.

En el ramo farmacéutico, puede ser utilizado en la composición de cápsulas, anestésicos, jarabes y emolientes para cremas y pomadas, antibióticos y antisépticos.

El glicerol, además, puede ser empleado en la industria de tabaco, en la composición de filtros de cigarrillos y como vehículos de aroma.

En el uso alimenticio, sirve como humectante y para conservar bebidas y alimentos, tales como: gaseosas, caramelos, tortas, pastas de queso y carne y ración animal seca. Todas estas aplicaciones utilizan hoy, principalmente el sorbitol. No Obstante, es posible que el glicerol tome parte de los mercados del sorbitol, si los precios caen en los próximos años en función de superproducción, con el biodiesel.

Los estudios de viabilidad técnica y financiera de la producción de biodiesel a partir de oleaginosas como girasol y *Jatropha* son particularmente bien interesantes, teniendo en vista la posibilidad de iniciarse a corto plazo la producción de aceite con el cultivo del girasol (cultivo anual), avanzando en el desarrollo de la producción de *Jatropha* (cultivo perenne) con mayor productividad por ha.

2.2.1 Estrategias del Emprendimiento

La planificación del emprendimiento fue basada en la definición de estrategias básicas, que incluyen la compra del aceite de los productores rurales locales organizados por cooperativas y soportado por la fábrica de biodiesel, por medio del fomento de informaciones fitotécnicas del cultivo de girasol en rotación de cultivo de la caña de azúcar y *Jatropha curcas*. La estrategia

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

resulta en mejorar la distribución de renta, a través del valor agregado obtenido con trituración de las semillas.

La Tabla 2.2.1.1 presenta la producción agrícola a lo largo de los primeros años prevista para el proyecto recomendado

Tabla 2.2.1.1
Producción Agrícola

Jatropha curcas	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Plantío (ha)	-	500	500	2.000	2.000	-	-	-	-
Área Plantada (ha)	-	500	1.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Área Produciendo (ha)	-	-	500	1.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Producción de Fruto (t)	-	-	1.500	3.000	4.000	28.000	40.000	52.000	60.000
Producción de Aceite (t)	-	-	480	960	1.280	8.960	12.800	16.640	19.200
Producción de Afrecho (t)	-	-	1.020	2.040	2.720	19.040	27.200	35.360	40.800

GIRASOL	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Plantío (ha)	-	1.000	2.000	2.000	-	-	-	-	-
Área Plantada (ha)	-	1.000	2.000	2.000	-	-	-	-	-
Área Produciendo (ha)	-	1.000	3.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Producción de Semillas (t)	-	2.200	6.600	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
Producción de Aceite (t)	-	946	2.838	4.730	4.730	4.730	4.730	4.730	4.730
Producción de Afrecho (t)	-	1.166	3.498	5.830	5.830	5.830	5.830	5.830	5.830
Producción Total de Aceite (t)	0	946	3.318	5.690	6.010	13.690	17.530	21.370	23.930

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Se observa en la Tabla 2.2.1.2 el requerimiento de tierras y los dispendios necesarios para la planta industrial, bien como para los demás sectores de la empresa.

Tabla 2.2.1.2

Adquisición de área para la implantación del emprendimiento

Adquisición de tierras	ha	Precio (US$)
Área industrial	30	160.000.00

El valor definido del biodiesel fue de US$1.100 por tonelada y la compra de aceite vegetal de los productores agrícolas por US$ 850 por tonelada. Se destaca que el mercado de biodiesel en el mundo es relativamente nuevo y aún no presenta históricos de precios que posibiliten un análisis temporal para obtención de tendencias y escenarios, de modo que los valores de comercialización del biodiesel fueron basados en el costo de obtención del aceite vegetal.

La cooperativa agrícola a ser adoptada por productores locales tendrá un papel importante a desempeñar en este modelo, pues quedará responsable por la trituración de los granos para obtención del aceite vegetal y provisión a fábrica de biodiesel.

2.2.2 Análisis Económico Agrícola

Este análisis fue hecho teniendo como referencia:

- Recursos Humanos;
- Máquinas, Implementos Agrícolas y Equipamientos motores;
- Dimensionamiento de Máquinas; e
- Insumos.

2.2.2.1 Recursos Humanos

Los recursos humanos fueron analizados conforme el requerimiento para la realización de las tareas, en el área agrícola e industrial, considerándose los niveles de calificación. La Tabla 2.2.2.1.1 presenta los salarios anuales de la planta de trituración que deberá atender a los productores agrícolas.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.2.2.1.1

Recursos humanos para planta de trituración

Planta de Trituración	Salario Anual (US$)
Extracción Mecánica	
Operador	48.077,00
Ingeniero	9.436,00
Sala de aceite	
Operador	19.231,00
Extracción solvente	
Operador	19.231,00
Ingeniero	28.306,00
Torta Gorda	
Operador	38.462,00
Ayudante	11.759,00
Recibimiento / Almacenamiento	
Líder	57.158,00
Ayudante	11.759,00
Balanza	
Auxiliar	14.290,00
Ayudante	5.880,00
Carga	
Líder	14.290,00
Ayudante	29.397,00
Mantenimiento	
Técnico	14.290,00
Laboratorio	
Técnico	14.290,00
Limpieza	
Ajudante	11.759,00
Administración	
Gerente	31.239,00
Secretaria	3.206,00
Total	**382.055,00**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.2.2.2 Máquinas, Implementos Agrícolas e Equipamientos Motores

Para el cálculo del requerimiento de máquinas necesarias a este emprendimiento, se utilizó el mismo método para el dimensionamiento de máquinas para los proyectos con el cultivo de caña de azúcar, o sea, el dimensionamiento operativo y económico de sistemas mecanizados fue realizado considerando la visualización del ritmo operativo, tiempo disponible, número de máquinas y costos asociados.

Tabla 2.2.2.2.1

Gráfico de Gantt para el cálculo del tiempo disponible para la realización de las tareas

OPERACIÓN		JORNADA DE TRABAJO ($h.día^{-1}$)	ENE				FEB				...	NOV				DIC				TOTAL (h)
Preparación	Desecamiento	8	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1					702
	Roza Mecánica	12					1	1	1	1										1.881
	Construcción de Caminos	8					1	1	1	1										1.062
Manejo de Suelo	Construcción de Terrazas	8					1	1	1	1										984
	Subsuelado	8																		1.158
	Calado	8					1	1	1	1		1	1	1	1					720
	Gradeado Arador	16					1	1	1	1		1	1	1	1					1.944
	Gradeado Nivelador	16					1	1	1	1		1	1	1	1					1.944
Implantación	Siembra Girasol	16										1	1	1	1	1	1	1	1	852
	Plantío Jatropha	8	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1.590
Adubación Cobertura - Girasol	Primera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Segunda Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Tercera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	972
Defensivos - Girasol	Primera Aplicación	12	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	603
	Segunda Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	558
	Tercera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	603
Adubación Cobertura - Jatropha	Primera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Segunda Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Tercera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	828
Defensivos - Jatropha	Primera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Segunda Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	747
	Tercera Aplicación	12	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	828
Cosecha - Girasol	Cosecha/ Cargamento	12	1	1	1	1	1	1	1	1										711
Cosecha - Jatropha	Cargamento	8	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1.590
Transporte	Insumos	12	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1.161
	DÍAS IMROPRIOS		4	4	3	3	3	3	3	3	...	3	3	4	4	4	4	5	5	*100*
	TIEMPO DISPONIBLE (DÍAS)		3	4	5	5	4	4	4	4	...	4	5	3	4	3	4	3	3	*265*

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.2.2.3 Dimensionamiento de Máquinas

La Tabla 2.2.2.3.1 presenta el dimensionamiento de máquinas e implementos agrícolas para la producción de girasol y Jatropha, indicando las máquinas a ser utilizadas, los costos simulados, horarios operativos y de mano de obra requerida (operador y auxiliares).

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.2.2.3.1

Dimensionamento operativa e económico de sistemas mecanizados no proceso de producción.

		Seleción de Máquinas		Desempenho Operativa e Económico					Mano de obra	
OPERACIÓN MECANIZADA		Motora	Tracionada	Potência (cv)	Capacidad Oper ($ha.h^{-1}$)	Costo Variável ($US\$.h^{-1}$)	Costo Horario ($US\$.h^{-1}$)	Costo Operativa ($US\$.ha^{-1}$)*	Operadores	Auxiliares
Preparo Inicial da Área	Disecado da Vegetación	T02	P02	85,00	6,63	42,82	42,82	6,46	1	1
	Roza Mecánica	T01	Ro01	75,00	0,83	35,45	35,45	42,56	1	1
	Construción de caminos	Pa01		240,00	1,12	108,17	108,17	96,58	1	2
Manejo do Suelo	Construción de Terrazas	T01	Tr02	75,00	3,70	35,67	35,67	9,65	1	0
	Subsuelado	T06	S03	180,00	0,98	78,65	78,65	80,26	1	0
	Calado	T01	Di01	75,00	2,88	35,31	35,31	12,26	1	0
	Gradeado Aradora	T06	Gr04	180,00	1,28	79,53	79,53	62,26	1	0
	Gradeado Niveladora	T02	Gr01	85,00	2,10	39,31	39,31	18,72	1	0
Implantación	Síembra del Girasol	T06	Se02	180,00	2,74	90,33	90,33	32,92	1	2
	Plantío del Jatropha	T02	Pl01	85,00	1,00	40,58	40,58	40,58	1	6
Logística de Talhões	Transporte de Insumos	T01	Cr01	75,00	10,00	34,68	34,68	3,47	1	2
Cobertura - Girasol	Fertilizante a Lanza	T01	Di01	75,00	2,88	35,31	35,31	12,26	1	1
Defensivos - Girasol	Aplicación de Defensivos	T02	P02	85,00	6,63	42,82	42,82	6,46	1	1
Cobertura - Jatropha	Fertilizante a Lanza	T01	Cr01	75,00	10,00	34,68	34,68	3,47	1	3
Defensivos - Jatropha	Aplicación de Defensivos	T01	P04	75,00	1,26	38,40	38,40	30,48	1	1
Cosecha - Girasol	Cosechadoras Combinadas	C02		220,00	2,52	173,15	173,15	68,71	1	0
	Transporte Externo	Ca01		180,00	20,00	1,88	1,88	0,09	1	1
Cosecha - Jatropha	Cargameto	T01	Cr01	75,00	10,00	34,68	34,68	3,47	1	2

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Los costos operativos del sistema mecanizado son calculados por unidad área trabajada (US$.ha^{-1}), ya para el transporte de la producción es utilizado el indicador de costo por tonelada de semilla transportada hasta la trituradora.

Las demás operaciones mecanizadas, con destaque para la preparación de suelo y demás manejos de vegetación de cobertura son requeridas en las áreas de vivero da a, para la producción de mudas para los productores rurales locales.

A partir de las máquinas seleccionadas y de las áreas a ser trabajadas según la planificación operativa, se obtienen las inversiones anuales para la mecanización de las áreas agrícolas y manejo de los viveros, conforme es mostrado en la Tabla 2.2.2.3.2.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.2.2.3.2
Inversiones anuais em máquinas, implementos e otros equipamientos para as operaciones mecanizadas cadastradas (US$)

OPERACIÓN		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Preparo Inicial	Disecado de Vegetación	-	141.744	-	141.744	-	-	-	-	**283.488**
	Roza Mecánica	-	94.081	94.081	188.162	-	-	-	-	**376.324**
	Construción de Caminos	-	400.000	200.000	400.000	-	-	-	-	**1.000.000**
Preparo de Suelo	Construción de Terraza	-	100.064	-	-	-	-	-	-	**100.064**
	Subsuelado	-	313.780	156.890	313.780	-	-	-	-	**784.450**
	Calado	-	92.375	92.375	92.375	-	-	-	-	**277.125**
	Gradeado Aradora	-	170.094	170.094	340.188	-	-	-	-	**680.376**
	Gradeado Niveladora	-	100.701	-	100.701	-	-	-	-	**201.402**
Implantación	Síembra do Girasol	-	302.000	302.000	302.000	-	-	-	-	**906.000**
	Plantío do Jatropha	-	113.744	-	113.744	-	-	-	-	**227.488**
Adubación de Cobertura - Girasol	Primeira Aplicación	-	92.375	92.375	92.375	-	-	-	-	**277.125**
	Segunda Aplicación	-	92.375	92.375	92.375	-	-	-	-	**277.125**
	Terceira Aplicación	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
Aplicación de Defensivos - Girasol	Primeira Aplicación	-	141.744	-	141.744	-	-	-	-	**283.488**
	Segunda Aplicación	-	141.744	-	141.744	-	-	-	-	**283.488**
	Terceira Aplicación	-	141.744	-	141.744	-	-	-	-	**283.488**
Adubación de Cobertura - Jatropha	Primeira Aplicación	-	85.200	-	-	-	-	-	-	**85.200**
	Segunda Aplicación	-	85.200	-	-	-	-	-	-	**85.200**
	Terceira Aplicación	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
Aplicación de Defensivos - Jatropha	Primeira Aplicación	-	131.000	131.000	262.000	262.000	-	-	-	**786.000**
	Segunda Aplicación	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
	Terceira Aplicación	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
Retirada da Producción - Girasol	Cosecha	-	400.000	400.000	400.000	-	-	-	-	**1.200.000**
	Transporte	-	100.000	-	-	-	-	-	-	**100.000**
Cosecha - Jatropha	Transporte	-	-	85.200	-	-	-	-	85.200	**170.400**
Logística Interna	Transporte de Insumos	-	85.200	-	-	-	-	-	-	**85.200**
Inversiones Totais (R$.ano^{-1})		**-**	**3.325.165**	**1.816.390**	**3.264.676**	**262.000**	**-**	**-**	**85.200**	**8.753.431**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.2.2.4 Insumos

Los insumos utilizados en el proceso productivo, como adubos, insecticidas, herbicidas y mudas, y su costo total de uso (Tabla 2.2.2.4.1) fueron obtenidos con base en series históricas de precios, obteniéndose el costo total según las condiciones químico-físicas de los suelos de la región, considerándose los criterios agronómicos conocidos.

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

Tabla 2.2.2.4.1

Insumos en el Proceso Productivo	Costo Unitário	Cant.	Costo Insumos (US$.ha-1)	Cant.	Costo Insumos (US$.ha-1)	Cant..	Costo Insumos (US$.ha-1)	Cant..	Costo Insumos (US$.ha-1)	Cant..	Costo Insumos (US$.ha-1)
Fertilizantes y Correctivos											
Mezcla Granulada (08-20-20)	775,00	0,30	232,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Urea	850,00	0,10	255,00	0,10	170,00	0,10	85,00	0,10	85,00	0,10	85,00
Super Fosfato Simple	400,00	0,10	120,00	0,15	120,00	0,15	60,00	0,15	60,00	0,15	60,00
Cloruro de Potasio	700,00	-	-	0,15	210,00	0,15	105,00	0,15	105,00	0,15	105,00
Plantío											
Mudas	-	1.428,57	285,71	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gel Acondicionador	0,15	100,00	15,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productos Fitosanitarios											
Herbicidas	16,97	1,00	16,97	1,00	16,97	1,00	16,97	1,00	16,97	1,00	16,97
Insecticidas	68,90	0,15	10,34	0,15	10,34	0,15	10,34	0,15	10,34	0,15	10,34
Formicida	6,00	3,00	18,00	2,00	12,00	2,00	12,00	2,00	12,00	2,00	12,00
Total			**953,52**		**539,31**		**289,31**		**289,31**		**289,31**

Este Informe contiene informaciones confidenciales. En caso que usted no sea la persona autorizada a recibirlo, no deberá utilizarlo, copiarlo o revelar su contenido.

2.2.3 Análisis Industrial

Los procesos de extracción del aceite de granos de oleaginosas pueden ser definidos en los siguientes procesos:

- Extracción Mecánica;
- Extracción por Solvente;
- Extracción Mixta (Mecánica/Solvente); y
- Proceso mecánico debido a la productividad y el tenor de aceite del grano.

En la extracción mecánica se tienen las siguientes fases:

- Limpieza: utilizan zarandas para retirar matérias primas extrañas que pueden perjudicar los equipamientos y disminuir la cantidad de aceite producido;
- Descanso: quebradores y zarandas para la separación de las cáscaras;
- Pesaje: para control de la producción y rendimientos;
- Molienda de las semillas: facilitar la cocción y el prensado;
- Cocción: liberar partículas de aceite contenidas en los invólucros celulares;
- Prensado: puede ser continuo o no continuo. En el proyecto BioGreen consideramos trabajar con proceso no continuo en donde la masa es colocada dentro de un cesto y una presión es ejercida por un cilindro hidráulico;
- Filtración de aceite: separa partículas de masa del aceite extraido; y
- Molienda de la torta: después de la extracción del aceite la masa (torta) deberá ser molida para homogeneizar su granulometría.

Luego, el proceso de trituración consiste en triturar la semilla para que de ella se desprenda el líquido que hubiere en su interior. Se puede, no obstante, mejorarlo, cocinando la semilla antes de triturarla, ya que aumenta la cantidad de aceite obtenida en el proceso de extracción. No obstante, la conclusión sobre la cocción o no, dependerá de la relación costo-beneficio.

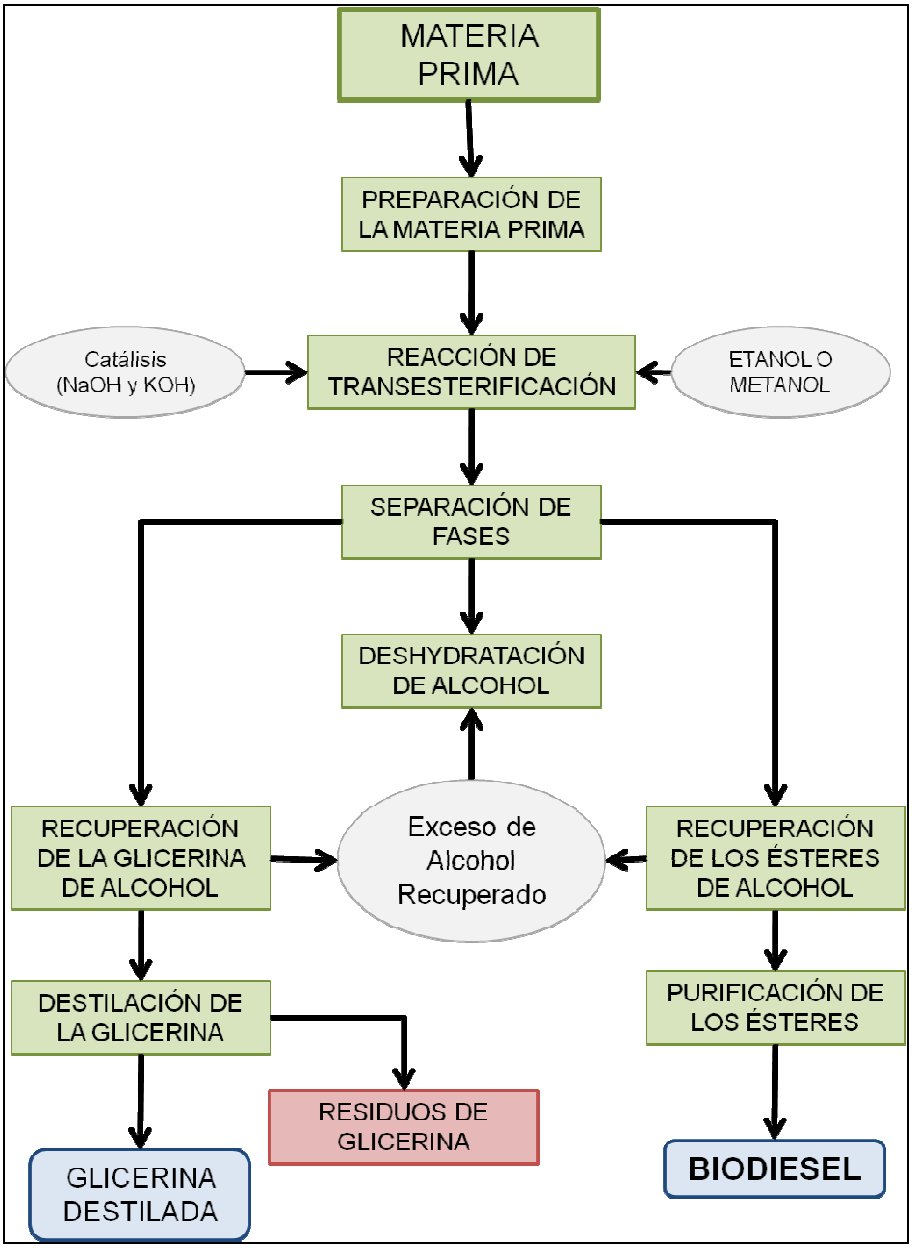
Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

2.2.3.1 Instalaciones e Obras Civis

La Figura 2.2.3.1.1 muestra el proceso de producción del biodiesel con las principales fases de la operación.

Figura 2.2.3.1.1

Proceso de Producción de Biodiesel.



Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Las inversiones consideradas para las plantas industriales de trituración y fabricación de biodiesel son presentadas conforme sigue:

- Planta de Trituración:
  - 1 Trituradora de Capacidad de 50 toneladas por día;
  - Trituradora de Capacidad de 100 toneladas por dia;
  - Pretratamiento del *Feedstock* – Completo;
  - Silo de Almacenamiento;
  - Construcción Civil Edificio Industrial y Administración;
  - Paisajismo, veredas externas;
  - Cercas de Protección de la Industria;
  - Garita - 12,5 m²;
  - Utilidades (computadoras, fax, comunicación);
  - Servicios preliminares;
  - Infraestructura (Desague,agua, energía etc.) Utilidades; y
  - *Commissioning, Start up* y entrenamiento.
    - **Valor total estimado= US$ 14.000.000,00**

- Fábrica de Biodiesel:
  - Transesterificación – Completo;
  - Pretratamiento del aceite vegetal;
  - Tanques para almacenamiento;
  - Construcción Civil Edificio Industrial y Administración;
  - Paisajismo, veredas externas;
  - Cercas de Protección de la Industria;
  - Garita - 12,5 m²;
  - Utilidades (computadoras, fax, comunicación);
  - Servicios preliminares;
  - Infraestructura (Desague, agua, energía etc.) Utilidades; y
  - *Commissioning, Start up* y entrenamiento.
    - **Valor total estimado= US$ 8.000.000,00**

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

2.2.4 Evaluación Económica y Financiera

La viabilidad del emprendimiento fue realizada siguiendo los mismos métodos adoptados para la evaluación de los proyectos con el cultivo de caña de azúcar. De esta forma, fueron utilizados tres métodos para el análisis de la viabilidad económica del emprendimiento: Valor Presente Líquido (VPL y VPL Perpetuo); Tasa Interna de Retorno (TIR); y *PayBack.*

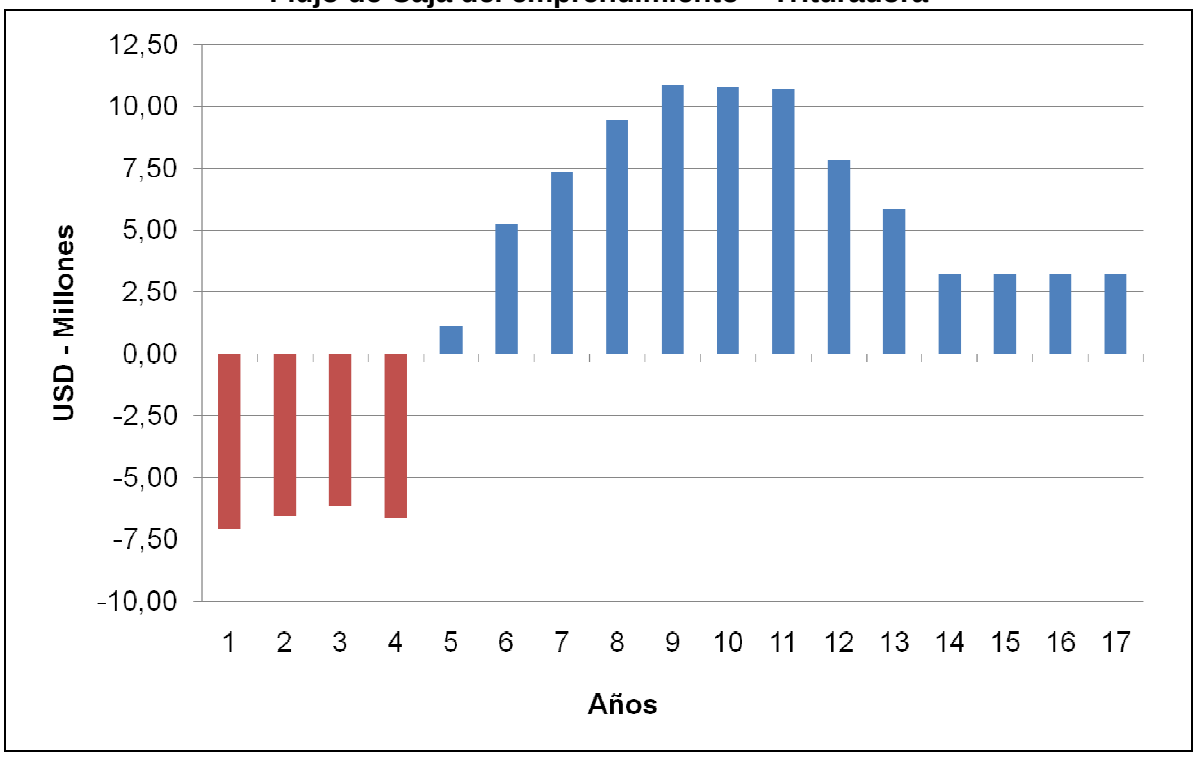
2.2.4.1 Resultados

Los resultados fueron evaluados de acuerdo con el análisis del flujo de caja del emprendimiento, de las inversiones anuales requeridas y la presentación de su viabilidad económica, para la producción del aceite vegetal y biodiesel..

- **Flujo de Caja**

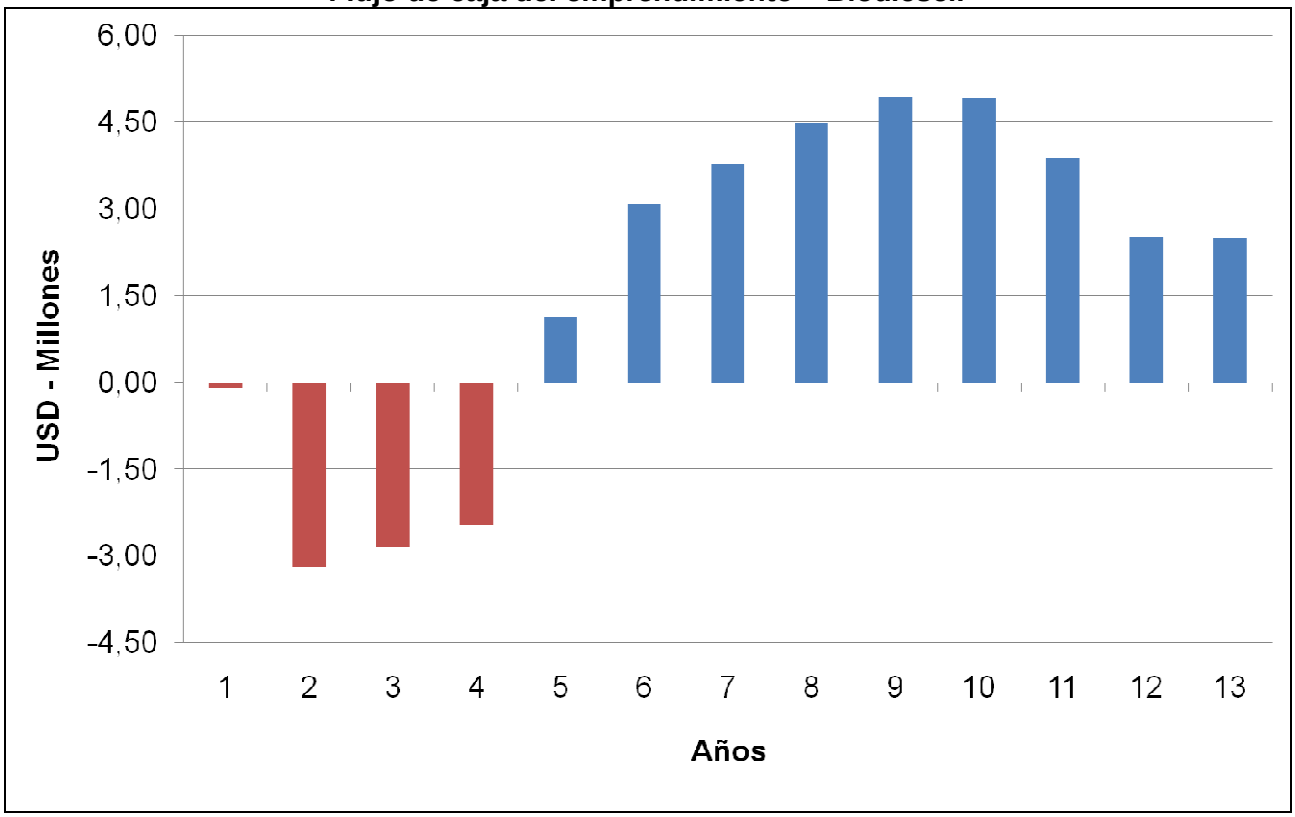
  La Figura 2.2.4.1.1 muestra el flujo de caja esperado del emprendimiento, visualizando las entradas y las salidas de capital, a lo largo del horizonte de planificación.

Figura 2.2.4.1.1
Flujo de Caja del emprendimiento – Trituradora



Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Figura 2.2.4.1.2
Flujo de caja del emprendimiento – Biodiesel.



2.2.4.2 Análisis de Viabilidad Económica

La viabilidad económica del emprendimiento fue realizada considerándose el cálculo del VPL y la TIR en función de variables críticas del emprendimiento, como la tasa de descuento. Para tanto, se fijó la tasa de descuento referencial de 7,70% al año.

- **VPL y TIR**

La evaluación del VPL (Valor Presente Líquido) en función de la tasa de descuento muestra el comportamiento de la viabilidad del emprendimiento (Figura 2.2.4.2.1).

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Figura 2.2.4.2.1

Análisis de sensibilidad para el VPL en función de la tasa de descuento – Trituradora

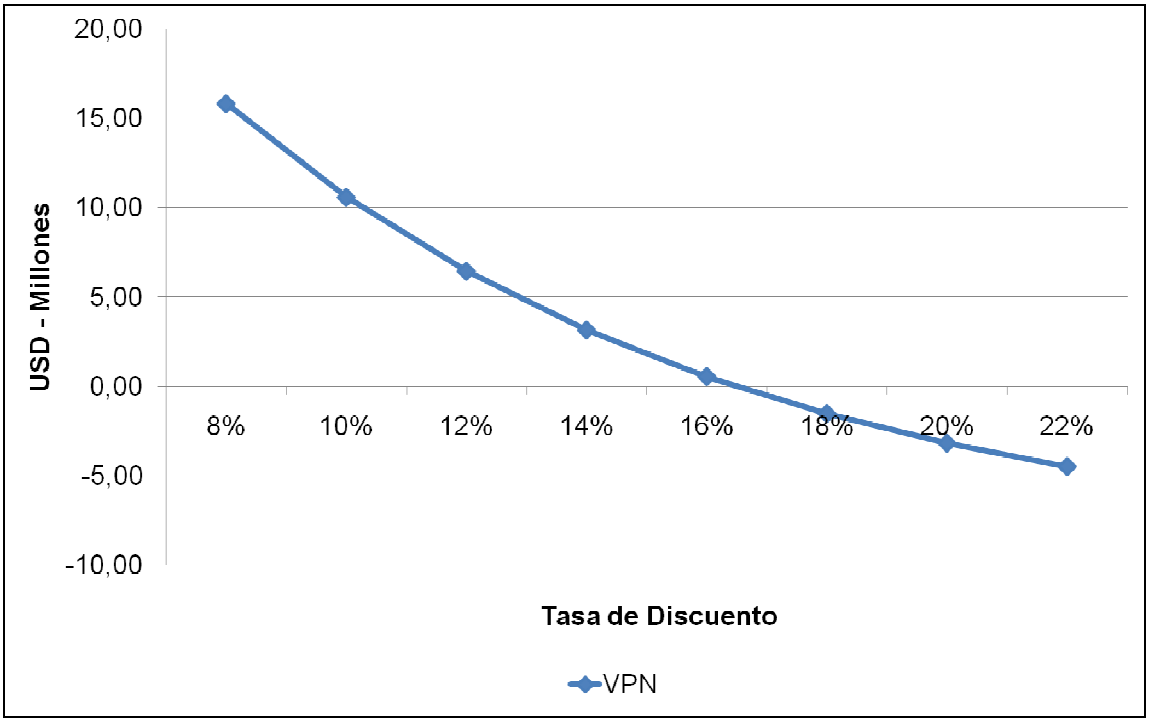
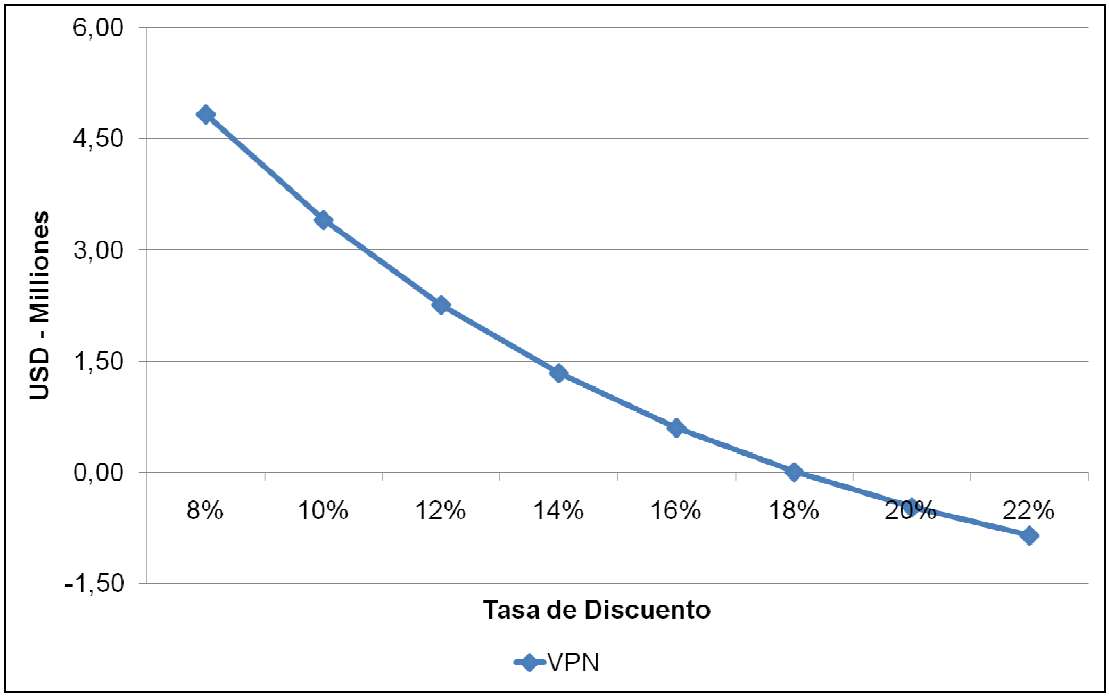


Figura 2.2.4.2.2

VPL (US$) x Tasa de Descuento – Biodiesel



Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es aquella que presenta el valor de VPL igual a cero. En el presente estudio, el emprendimiento posee para planta trituradora una TIR de 18% y para fábrica de biodiesel una TIR de 25%.

2.2.4.3 Análisis de Sensibilidad

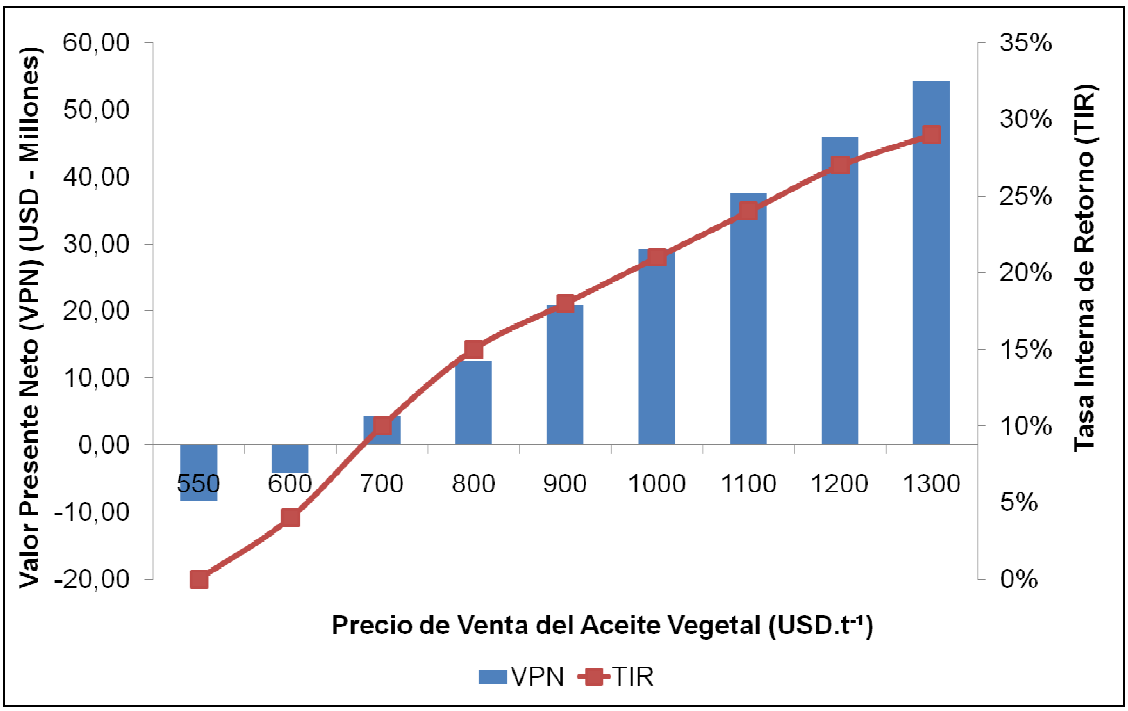
El análisis de sensibilidad fue realizado por medio de la evaluación de variables críticas que influencian la viabilidad del emprendimiento. En ese contexto, se destacan valores de la venta del biodiesel, los precios para la adquisición del aceite vegetal y las inversiones realizadas para la producción agrícola e industrial.

- **Venta del Aceite Vegetal y Biodiesel**

Las Figuras 2.2.4.3.1 y 2.2.4.3.2 visualizan el análisis del VPL y TIR en función del precio de venta de la tonelada del aceite vegetal y biodiesel. De acuerdo con las figuras, los emprendimientos se presentan viables a partir de un valor de US$ 850 por tonelada de aceite vegetal y US$ 1.100 por tonelada de biodiesel.

Figura 2.2.4.3.1

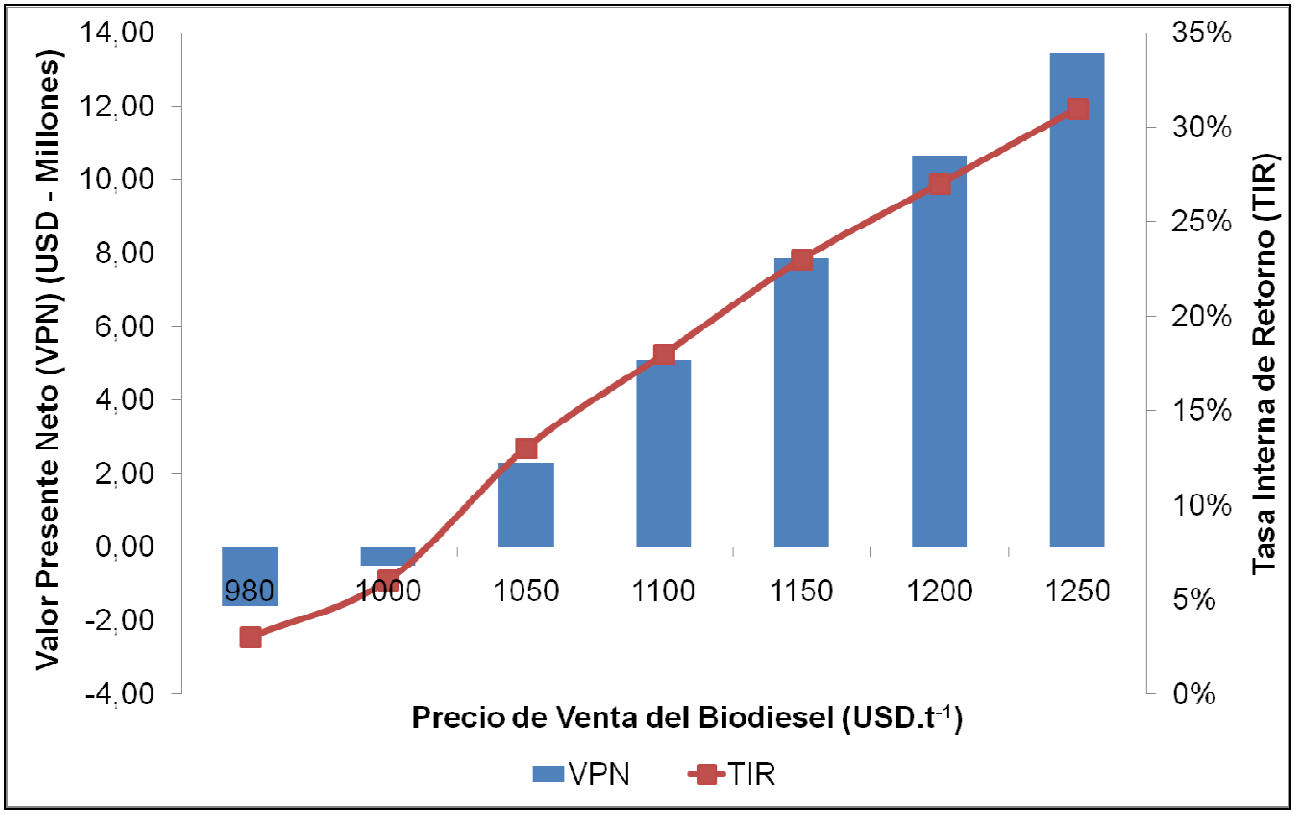
Análisis de Sensibilidad – Precio de Venta del Aceite Vegetal.



Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Figura 2.2.4.3.2

Análisis de Sensibilidad – Precio de Venta del Biodiesel.



En el escenario base definido para la planta de trituración, el VPL presentó un montante de US$ 21 millones, la TIR de 18% y el *PayBack* de 6,5 años. Para la fábrica de biodiesel, un montante de US$ 9 millones, la TIR de 25% y el *PayBack* de 7 años.

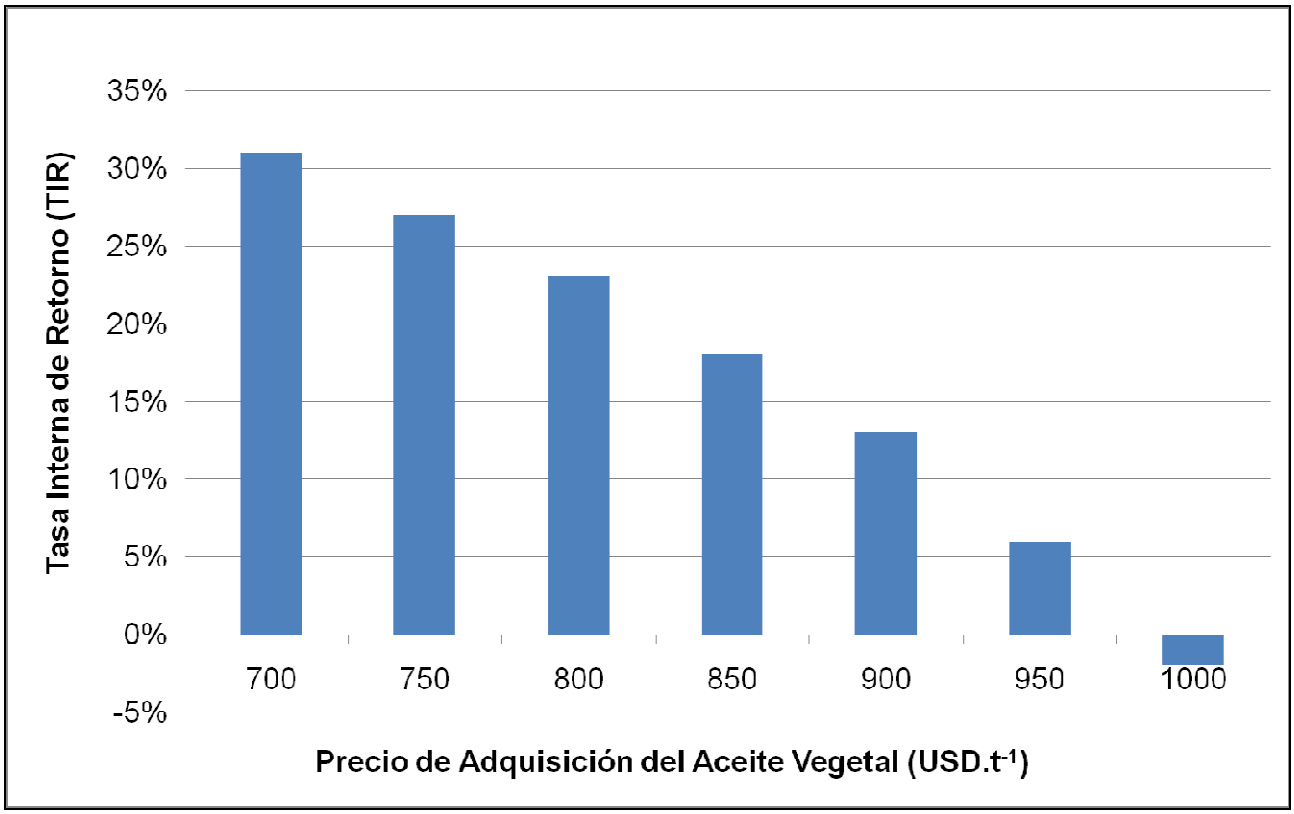
- **Precio de compra del aceite vegetal para fábrica de biodiesel.**

La influencia de las oscilaciones en los precios pagados por el aceite vegetal en la viabilidad económica del emprendimiento es observada en la Figura 2.2.4.3.3, lo que revela la fuerte sensibilidad en la adquisición de la materia prima. Se destaca que acuerdos de largo plazo para suministro del aceite vegetal son de crucial importancia para protección de los márgenes deseados.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Figura 2.2.4.3.3

Impacto en la TIR en relación al precio de adquisición del aceite vegetal por la fabrica de biodiesel



El análisis de viabilidad económica de la producción de aceite vegetal y fabricación de biodiesel muestra la alta sensibilidad del costo de producción del aceite vegetal y, por consiguiente el precio de adquisición del mismo por la fábrica de biodiesel.

Resáltase que proyectos de esta naturaleza, con alta interdependencia entre proveedor y productor deben necesariamente buscar contratos de largo plazo de manera que se garantice el retorno de la inversión esperado, por esa razón utilizamos flujos de caja de 17 años para ambos análisis, producción de aceite y fabricación del biodiesel.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

3. Concluson

Este Proyecto englobó la evaluación de seis cultivos propicios para la producción de biocombustibles, presentándose como viables la caña de azúcar para el etanol, el girasol y la *Jatropha curcas* para el biodiesel. El sistema productivo de la caña de azúcar en el país es caracterizado por cañaverales con áreas de baja productividad y abandonados. Su industria presenta estructura obsoleta y precaria, necesitando de modernización tecnológica. Así, se recomienda la instalación de un Instituto de Investigación y Desarrollo focado en mejoras para la producción de biocombustibles. El Instituto de deberá contar con un laboratorio de micropropagación, desarrollo de novas variedades e banco de germoplasma, totalizando inversiones presupuestadas en US$ 6,2 millones.

Las diversas etapas del trabajo identificaron Usulután como la mejor región en el país para instalación de la unidad industrial, considerando aspectos agrícolas, económicos, logísticos y competitividad por materia prima con otros ingenios. La industria dimensionada presenta capacidad para molienda de 2 millones de toneladas.año^{-1}, resultando en 170 mil m³ de etanol. Para eso, será necesario el cultivo de 27 mil hectáreas con productividad media a lo largo de seis cortes de 83 toneladas por hectárea.

En la región predominan pastajes, caña de azúcar y otros cultivos, haciéndose necesario verificar la posibilidad de sustitución de los mismos. La sugestión para instalación de la planta industrial se localiza a 180 km del puerto de Acajutla, en un área de 150 hectáreas. Las inversiones consideradas son en orden de US$ 181 millones incluyéndose el área agrícola y la planta industrial, presentando Valor Presente Líquido (VPL) de US$ 68,55 millones, con Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14,06% y *PayBack* de 7,11 años.

Para los cultivos destinados a producción de biodiesel, se seleccionó la región de San Miguel. La industria está localizada a 147 km del puerto de Acajutla y presenta capacidad para producción de 24 mil toneladas por año de biodiesel, adoptando como materia prima la *Jatropha curcas*, cultivada en un área de 5.000 hectáreas y el girasol, también establecido en 5.000 hectáreas, siendo este en rotación con el cultivo de caña de azúcar cultivada en el proyecto idealizado para Usulután. La planta industrial será dividida en dos etapas: trituradora (extracción de aceite) y procesadora (biodiesel), con inversiones iniciales presupuestadas en US$ 14 millones para la unidade de trituración y US$ 8 millones para la fábrica de biodiesel. En el escenario base definido

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

para la planta de trituracioón, el VPL presentó un montante de US$ 17 millones, la TIR de 16% y el *PayBack* de 8 años. Para la fábrica de biodiesel, un montante de US$ 5 millones, la TIR de 18% y el *PayBack* de 7 años.

La producción de etanol y biodiesel se mostró viable en **El Salvador**, de manera que estos productos puedan diversificar la matriz energética del país, con la realización del *blend* etanol-gasolina en la proporción de hasta 25% y uso del biodiesel en mezcla al combustible diesel. Si adoptado como valor máximo (25%) en la realización del blend, la planta industrial de Usulután seria capaz de atender esa demanda y obtener un excedente de 30 mil m^3, pudiendo destinarlos a la exportación. La adopción de estas medidas puede disminuir el consumo de energías fósiles y reducir la dependencia internacional del petróleo.

El país presenta facilidades, incentivos y exención de impuestos para implantación de nuevas unidades productoras de biocombustibles, facilitando inversiones nacionales e internacionales. Se hace necesario resaltar que el desarrollo de la agroenergía en **El Salvador**, asi como en los demás países de América Central y Caribe, sólo acontecerá de una forma sostenible si todos los sectores vinculados (agricultor-gobierno-industria) en el proceso actúan de forma conjunta y armoniosa.

De manera más amplia, y como principales impactos, las inversiones en biocombustibles, se destacan por:

- Estabilización Macroeconómica:
  Reducción de la dependencia externa de fuentes de energía;
  Menor sensibilidad económica frente a las fluctuaciones de la tasa de cambio;
  Reducción del déficit comercial.

- Optimización Energética:
  Reducción de la dependencia por energía fósil a partir de la mezcla entre gasolina-etanol y diesel-biodiesel;
  Generación de excedente de electricidad con los sistemas de cogeneración de energía;
  Aumento de la capacidad de producción instalada.

- Oportunidades de Mercado:

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Elevado valor agregado del etanol;

Significativo aumento de la demanda en el mercado internacional;

Representa importante demanda interna.

- Empleabilidad:

  Aumento de las oportunidades en los segmentos agrícolas e industriales;

  Aumento del número de vacantes para mano de obra calificada;

  Efectos positivos en la distribución de renta del país.

- A largo plazo:

  Está de acuerdo con preocupaciones ambientales;

  Contrabalancea el continuo aumento del precio del petróleo.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Referencias

BITTENCOURT, V.C. de; JOÃO, J.; CLEMENTE, J.L.; CARMELLO, Q.A. de C.; BEAUCLAIR, E.F. **Produtividade de cana-de-açúcar e suas relações com a fertilidade dos solos e manejo da cultura.** STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.9, n.2, p.10-14, mai/ago 1990.

CALVO, G.A.; REINHART, CM (2000). **"Fear of Floating"** – National Bureau of Economic Research.

CAMARGO, A. P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C. et al. **Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e super úmidos, com base na amplitude térmica.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 2, p.251-257, 1999.

CETESB. **A Produção Mais limpa no Setor Sucroalcooleiro**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/texto_ca/documentos/procao_mais_limpa_sucroalcooleiro.pdf> Acesso em: 15 fev. 2008.

CONSECANA. **Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo.** Disponível em: < http://www.unica.com.br/pages/consecana.asp> Acesso em: 15 fev. 2008.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. (1992) **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização**. *Revista Brasileira de Energia*, Vol.2, N°. 2, 1992.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO – Irrigação e Drenagem n.33, 1994. 306 p. (Traduzido por GHEYI, H. R. et al. – UFPB).

EDITORA VALETE. **ÁlcoolBrás** – Reportagem da capa – Edição 83 de Jan/Fev de 2004. Disponível em < http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/ed_ 83/ed_83.html> Acesso em: 15 fev. 2008.

FAOSTAT. Disponível em: < http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx> Acesso em: 15 dez. 2007.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na Agroindustria de Cana-de-Açúcar**. 2 ed. Piracicaba, STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2003. 240p.

FUENTES, J. SILVA, M. (2004) **"La política fiscal como mecanismo de ajuste cíclico en El Salvador",** Documento de Trabajo 2004-01, Banco Central de Reserva de **El Salvador**.

GAZZOLA, S.T. **Caracterização Climática dos Ambientes de Produção e o Efeito da Variabilidade das Condições Meteorológicas nas Produtividades Potencial e Real da Cana-de-Açúcar na região de Piracicaba, SP**. Trabalho de conclusão de curso – ESALQ/USP. 2007. 42p.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. **Nutrição mineral da cana-de açúcar**. In: Paranhos, S.B. (Coord.) Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, v.2, 1987, p.88-162.

HALL, D.O.; HOUSE, J.I.; SCRASE, I. **Visão Geral de Energia e Biomassa. In: Uso da Biomassa para produção de energia na Indústria Brasileira**. (Org.) Calle, F. R. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2005. 420. (25-69).

HAMMIL, M. (2005) **"Income inequality in Central America, Dominican Republic and Mexico: assessing the importance of individual household characteristics".** Serie Estudios y Perspectivas CEPAL no. 43.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

LUDOVICE, M.T. (1996). **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. Campinas, FEC-UNICAMP. Dissertação de Mestrado, 1996.

MELGAR, O., FUENTES, J., MORALES, H. **"Hechos estilizados en el crescimiento económico de El Salvador 1978-2004"**, Documento de Trabajo 2005-02, Banco Central de Reserva de **El Salvador**.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

OBSTFELD, M.; SCHAMBAUGH, J.C.; TAYLOR, A.M. (2005). **"The Trilemma in History: Tradeoffs among Exchange Rates, Monetary Policies and Capital Mobility".** Review of Economics and Statistics, 2005 – MITPress.

OMETTO, A. R. **Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setor sucroalcooleiro e a certificação socioambiental**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 478p. 2002.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLAN, A.M.C. (ed.) Recomendações **para adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1985. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SEAG – ES. **Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aqüicultura e Pesca do Espírito Santo.** Disponível em: <http://www.seag.es.gov.br/setores/cana-de-acucar/?cd_matia =88&cd_site=53> Acesso em :10 fev. 2008.

SEBRAE – MG. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.sebraeminas.com.br/culturadacooper acao/central_negocios/01.htm> Acesso em :10 fev. 2008.

TERAMOTO, E.R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açucar (*Saccharum spp*) baseados em parâmetros do solo e do clima**. Tese de Doutoramento. ESALQ/USP. 2003. 86p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955) **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology. 104p.

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.

Anexo A – Localización de las estaciones meteorológicas

Este Relatório contém informaciones confidenciais. Caso você não seja a pessoa autorizada a recebê-lo, não deverá utilizá-lo, copiá-lo ou revelar o seu conteúdo.