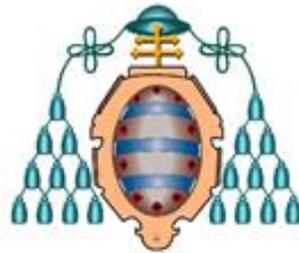


UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Energía



TESIS DOCTORAL

**“El Etanol Carburante en la Costa Norte del Perú. Impactos energético,
ambiental y socioeconómico”**

AUTOR:

D. Víctor Manuel Lizana Bobadilla

Directores:

Dr. Jorge Xiberta Bernat

Dr. Frank Rosillo Calle

Febrero, 2016

Universidad de Oviedo

Departamento de Energía

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo

Oviedo, Febrero 2016

Dedicatoria

A Iobana, mi esposa, quien dejó todo para estar a mi lado.

A Victoria Micaela, Juan Ignacio, Álvaro Martín y Uxía Mariana; la razón de nuestras vidas.

A Pedro y Elva, por el inmenso amor que nos dieron.

A mis hermanos Benjamín, Carmen, Pedro y Augusto; a quienes amo y respeto.

A mis hermanos Martina (+) y Barces (+), a quienes no conocí.

A la mamá Lela, por su gran legado.

Agradecimientos

A la Universidad de Oviedo y al Departamento de Energía de la Escuela de Minas, por brindarme las facilidades y sus instalaciones para el desarrollo del programa de doctorado

A la Universidad de Piura, por todo su apoyo. De manera particular a Alejandro Fontana, Susana Vegas, Sergio Balarezo, Dante Guerrero, Rafael Saavedra y a Jorge Reyes.

A la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID), por el otorgamiento de una beca de financiación, por dos años, para el desarrollo del doctorado

Al Prof. Jorge Xiberta Bernat, por su cariño, apoyo, dedicación, asesoramiento y dirección para el desarrollo de este trabajo.

A Frank Rosillo, por todo su conocimiento, aporte y dirección.

A María Fernanda, José, Iván, José Manuel, Eunice y Yoreley. De manera muy especial a Yoli Fernández, por todo su apoyo para la culminación de este trabajo

Al Prof. Luis Felipe, a D. José Carlos, Jorge, Sergio, Rosa y a D. Javier Junceda; por su invaluable apoyo

A la bella y hospitalaria ciudad de Oviedo, que nos acogió y nos dio dos hijos, Juan Ignacio y Álvaro Martín.

A Manuel Mattus, Percy Querevalú, Henry Amaya, Pedro Fernández, Miguel Arica, Kike Franco y Ricardo Rodríguez, por su tiempo, apoyo y conocimientos.

A las empresas Caña Brava y Agrícola del Chira, por permitir visitar sus instalaciones y acceder a informes, manuales y reportes.

ABSTRACT

Peru is a Latin America country that since the 1990s has experienced a significant and sustainable development based on growing economic activities, based primarily on the productive sectors of mining, industry, construction and transport. Within this economic reality, the energy sector has played an important role in providing an increasing energy demand.

A major characteristic of Peru has been its dependency on fossil fuel imports that led the country to become a net importer of energy. Currently, bioethanol is being used as an alternative to reduce fossil fuels consumption, primarily oil in the transport sector. And, at the same time, improving the socio-economic, and environmental impacts caused by oil.

In addition to the interests of domestic and foreign investors, the geo-political, social and economic conditions, together with the high productivity of sugarcane in the north of the country, makes it possible to have ethanol-gasoline blend as an ideal alternative fuel.

This thesis has investigated in detail the potential impacts of ethanol production from sugarcane in the Province of Piura. Consequently it can be confirmed with a good degree of certainty that, provided the initial conditions are maintained, the production of ethanol from sugarcane in Piura will be sustainable.

This research, within its limitations, has assessed in detail the energy, environmental, social and economic impacts posed by the production of bioethanol fuel in the coastal province of Piura. The step-by-step analysis included the agronomic conditions, planting, production and harvesting of sugarcane; its industrial processes and, finally, the end use in the transportation sector.

RESUMEN

EL Perú es un país Iberoamericano que desde fines de la década de los 90 ha experimentado un crecimiento notable y sostenido debido a la reactivación económica y al desarrollo de algunos de sus sectores productivos principales como la minería, la industria, la construcción y el transporte. En este marco, el sector energético ha cumplido un papel importante para satisfacer el incremento de la demanda energética nacional.

Perú se ha caracterizado por una elevada dependencia de los combustibles fósiles que lo ha convertido en un país importador de energía. En la actualidad los biocarburos son una alternativa para disminuir la demanda y la dependencia de los hidrocarburos líquidos en el sector del transporte, y con ello atenuar los impactos sociales, económicos y medioambientales generados por estos combustibles.

Además del interés en el Perú por parte de los inversores nacionales y extranjeros, las condiciones geopolíticas y socioeconómicas, y los elevados rendimientos de la caña de azúcar en el norte del país convierten a las mezclas del bioetanol con la gasolina en un carburante ideal. Este trabajo ha centrado su interés en la producción de este bioalcohol en la provincia peruana de Piura. El análisis realizado es amplio y se puede afirmar que, manteniendo las condiciones con las que se iniciaron las actividades referidas al proyecto de bioetanol, se garantiza que su producción sea sostenible.

El estudio, con las limitaciones existentes para su desarrollo, se centra en la evaluación de los impactos energéticos, ambientales y socioeconómicos debidos a la producción de bioetanol carburante en la costa norte del Perú, desde la siembra y cosecha de la materia prima (incluyendo su estudio agronómico), hasta la fase industrial y consumo final en el sector del transporte

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO

El nivel de desarrollo de un país tiene un estrecho vínculo con su consumo energético, tal como lo manifestaron, en el 2004, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Agencia Internacional de la Energía (AIE). La relación entre la economía y el consumo energético se basa en que un mayor ritmo productivo exige mayor demanda de energía.

Existe la necesidad de modificar el modelo energético actual, caracterizado por la elevada dependencia de los recursos de origen fósil y por los inconvenientes socioeconómicos y medioambientales generados por su uso, por un nuevo modelo energético sostenible que utilice tecnologías y recursos respetuosos con el medio ambiente y que garanticen la seguridad de suministro energético. En este sentido, las fuentes de energía renovable representan la alternativa con mejor opción a implementar.

La transición hacia un nuevo modelo energético más sostenible debe contemplar dos aspectos básicos. El primero es el desarrollo de programas para la introducción de las energías renovables, el ahorro energético y el uso eficiente y racional de la energía; el segundo se debe centrar en la aplicación de las mejores tecnologías disponibles en lo referente a la producción y transformación de la energía.

El Perú también precisa establecer estrategias que permitan la planificación de un modelo energético sostenible. En la actualidad, su elevado consumo de recursos fósiles y el incremento continuo en su demanda energética así como la limitada capacidad de refino de su tecnología determinan que sea un país importador de energía para satisfacer sus necesidades energéticas. Esta dependencia supone un factor de riesgo para la garantía de suministro en los próximos años.

El Perú, uno de los doce países con mayor biodiversidad en el mundo, cuenta con un gran potencial de fuentes de energía renovable. Las inversiones para su promoción y uso se han centrado, mayoritariamente, en las zonas rurales y aisladas. Aunque en los últimos años se han realizado proyectos de cierta relevancia en zonas urbanas, aún subsisten barreras económicas, sociales, tecnológicas y medioambientales que deberán superarse para facilitar la transición hacia el nuevo modelo energético anteriormente aludido.

Los biocarburantes líquidos son una alternativa en el sector del transporte, que demanda aproximadamente un 30% del total de la energía consumida, para disminuir su dependencia de

los combustibles fósiles convencionales. Su producción y uso han generado opiniones divididas; por un lado, se han propuesto como una clara alternativa a los carburantes tradicionales por los beneficios socioeconómicos y medioambientales que comportan; y por otro, se han puesto en entredicho por sus inconvenientes e impactos en el uso del suelo y de la tierra de cultivo, en la disponibilidad del recurso hídrico y también por poner en riesgo la seguridad alimentaria.

Por sus altos rendimientos agrícolas y buenas condiciones climatológicas y geopolíticas, a fines del año 2009 se inició en la ciudad de Piura, en la costa norte del Perú, la producción de bioetanol carburante a partir de la caña de azúcar.

Estas razones motivaron el desarrollo de este estudio que se centró en el uso del bioetanol como carburante en Perú. Para esta investigación, se han estudiado los sectores peruanos de la energía y del transporte; además, se han analizado y descrito la situación y las condiciones con las que se iniciaron los proyectos de producción de etanol con fines energéticos.

En este trabajo se presenta la información elaborada por el autor a partir de fuentes de organismos públicos y privados, así como de reportes, manuales e informes de las empresas Caña Brava, Agrícola del Chira y Sucroalcoholera del Chira S.A.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el capítulo 1 se presentan los objetivos, general y específicos, del trabajo de investigación; además, se indica su alcance y se hace una breve descripción de la zona peruana donde se realizan los proyectos de producción de bioetanol.

En el capítulo 2 se estudia el sector energético del Perú (Política, organización, base legal y comportamiento sectorial). Se hace un diagnóstico en el que se analizan las reservas, producción y consumo de energía. También se realiza un breve estudio del sector de las energías renovables en el país.

En el capítulo 3 se exponen la organización y leyes del transporte en el Perú, así como su infraestructura, parque automotor y demanda de energía.

En el capítulo 4 se presenta el marco teórico del bioetanol. Se clasifica la biomasa según la ecología, origen y composición, y se describen los aspectos básicos de la bioenergía y de los biocombustibles. La parte final se dedica a describir a la caña de azúcar como materia prima para la obtención del bioetanol.

El capítulo 5 está dedicado al etanol en el Perú. En la primera parte del capítulo se estudia el sector de la caña de azúcar y las bases con las que se han iniciado los proyectos de producción de etanol en el norte del país; así mismo, se aborda la disponibilidad de recurso hídrico y tierras para de cultivo, así como su influencia en la seguridad alimentaria. También se hace una evaluación y caracterización de los impactos ambientales que genera, así como un estudio agronómico del cultivo de la caña de azúcar y de los procesos industriales para la obtención del alcohol. El capítulo finaliza con el análisis de la comercialización y certificación de este último como biocarburante.

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.2 HIPÓTESIS.....	1
1.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	2
1.4 ALCANCE.....	2
1.5 ZONA DE ESTUDIO.....	2
1.6 GENERALIDADES SOBRE EL PERÚ.....	3
CAPÍTULO 2. EL SECTOR ENERGÉTICO EN PERÚ.....	7
2.1 POLÍTICA ENERGÉTICA.....	7
2.2 ORGANIZACIÓN.....	7
2.3 BASE LEGAL.....	9
2.4 COMPORTAMIENTO SECTORIAL: ENERGÍA Y DESARROLLO.....	10
2.5 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR.....	14
2.5.1 Reservas Probadas de Energía Comercial.....	14
2.5.2 Balance de Energía Primaria.....	15
2.5.2.1 Producción.....	15
2.5.2.2 Balanza Comercial.....	19
2.5.3 Energía Secundaria.....	21
2.5.3.1 Producción.....	21
2.5.4 Consumo Final de Energía.....	22
2.5.4.1 Consumo por Sectores.....	23
2.5.4.2 Consumo por Fuentes.....	26
2.6 EL SECTOR DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	31
2.6.1 Marco Legal y Normativo.....	31
2.6.2 Marco Institucional.....	32
2.6.3 Marco Político.....	33
2.6.4 Situación Actual y Potencial.....	34

2.6.4.1	Energía Hidráulica	34
2.6.4.2	Energía Solar.....	38
2.6.4.3	Energía Eólica	39
2.6.4.4	Biomasa	40
2.6.4.5	Geotermia	41
CAPÍTULO 3. EL SECTOR DEL TRANSPORTE EN EL PERÚ		43
3.1	ORGANIZACIÓN	43
3.2	MARCO LEGAL	44
3.3	INFRAESTRUCTURA	44
3.4	PARQUE AUTOMOTOR.....	46
3.5	CONSUMO DE ENERGÍA	48
CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO DEL BIOETANOL.....		52
4.1	BIOMASA - CLASIFICACIÓN.....	52
Según la Ecología.....		52
Según el origen y características del recurso.		52
Biocarburantes		53
Clasificación de la biomasa según la Composición.		53
Biomasa Lignocelulósica, Biomasa Amilácea, Biomasa Azucarada (Oligosacárida), Biomasa Oleaginosa.		53
4.2	LA FOTOSÍNTESIS.....	54
4.3	BIOENERGÍA	55
4.4	BIOCOMBUSTIBLES.....	56
4.5	ETANOL.....	57
4.5.1	Materias primas – Procesos de obtención.....	57
4.5.1.1	Biomasa Azucarera (Sacarosa).	57
4.5.1.2	Biomasa Amilácea (Almidones).....	57
4.5.1.3	Biomasa Celulósica.....	58
4.6	CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIA PRIMA DEL BIOETANOL.....	60

4.6.1	Morfología de la Caña de Azúcar	62
4.6.2	Fases del Ciclo del Cultivo	63
4.6.3	Clima.....	63
4.6.3.1	Temperatura.....	64
4.6.3.2	Radiación Solar	64
4.7	PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL BIOETANOL	66
CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL ETANOL EN PERÚ		70
5.1	EL SECTOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	71
5.1.1	Producción - Cosecha - Productividad.....	72
5.2	ETANOL CARBURANTE.....	77
5.2.1	Marco Legal	77
5.2.2	Marco Institucional.	78
5.2.3	Marco de Política Ambiental	79
5.2.4	Porcentaje de Mezcla y Cronogramas.....	79
5.2.5	Tributos e Incentivos.	91
5.2.6	Demanda Interna de Etanol	94
5.2.7	Demanda de Área de Cultivo.....	98
5.2.8	Potencial de Producción.....	100
5.3	DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO Y DE TIERRAS.....	102
5.3.1	Aporte hídrico del río Chira	104
5.4	SEGURIDAD ALIMENTARIA	112
5.5	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO E IMPACTO AMBIENTAL EN LA ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA.....	115
5.5.1	Descripción del Medio Físico.....	117
5.5.2	Descripción del Medio Biológico*	121
5.5.3	Caracterización del medio socioeconómico de la zona del proyecto	126
5.6.1	Descripción de los Factores Ambientales afectados.....	134
5.6.2	Descripción general de los principales impactos	136

5.7	ESTUDIO AGRONÓMICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	141
5.7.1	Biología de la Caña.	141
5.7.2	Etapas fenológicas de la caña de azúcar.	143
5.7.3	Variedades.....	146
5.7.4	Rendimiento por hectárea.	148
5.7.5	Semilleros.....	150
5.7.6	Siembra.....	153
5.7.7	Control de malezas y aplicación de herbicidas.....	154
5.7.8	Riego y Fertilización.....	155
5.7.9	Fertilización y Nutrición.....	157
5.7.10	Adecuación y Preparación de Tierras.....	161
5.7.11	Labores de Cultivo.....	163
5.8	PROCESO INDUSTRIAL.....	165
5.8.1	Molienda y extracción.....	167
5.8.2	Evaporación.....	169
5.8.3	Fermentación.....	170
5.8.4	Destilación.....	171
5.8.5	Deshidratación.....	172
5.9	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	174
5.10	PROGRAMA DE CONTROL AMBIENTAL.....	177
5.10.1	Ruido Ambiental.....	177
5.10.2	Calidad de Aire.....	178
5.10.3	Calidad de agua.....	179
5.10.4	Ruido ocupacional.....	179
5.10.5	Emisiones Atmosféricas.....	180
5.11	IMPACTO DE EMISIONES.....	182
5.11.1	Eficiencia energética de la caña de azúcar como insumo del BIOETANOL.....	182

5.11.2	Reducción de emisiones de gases de Invernadero	182
5.12	COMERCIALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE BIOETANOL	184
5.12.1	Producción y Demanda	184
5.12.2	Situación en el Perú.....	190
5.12.3	Certificaciones.....	193
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....		195
ANEXOS Y APÉNDICES		203
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		235

FIGURAS

Figura 1.1. Mapa del Departamento de Piura.....	4
Fuente: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del SENAMHI. Referencia: http://www.senamhi.gob.pe . Acceso: mayo 2008	4
Figura 1.2. Mapa Político de Perú. Fuente: Instituto Geográfico Nacional, 2008.	5
Figura 1.3. Regiones Naturales de Perú. Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2008.....	6
Figura 2.1. Organigrama MEM.	8
Figura 2.2. Consumo de Energía por Habitante 1990 – 2012.	11
Figura 2.3. Consumo anual de Energía por Habitante en América del Sur – 2012.	11
Figura 2.4. Relación entre el IDH y el consumo de energía primaria por persona – año.	12
Figura 2.6. Intensidad Energética en América del Sur y México	13
Figura 2.5. Evolución de la Intensidad Energética en Perú 1995 – 2012.	13
Figura 2.7. IDH vs Intensidad Energética en Perú	13
Figura 2.8. IDH vs Consumo Energético por Habitante en Perú.	13
Figura 2.9a. Evolución de la Producción de Energía (TJ) 1990 - 2010.....	16
Figura 2.9b. Evolución de la Producción de Energía (TJ) 1990 - 2010.....	17
Figura 2.10. Participación (%) de las fuentes en la producción de energía. Año 2012	18
Figura 2.11. Producción – Reservas Probadas de Energía. Año 2012.	18
Figura 2.15. Estructura de la Producción de Energía. Año 2012.....	22
Figura 2.17. Evolución del consumo de energía (TJ), según sector. 1990 – 2010.....	25
Figura 2.18. Estructura del consumo de energía, según sector. MEM, 2012	25
Figura 2.19. Evolución del consumo de energía (TJ), según fuentes. Fuente: BNE 2011.....	27
Figura 2.20a. Evolución del consumo de energía (TJ), según fuentes. 1990 – 2010. Fuente, BNE 2011.....	27
Figura 2.20b. Evolución del consumo de energía, según fuentes. 1990 – 2010. Fuente: BNE 2011.....	28
Figura 2.21. Evolución de la participación de las fuentes en el consumo de energía 1990 – 2010. Fuente BNE 2011.....	29
Figura 2.22. Participación Porcentual en el Consumo de las Fuentes de Energía en 2010. Fuente BNE, 2011	29
Figura 2.23. Potencia Instalada, año 2005. Fuente: OLADE 2006.....	34
Figura 2.24. Producción de Energía Eléctrica, año 2005. Fuente OLADE 2006.....	35
Figura 2.25. Potencia y Minicentrales Hidroeléctricas Instaladas. Fuente: OLADE 2006	36
Figura 2.26 Representación del potencial hidroeléctrico en el Perú.	37
Figuras 2.28a. Mapa Solar del Perú. Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. 1975 - 1998.....	42
Figuras 2.28c. Mapa Geotérmico del Perú. Fuente: MEM – INGEMMET, 2007	42
Figuras 2.28b. Mapa Eólico del Perú. Fuente: MEM – CENERGÍA 2001.....	42
Figura 3.1. Organigrama Ministerio Transportes y Comunicaciones	43
Figura 3.2 Mapa de Carreteras.....	45
Figura 3.3 Estructura del Parque Automotor, según tipo de vehículo, año 2008.....	47
Figura 3.4. Tendencia de Importación de vehículos en Perú.	48

Figura 3.5. Evolución del consumo de energía en el sector del Transporte, 2012.	49
Figura 3.6. Evolución de la Conversión de vehículos para operar con GLP.	50
Figura 3.7. Evolución del número de Estaciones de Servicio y de Talleres de Conversión de Vehículos a GLP.	50
Figura 3.8. Evolución del Consumo de Combustibles.	50
Figura 3.9. Demanda Interna de Combustibles 2006.....	51
Figura 4.1. Clasificación de la Biomasa según su origen.	52
Figura 4.2 Representación de las fuentes de la Biomasa.....	53
Figura 4.3. Vías Tecnológicas para la obtención de etanol, según materia prima.....	58
Figura 4.4 Productividad Media de Bioetanol (l/ha) según cultivos energéticos.	59
Figura 4.5. Participación Porcentual de Productores de Bioetanol 2008.	60
Figura 4.6. Región predominante para la siembra y cosecha de caña de azúcar.	61
Figura 4.7. Producción de caña de azúcar, en toneladas métricas (MT), en el 2009, de los principales países productores de Azúcar.....	61
Figura 4.8.Morfología de la Caña de Azúcar.	63
Figura 4.9. Alternativas de obtención de Bioetanol. 1: Utilizando la melaza en la producción de azúcar. 2 A partir del jugo de caña.....	67
Figura 5.1. Ubicación de los Ingenios Azucareros de Perú.....	72
Figura 5.2. Evolución de la Producción de la Caña de Azúcar en Perú.	73
Figura 5.3. Variación de la Superficie Cosechada de Caña de Azúcar,	74
Figura 5.4. Rendimiento de Caña de Azúcar, período 2000 – 2009.....	74
Figura 5.5. Estacionalidad de la Caña de Azúcar en Perú. Cosecha 2008(azul) y 2009 (rojo).....	75
Figura 5.6. Producción de Alcohol en Perú, período 2000 – 2008.....	76
Figura 5.7. Representación política de Piura (Departamento, provincia, distrito).	83
Figura 5.8 Distritos de Piura y Castilla.....	84
Figura 5.9. Persistencia de la masa de agua (MMC) del Río Chira en la estación “La Ardilla” ..	104
Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Base de datos del Proyecto Chira – Piura, años 1976 – 2006.....	104
Figura 5.10. Masa mensual esperada a lo largo del año al 75% de persistencia en La Ardilla.	104
Figura 5.11. Variación de la masa anual del Río Chira en época de máxima avenida.	105
Figura 5.12. Masa mensual promedio y mínimas registradas en Estación Ardilla (1937 – 2006), sin años húmedos.....	106
Figura 5.13 Caudales requerido (azul), disponible (rojo) y exceso/déficit (verde) en la cuenca del Chira, desde Poechos. Fuente: IHHS, Udep 2008. Referencia: Registros estadísticos estación “Ardilla”	108
Figura 5.14 Producción de artículos representativos de Piura, en el período 2004 – 2010.	114
Figura 5.15 Siembra con tallos cortos.	143
Elaboración propia. Referencia: Sembríos de empresa Agrícola del Chira.....	143
Figura 5.16 Fases fenológicas de la caña planta	144
Elaboración propia. Referencia: Informes empresa Agrícola del Chira y http://www.sugarcane.com	144
Figura 5.17 Fases fenológicas de la caña soca	145
Elaboración propia. Referencia: Informes empresa Agrícola del Chira http://www.sugarcane.com	145
Figura 5.18 Cosecha de caña de azúcar y agrupamiento en tercios	151

Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	151
Figura 5.19 Marcado de campo y carga de caña de azúcar	152
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	152
Figura 5.20 Disposición para siembra de caña	153
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	153
Figura 5.21 Labores de nivelación gruesa y fina.	162
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	162
Figura 5.22 Labores de subsolado y rastrillado.....	162
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	162
Figura 5.23 Cosecha y alce de la caña.	163
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	163
Figura 5.24 Sistema complementario de transporte.	164
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	164
Figura 5.25 Composición típica de la caña de azúcar.....	165
Figura 5.26 Proceso de obtención de bioetanol	166
Referencia: Informes y planos de empresas Caña Brava y Maple, respectivamente. 2011	166
Figura 5.27 Recepción, descarga y alimentación de la caña de azúcar.....	167
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	167
Figura 5.28. Difusor	168
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	168
Figura 5.29 Esquema del difusor y obtención de jugo y bagazo.	168
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011.....	168
Figura 5.30. Conjunto de evaporadores.....	169
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	169
Figura 5.31 Esquema del sistema de evaporación.	169
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011.....	169
Figura 5.32 Tanques de fermentación	170
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	170
Figura 5.33 Esquema del sistema de fermentación	171
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011.....	171
Figura 5.34. Torres de destilación	171
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.....	171
Figura 5.35 Esquema del sistema de destilación	172
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011.....	172
Figura 5.36. Emisiones de gases de efecto invernadero para biocombustibles.	182
Figura 5.37. Emisiones del consumo de energía en gasolina en el Perú, 2009.....	183
Figura 5.38. Factores de emisión por tipo de combustible.....	184
Figura 5.39. Exportación de Etanol, Perú 2012	190
Figura 5.40. Estructura de exportación de etanol, Perú - agosto de 2012.	191
Figura 5.41 Exportación de alcohol etílico (período 2010 – 2012).	191

TABLAS

Tabla 2.1. Estadísticas Energética y Socioeconómica 1995 – 2010	10
Tabla 2.2. Reservas Probadas de Energía. Años 2006 - 2012 (TJ)	15
Tabla 2.3. Producción de energía (TJ), 1990 – 2010	16
Tabla 2.4. Producción de Energía (TJ), 2011 - 2012	17
Tabla 2.5. Balanza Comercial de Energía Primaria: 2012.....	20
Tabla 2.6. Producción de Energía Secundaria (TJ) 1990 - 2010	21
Tabla 2.7. Variación de la producción de Energía Secundaria (TJ), 2011 - 2012	21
Tabla 2.8. Consumo de Energía (TJ) 1990 - 2010.....	23
Tabla 2.9. Consumo de Energía (TJ), según sectores, 1990 - 2010.....	24
Tabla 2.10. Consumo de Fuentes de Energía (TJ) 1990 - 2010	26
Tabla 2.11. Consumo final de energía, según fuentes (TJ).....	30
Tabla 2.12 Número de Centrales de Generación.	35
Tabla 2.13 Centrales Hidráulicas con potencia menor a 10 MW.	35
Tabla 3.1 Estructura del Estado de Carreteras	45
Tabla 3.2. Parque Automotor (Por departamentos).....	46
Tabla 4.1 Características Principales de los Ciclos Fotosintéticos.....	54
Tabla 4.2 Principales Productores caña de Azúcar, 2007.....	62
Tabla 4.3. Principales Parámetros Agrícolas de la Caña.....	65
Tabla 5.1 Listado de Empresas Azucareras	71
Tabla 5.2 Producción de Caña de Azúcar	73
Tabla 5.3. Datos Referenciales del Ingenio San Jacinto	75
Tabla 5.4 Cronograma Inicial de mezcla del 7.8% de etanol anhidro con gasolina en Perú	79
Tabla 5.5. Cronograma con primera modificación del Reglamento de Comercialización de Biocombustibles	80
Tabla 5.6. Cronograma con segunda modificación del Reglamento de Comercialización de Biocombustibles	81
Tabla 5.7 Modalidades del servicio de taxi en Piura	84
Tabla 5.8. Valores promedio de rendimiento	86
Tabla 5.9. Características de vehículos en la ciudad de Piura	87
Tabla 5.10. Resultados de encuesta del conocimiento del etanol a usuarios diversos.....	88
Tabla 5.11. Resultados de encuesta del conocimiento del etanol a taxistas	89
Tabla 5.12. Impuestos de Combustibles (Nuevo Sol / galón). Años 2004, 2007 y 2009.....	92
Tabla 5.13. Precio de combustibles (Nuevo Sol por galón).	93
Tabla 5.14. Consumo de Combustibles en el Sector Transporte (MBPD), período 1996 - 2009.....	94
Tabla 5.15. Demanda Estimada de Combustible (MBPD). Período 2010 - 2016.	96
Tabla 5.16. Variables en Proyección de la Demanda	96
Tabla 5.17. Estructura del Sector Transporte. Número de vehículos por departamento	97
Tabla 5.18. Escenarios según Cronogramas, en MBPD. Elaboración Propia	97
Tabla 5.19a. Proyección de la Demanda de Bioetanol en el Perú	98
Tabla 5.19b. Demanda de Bioetanol 2010 – 2016. Escenario 2	99
Tabla 5.20. Superficie Aproximada en la Producción de alcohol.....	99
Tabla 5.21. Potencial de Producción de Bioetanol 2011 – 2016	101
Tabla 5.22. Estructura de la Producción de Bioetanol.....	101

Tabla 5.23a. Registro de masas anuales	105
Tabla 5.23b. Masa promedio del Río Chira (MMC).	106
Tabla 5.24. Balance de requerimientos y disponibilidad en la cuenca del Chira - MMC.....	107
Tabla 5.25. Escenarios de la demanda de agua	110
Tabla 5.26. Características de los proyectos de producción de etanol en el Departamento de Piura	116
Tabla 5.27. Distritos de la zona de influencia directa de la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar en el Departamento de Piura.	116
Tabla 5.28. Datos climatológicos de la zona de influencia directa del departamento de Piura.	117
Tabla 5.29. Parámetros de calidad de aire a la zona de influencia directa del Departamento de Piura.	118
Tabla 5.30. Niveles de ruido	119
Tabla 5.31. Parámetros característicos de la calidad de agua.	120
Tabla 5.32. Distribución poblacional por ámbito geográfico	127
Tabla 5.33 Parámetros del sistema radical de cultivos de caña de azúcar.	142
Tabla 5.34 Características de las variedades de caña en Piura.....	147
Tabla 5.35 Parámetros de la caña de azúcar, según variedades.....	149
Tabla 5.36 Parámetros de riego.....	157
Tabla 5.37 Datos climatológicos	158
Tabla 5.38. Estado nutricional de la caña (Kg/t)	158
Tabla 5.39. Comparación del contenido nutricional. (Kg /t).....	159
Tabla 5.40a. Indicadores de producción de etanol.	175
Tabla 5.40b. Indicadores de la potencia requerida y suministrada.	176
Tabla 5.40c. Comparación de valores de etanol proyectado/producido.....	176
Tabla 5.41 Programación anual del control ambiental	177
Tabla 5.42. Estándares nacionales de calidad ambiental - Ruido	177
Tabla 5.43. Resultado de las medidas de ruido ambiental	178
Tabla 5.44. Resultados de monitoreo y valores estándares para el aire.	179
Tabla 5.45. Monitoreo de emisiones atmosféricas.....	180
Tabla 5.46. Límites permisibles en chimenea	181
Tabla 5.47. Criterios de sostenibilidad	189

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 OBJETIVOS

Objetivo general

Estudio de la producción de etanol carburante en el Perú

Objetivos específicos

- Describir y analizar el sector energético y el del transporte para conocer el marco en el que se iniciaron los proyectos de bioetanol en el Perú.
- Describir el Marco Legal y Normativo para verificar su cumplimiento y cómo esto afecta al sector del bioetanol en el Perú
- Determinar si el bioetanol de caña de azúcar representa una amenaza para la disponibilidad del recurso hídrico y de tierras, así como si pone en riesgo la seguridad alimentaria
- Analizar el proceso de producción de bioetanol carburante y analizar sus impactos en el ámbito social y medioambiental (aire, agua, acústico)
- Describir el proceso de obtención de etanol y definir los criterios de sostenibilidad y certificación
- Determinar si la demanda interna del etanol carburante es satisfecha con la producción del mercado nacional y, en base a ello, definir los excedentes de exportación

1.2 HIPÓTESIS

El etanol producido de manera sostenible, y mezclado al 7,8% con gasolina puede satisfacer la demanda interna de biocarburantes en Perú¹.

¹ Artículo 6, del Reglamento N° 013-2005-EM

1.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

La descripción, evaluación y análisis desarrollados en este trabajo precisaron de información que, por sus fuentes, se clasificaron en secundarias y primarias. Las primeras se basaron, principalmente, en el acceso a libros, textos, guías, reportes, balances estadísticos, artículos de revistas, base de datos y páginas web. Las primarias fueron las reuniones de grupo, entrevistas, técnicas de observación y encuestas en las zonas de estudio (Se incidió en conversaciones y cuestionarios con personal de una de las empresas productoras, con operarios de planta e instalaciones, con responsables de la parte agrícola, con los pobladores de la zona, con representantes y conductores del sector taxis y con público de las ciudades de consumo), con el fin de poder llegar a valores cuantificables según los objetivos de la tesis.

En función a la información recopilada se elaboraron cuadros y figuras que permitieron determinar variaciones, comportamientos y tendencias de los parámetros y variables establecidos.

1.4 ALCANCE

A partir de la descripción y evaluación de los sectores energético y del transporte en el Perú, se estudia la base y fundamentos con los que se han iniciado los proyectos de etanol carburante y se evalúan los impactos y la sostenibilidad de la producción de este combustible alternativo en el Departamento de Piura.

1.5 ZONA DE ESTUDIO

El departamento de Piura está ubicado al noreste de Perú a una latitud de 5°12', su superficie es de 35.892,49 km², equivalente a un 3% del territorio del Perú (Figura 1.1). Políticamente se divide en 8 provincias; en el litoral: Talara, Paita y Sechura; Piura y Sullana, en territorio llano; Ayabaca y Huancabamba en la sierra; y Morropón, cuya capital provincial es Chulucanas, tiene parte de costa y de sierra. ES el departamento con mayor población después de Lima [INEI 2008]: 1 725 844 habitantes, con una tasa de crecimiento de 1,6%.

Según la clasificación de Thornthwaite² presenta diversidad de climas, entre los que destacan: el árido semicálido, característico en zonas de Talara, Paita y Sechura, con 85% de humedad relativa y carencia de lluvias la mayor parte del año; el árido cálido, caracterizado por ausencia de lluvias, típico de algunos lugares de Piura y Morropón en los que el promedio de humedad relativa es del 64%, y en zonas de Sullana, Morropón y Ayabaca en las que esta humedad es del 84%; y el semiseco templado, correspondiente a Huancabamba, con presencia de lluvias en verano, y humedad promedio de 64% [CUBA S, F & ITA M, N 2008].

² El sistema de clasificación climática de Charles Warren Thornthwaite es la alternativa más popular y difundida con respecto a los sistemas de clasificación climática. Se basa en dos conceptos: la evapotranspiración y el balance de vapor de agua.

El promedio anual de temperatura³ es de 25⁰ C, y la radiación solar media⁴ de 19,5 MJ/m². La economía se basa en agricultura, pesca, petróleo y fosfatos, minería artesanal, y turismo.

Las empresas productoras de etanol carburante tienen sus instalaciones y áreas de cultivo en terrenos eriazos de las provincias de Piura, Sullana y Paita.

1.6 GENERALIDADES SOBRE EL PERÚ

El Perú se ubica en la parte occidental de América del Sur. Limita al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil, al sureste con Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el Océano Pacífico; su extensión es de 1 285 215 Km² y tiene 28 220 764 habitantes con un crecimiento promedio del 1,6% [INEI 2008b].

Tiene una democracia republicana con tres poderes de estado: Ejecutivo, Legislativo y Judicial. Políticamente está dividido en 1 Provincia Constitucional, 23 departamentos, 195 provincias y 1828 distritos. La Figura 1.2 muestra la división política de Perú en departamentos.

³ <http://clima.meteored.com/clima-en-piura-844010-2008-Septiembre.html> Acceso: 05/05/2013

⁴ Base de datos para la Localidad "El Tablazo" - Latitud 5^o3' (Piura). CENSOL 5.0 – CENSOLAR

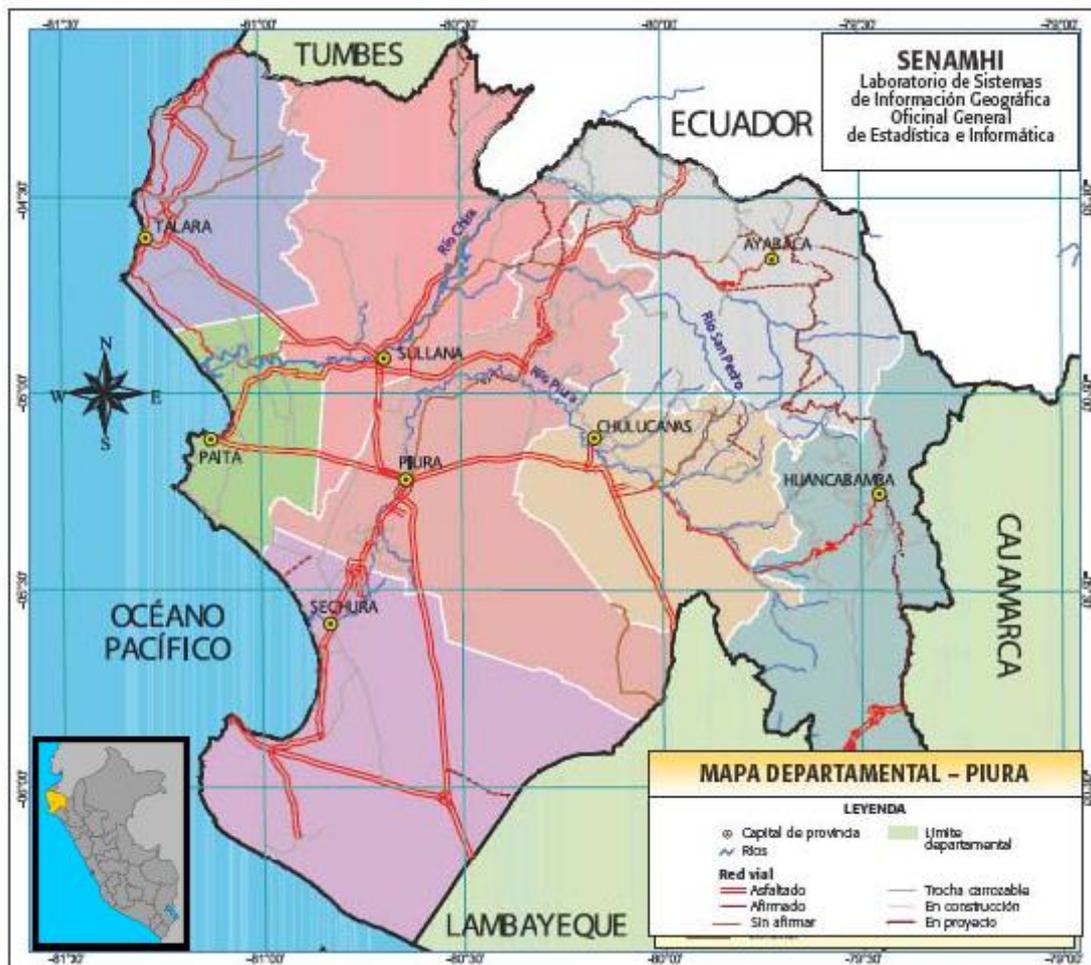


Figura 1.1. Mapa del Departamento de Piura

Fuente: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del SENAMHI. Referencia: <http://www.senamhi.gob.pe>. Acceso: mayo 2008

Según su geografía, se divide en 3 regiones naturales (Figura 1.3). La Costa, limitada por el Océano Pacífico y las laderas andinas por debajo de 2000 msnm; la Sierra, ubicada en la Cordillera de los Andes, que se caracteriza por cumbres y montañas de hasta 6768 msnm; y la Selva, definida por el bosque tropical amazónico (selva baja) y por las pendientes de los Andes por debajo de 2000 msnm (selva alta) [SENAMHI & MEM 2008].

Las principales actividades económicas son: agricultura, minería, pesca, construcción, comercio y turismo. Según datos del INEI⁵, la inflación en el año 2013 fue de 2.86%⁶; según la consultora británica Consensus Economics, el PIB tuvo una variación anual del 5.7%⁷, solo es superado por Paraguay y Panamá, con 11.1% y 8,1%, respectivamente.

⁵ INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

^{6,7} Fuente: Oficina de Estadística y Bancos Centrales – Latinoamérica. ENE – DIC 2014



Figura 1.2. Mapa Político de Perú. Fuente: Instituto Geográfico Nacional, 2008.



Figura 1.3. *Regiones Naturales de Perú.* Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2008.

CAPÍTULO 2. EL SECTOR ENERGÉTICO EN PERÚ

2.1 POLÍTICA ENERGÉTICA

Los sistemas productivos de las naciones precisan de la provisión, acceso y consumo de recursos energéticos. Para los países en vías de desarrollo, en los que se pretende mejorar el nivel de vida de los habitantes, el papel de la energía es fundamental debido a que el crecimiento socioeconómico implica que se garantice la provisión energética a costos adecuados.

La crisis del petróleo del año 73, la liberalización de gran parte de los mercados energéticos a inicios de los 80 y que se acentuó en los 90, el crecimiento continuo de países en desarrollo como China, India y Brasil, así como el fenómeno de la globalización han determinado que muchos países hayan venido adoptando medidas para disminuir el consumo de energía e incentivado políticas de ahorro y eficiencia energética.

Los procesos de desarrollo energético no pueden ser alterados sustancialmente por consideraciones a corto plazo, sino que requieren una perspectiva a largo plazo. Es por ello que precisan una política estable, con una visión de futuro y también con la flexibilidad necesaria para acomodarse a los cambios no previstos que puedan producirse. Esta política debe ser explícita, clara, fundamentada y ampliamente aceptada [TOKMAN R, M 2008]. La Política Energética es una política sectorial de largo plazo, inserta en la política global de desarrollo [PISTONESI, H 2006]

Bajo este enfoque, la política energética en Perú se desarrolla considerando los siguientes objetivos [MEM 2008 p4].

- Diversificación de la matriz energética para asegurar el abastecimiento oportuno a la demanda de energía, a fin de garantizar el desarrollo sostenible del país.
- Promoción de la inversión privada en el sector energético con reglas claras y estables.
- Fomento y ejecución de las obras de electrificación en las zonas rurales y aisladas del país para ampliar la cobertura de la demanda y mejorar la calidad de vida de la población.

2.2 ORGANIZACIÓN.

En el desarrollo del sector energético participan instituciones políticas, ejecutivas y administrativas del estado. Tal como se aprecia en la Figura 2.1, el ente gubernamental que dirige el sector es el Ministerio de Energía y Minas (MEM).

El MEM formula, en coordinación con los planes gubernamentales, las políticas de aplicación nacional en los subsectores de electricidad, hidrocarburos y minería. Este Ministerio es,

además, la autoridad competente en temas medioambientales relacionados con las actividades minero - energéticas. Según el Plan Estratégico Institucional 2007 – 2011⁸, El MEM deberá desarrollar las siguientes funciones:



Figura 2.1. Organigrama MEM. Referencia: Informe del Sector Energético de Perú – MEM 2008

Directiva. Comporta la formulación, dirección y supervisión del cumplimiento de la Política Sectorial según la Política General del Gobierno, y también la formulación de los Planes Estratégicos y Referenciales Sectoriales.

Normativa. Tiene lugar a través de proyectos que se proponen al Poder Legislativo y al Gobierno Central, y mediante disposiciones de rango Ministerial, Vice - Ministerial, Jefatural y de Dirección General. Su alcance es de carácter nacional. El MEM, con el apoyo financiero del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), del Banco Mundial (BM) y de los recursos del Tesoro Público, elaboró los reglamentos de las leyes sectoriales en un nuevo esquema de promoción de la inversión privada, del manejo ambiental sectorial y de una economía globalizada y de competencia.

Promotora. Se lleva a cabo por medio de las Direcciones Generales, los Órganos de Asesoramiento y otras entidades. La privatización de las empresas públicas sectoriales es realizada por PROINVERSIÓN⁹ y las actividades de explotación y exploración de hidrocarburos por la empresa nacional Perú Petro S.A.

⁸Propuesto por la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – MEM, y Aprobado según Resolución Ministerial N° 506-2007-MEN/DM.

⁹ PROINVERSIÓN: Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

Concesionaria. Las concesiones para las actividades eléctricas, y para algunas operaciones mineras y de hidrocarburos, son otorgadas por las Direcciones Generales del MEM. No así los contratos para las concesiones de exploración y explotación de hidrocarburos los cuales son suscritos por Perú Petro S.A.

Fiscal. Lo realiza el OSINERGMIN¹⁰. Este organismo también regula y supervisa las actividades que desarrollan las personas jurídicas de derecho público interno o privado y las personas físicas en los subsectores de electricidad, hidrocarburos y minería.

Subsidiaria. Es competencia de la Dirección General de Electrificación Rural. Esta DG también tiene a su cargo la ejecución de proyectos de electrificación de localidades aisladas y de frontera, en las que la inversión no es atractiva para empresas privadas. Los Gobiernos Regionales ya tienen participación en la ejecución de este tipo de proyectos y se espera que aquélla sea progresiva en los ámbitos normativo, promotor y concesionario.

2.3 BASE LEGAL.

El MEM se rige por la Ley Orgánica Sectorial¹¹ y por el Reglamento de Organización y Funciones aprobado¹². Cada una de las Direcciones Generales, citadas en la Figura 2.1, se rige por su propia base legal sectorial.

Las funciones principales del MEM son:

- Promover la inversión en el sector
- Legislar en el ámbito nacional las materias de su competencia
- Formular y promover políticas de fomento y tecnificación en electricidad, hidrocarburos y minería
- Evaluar y ejecutar el inventario de los recursos mineros y energéticos del país
- Orientar y fomentar la investigación científica en las materias de su competencia
- Otorgar, en nombre del estado, concesiones y celebrar contratos, de acuerdo a la legislación vigente

¹⁰ Creado el 24 de enero del 2007, conforme los Artículos 1°, 2° y 18 de la Ley 28964. Anteriormente se llamó OSINERG, **Organismo** Público, creado el 31 de diciembre de 1996 mediante la Ley N° 26734, encargado de supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas de las actividades que desarrollan las empresas en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, así como el cumplimiento de las normas legales y técnicas referidas a la conservación y protección del medio ambiente.

¹¹ Aprobada por Decreto Ley N° 25962 del 12 de diciembre de 1992.

¹² Decreto Supremo N° 031-2007-EM del 26 de junio de 2007.

2.4 COMPORTAMIENTO SECTORIAL: ENERGÍA Y DESARROLLO.

Los principales índices socioeconómicos entre 1995 y 2007 son presentados en las estadísticas de la Tabla 2.1. En dicho período, Perú incrementó su población con un promedio anual de 1,47% [INEI, 2008]. Este crecimiento implicó el aumento en la demanda de recursos y servicios para satisfacer las necesidades de los habitantes, lo que comportó la variación del sistema económico – productivo.

El Producto Interior Bruto (PIB) es el indicador principal del crecimiento económico de un país. Tras superar la crisis de la década de los 80 y alcanzar la estabilidad política, Perú entró en una etapa de reactivación económica que permitió un moderado incremento del PIB, en el período 1995 a 2001, y la reactivación de la industria en los años posteriores.

Tabla 2.1. Estadísticas Energética y Socioeconómica 1995 – 2010.

Año	Cons. Final (TJ)	Poblacion 10 ³ Hab.	PIB (10 ⁶ US\$ 1995)	Intensidad (TJ / 10 ⁶ US\$ 1995)	PIB Percapita (10 ³ US\$)	Consumo Percapita (TJ/10 ³)	IDH
1995	420050	23690	47170	8.9	2	17.73	0.644
1996	438614	24038	48358	9.1	2	18.25	0.644
1997	439105	24392	51678	8.5	2.1	18	0.656
1998	434494	24750	51338	8.5	2.1	17.64	0.662
1999	469455	25113	51807	9.1	2.1	18.73	0.668
2000	458706	25482	53336	8.6	2.1	18	0.674
2001	442543	25857	53450	8.3	2.1	17.1	0.677
2002	464664	26236	56133	8.3	2.1	17.7	0.681
2003	462228	26622	58397	7.9	2.2	17.4	0.684
2004	517579	27013	61303	8.4	2.3	19.2	0.688
2005	476982	27219	65488	7.3	2.4	17.5	0.691
2006	493863	28151	70557	7	2.5	17.5	0.697
2007	518194	28482	76815	6.7	2.7	18.2	0.704
2008	580916	28807	84313	6.9	2.9	20.2	0.712
2009	615013	29132	85030	7.2	2.9	21.1	0.714
2010	637736	29462	92512	6.9	3.1	21.6	0.721
2011	707537	29798	118678	6	4	23.7	0.725
2012	712072	30136	126128	5.6	4.2	23.6	0.741

Fuente: Sistema de Información Económica Energética SIEE-OLADE¹³, PNUD / Balance Nacional de Energía – MEM año 2012

En 2006, la población en situación de pobreza disminuyó del 44,5% al 40% [INEI, 2007]. El país alcanzó un importante crecimiento económico potenciado por la libre afluencia de capitales y el notable incremento de la demanda de las materias primas debido al crecimiento económico de China, India, Europa y Estados Unidos [GONZALES DE OLARTE, E 2009]. En 2006, el Sector de Energía y Minas contribuyó con un 8.7% al PIB nacional [INEI, 2007].

¹³ OLADE: Organización Latinoamericana de Energía

La evolución del consumo de energía per cápita, tal como se aprecia en la Figura 2.2, fue irregular y, en el período entre 1992 y 2008, alcanzó los valores más altos en 1999 y en 2004, como consecuencia de que en dichos años el incremento energético fue considerablemente mayor respecto al incremento poblacional; desde 2005 tiene una tendencia ascendente debido a la ampliación de la red eléctrica y al aumento de la demanda en los diferentes sectores productivos; a partir del 2008 el crecimiento es pronunciado debido a la mayor disponibilidad de la energía y a la mejora en la economía del país. Respecto a los países de América del Sur, Perú es uno de los países con menor consumo de energía por habitante, superando sólo a Colombia (Figura 2.3).

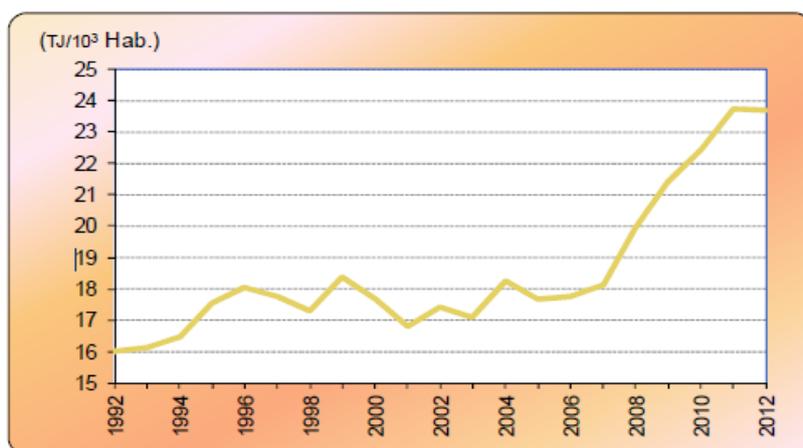


Figura 2.2. Consumo de Energía por Habitante 1990 – 2012.
Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2012.

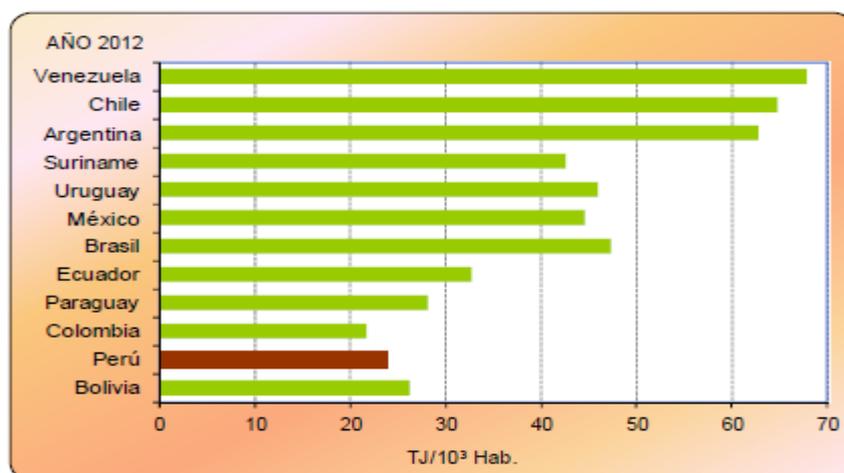


Figura 2.3. Consumo anual de Energía por Habitante en América del Sur – 2012. (Fuente. Sistema de Información Económica Energética SIEE-OLADE, PNUD)

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), determina el Índice de Desarrollo Humano [ESF 2008] a partir de la renta per cápita y de indicadores de la esperanza de vida y de la educación. La Figura 2.4 muestra la relación directa entre el IDH y el Consumo de energía per cápita.

La Intensidad Energética (energía / PIB) proporciona una orientación general del «rendimiento» o de la «eficiencia energética» al señalar qué cantidad de energía se requiere para generar una unidad de PIB. Sin embargo, desde un punto de vista técnico, se trata como un indicador de «productividad de la energía» y no de eficiencia. Sus valores reflejan una compleja combinación de factores que comprenden la naturaleza de la actividad económica del país, es decir la estructura y el nivel de actividad de la economía, la estructura de su matriz energética y la eficiencia energética técnica [GUZMÁN M, O 2009]. El comportamiento en el tiempo y la evolución se utiliza para el análisis y evaluación del desempeño de un país, ya que ofrece la relación entre medidas energéticas y macroeconómicas [MERINO A & GARCÍA R 2004]. En el informe del Balance Nacional de Energía, elaborado por el MEM, se define la Intensidad Energética como la cantidad de energía que se necesita para producir un dólar estadounidense de PIB. En la Figura 2.5 se aprecia que desde 1999 tiene una tendencia decreciente que representa la mejora productiva del país en los últimos años. Respecto a México y a los países de América del Sur, Perú es ligeramente superado por Uruguay, México y Colombia tal como se pone de manifiesto en la Figura 2.6.

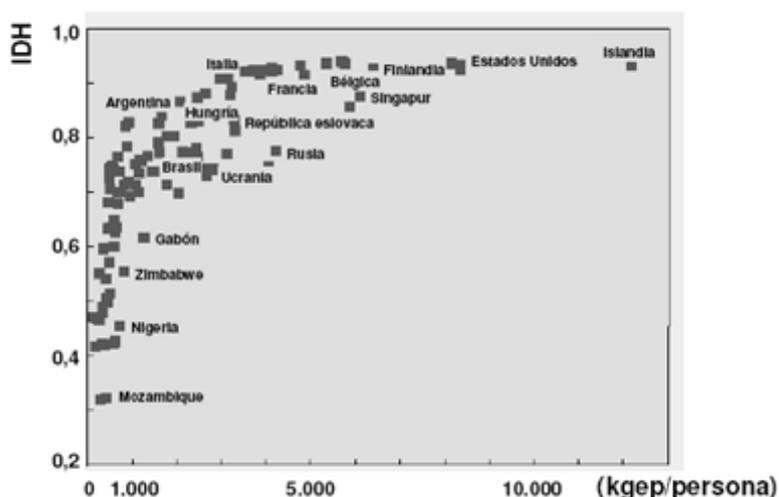


Figura 2.4. Relación entre el IDH y el consumo de energía primaria por persona – año. Fuente: PNUD, 2004

Las Figuras 2.7 y 2.8 relacionan el Índice de Desarrollo Humano con la energía; en el primer caso con la Intensidad Energética y en el segundo con el Consumo de Energía “per cápita”.

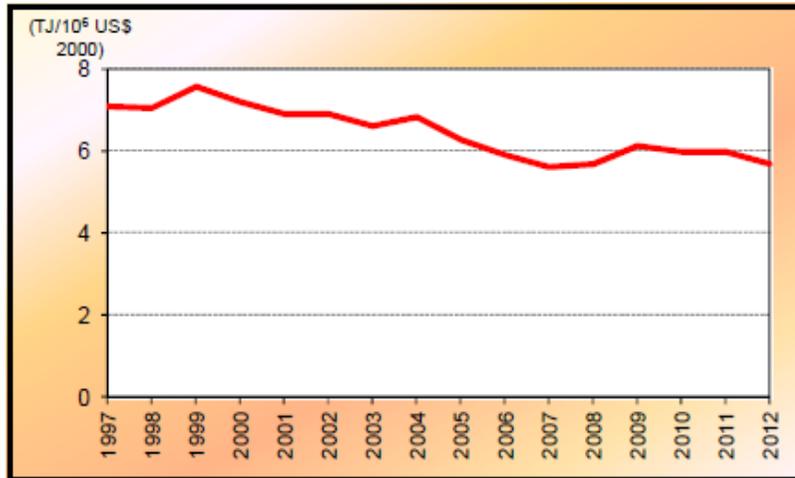


Figura 2.5. Evolución de la Intensidad Energética en Perú 1995 – 2012. (Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM 2012)

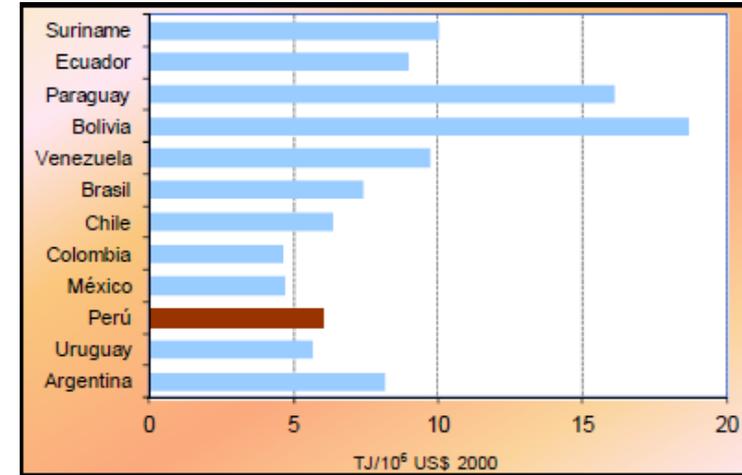


Figura 2.6. Intensidad Energética en América del Sur y México (Referencia: OLADE, 2013)

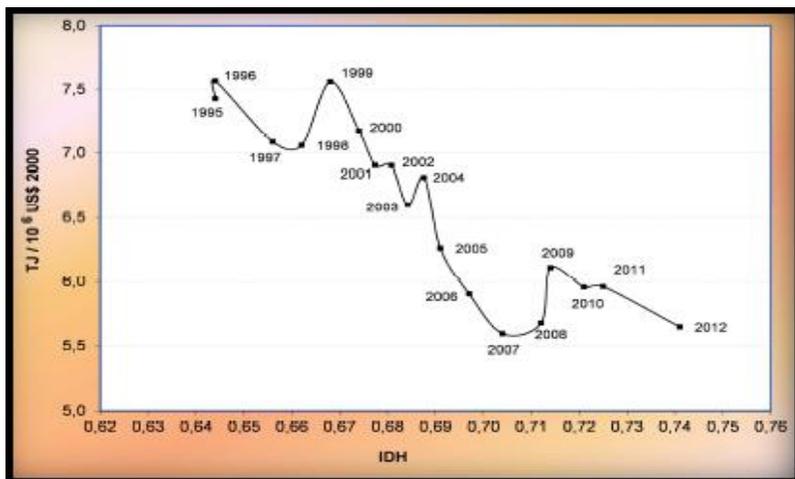


Figura 2.7. IDH vs Intensidad Energética en Perú. Fuente: Sistema de Información Económica Energética SIEE-OLADE, PNUD, 2013

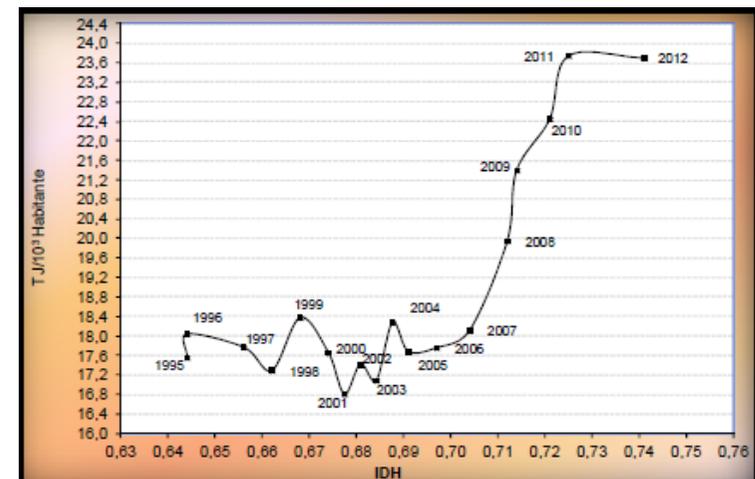


Figura 2.8. IDH vs Consumo Energético por Habitante en Perú. Fuente: Sistema de Información Económica Energética SIEE-OLADE, PNUD, 2013

2.5 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR

Para la descripción y el análisis de la realidad energética de un país es necesario disponer de información cuantitativa y comparable, como es, por ejemplo, la que proporciona el balance energético nacional. Con este fin, el MEM, con la cooperación técnica del PENUD, en 1976, desarrolló el proyecto PER 76-004: “Balance Nacional de Energía”, en el que se definió la metodología para la elaboración de los balances de energía, metodología con la que se elaboraron los balances correspondientes al período 1965 – 1975. Posteriormente esta metodología se mejoró con el apoyo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

El diagnóstico que se presenta en este trabajo hace referencia a las reservas, producción y consumo de la energía. La fuente principal son los balances energéticos del sector, que tienen su base en el Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú establecido en la Ley N° 23560.

2.5.1 Reservas Probadas de Energía Comercial

La energía comercial está conformada por todas aquellas fuentes susceptibles de ser fácilmente compradas o vendidas en el mercado energético. En 2012, las reservas peruanas probadas (Tabla 2.2) totalizaron 29931632 TJ y se incrementaron el 14% respecto al año 2006.

Para el Gas Natural, que es el recurso con mayores reservas (50% del total) ascienden¹⁴ a $435,4 \times 10^9 \text{ m}^3$. En el 2006, el 96% se concentraban en los yacimientos de Camisea y Pagoreni. A fines de 2007 se encontraron nuevos yacimientos ubicados en la costa norte de Perú (Piura) y en la región de la Selva. Respecto al año 2011, las reservas se incrementaron en el 21%, debido a la revisión técnica en las estimaciones, al cálculo de nuevas propiedades petrofísicas en las áreas de las formaciones de los campos de los lotes 56 y 88, y a una nueva estimación de las reservas probadas en los lotes del Noroeste del país.

La Hidroenergía, independientemente del valor de potencia de la central, está considerada como una fuente renovable¹⁵. Las reservas, que ascienden a $1,3 \times 10^6 \text{ GW.h}$, se miden como la energía promedio producible en un año en las centrales hidroeléctricas que se encuentran en operación, construcción, proyecto o en estudios de viabilidad.

El Petróleo Crudo, con $100,6 \times 10^6 \text{ bbl}$ de reservas en 2012, representó el 12% del total y significó 9% de incremento respecto a 2011 debido al comportamiento productivo de la curva de declinación de los lotes, a la revisión de nuevas ubicaciones para reservas situadas en áreas no desarrolladas en el Noroeste y Selva Norte, y a los resultados favorables de las perforaciones en 207 pozos.

El Carbón Mineral y el Uranio contribuyen con el 1% y 3% del total, respectivamente. Son los energéticos con menor participación. El 92% de las de Carbón son del tipo Antracítico y el resto

¹⁴ Valores obtenidos de los reportes del MEM – 2012.

¹⁵ El carácter de renovable asignado a la Energía Minihidráulica, dependiendo de la potencia de generación, clasifica a las centrales en Micro, Mini y Pequeña Central. Según ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) la potencia máxima es 10 MW, mientras que para OLADE (organización Latinoamericana de Energía) este valor es 5 MW.

Bituminoso, y están ubicadas en los departamentos de La Libertad, Ancash y Lima. Las de Uranio, determinadas en el “Prospecto Uranífero Chapi” entre los años 1984 – 1986 con unos valores que fueron validados en 1989, ascienden a 1800 toneladas; el mayor potencial se encuentra en la región Puno, en el área de distribución de los terrenos volcánicos de Quenamari.

Tabla 2.2. Reservas Probadas de Energía. Años 2006 - 2012 (TJ)

Fuente	Reservas	Participacion (%)	Reservas	Participacion (%)	Variacion (%)
	2006		2012		
Gas Natural	11593968	44.9%	15054242	50.3%	22.99%
Hidroenergía	5965666	23.1%	5965666	19.9%	0.00%
Líquidos del Gas Natural	3607113	14.0%	4180066	14.0%	13.71%
Petróleo crudo	2407573	9.3%	3664935	12.2%	34.31%
Carbón Mineral	1347225	5.2%	321742	1.1%	-318.73%
Uranio	878639	3.4%	744981	2.5%	-17.94%
Total	25800184	100.0%	29931632	100.0%	13.80%

Fuente: Balance Nacional de Energía 2012.. DGH / MEM

2.5.2 Balance de Energía Primaria

La energía primaria hace referencia a las fuentes de energía que se obtienen en la naturaleza, de forma directa (hidráulica, solar, leña y otros combustibles vegetales...) o después de un proceso de extracción (petróleo, carbón mineral, gas natural, ...)

2.5.2.1 Producción

La Tabla 2.3 recoge los datos de producción de energía para el período 1990 – 2010. En ella, tal como se observa en la Figura 2.9a, se distinguen 3 etapas. La primera, hasta el 1992, sigue una tendencia decreciente por la recesión existente como consecuencia de las crisis política y económica de los años 80. En la segunda, entre los años 1992 – 1999, existe un período de estabilización en el que la variación es inapreciable. En la última, iniciada en 2003, destaca el pronunciado incremento de la producción energética para satisfacer el aumento de la demanda principalmente en los sectores del transporte, industria y minería.

La producción de petróleo crudo, a excepción del período 1992 – 1993, ha venido disminuyendo debido al carácter obsoleto de la tecnología utilizada, a la antigüedad de los pozos explotados y a la baja actividad de prospección para el descubrimiento de nuevos yacimientos; hasta 2007 predominó sobre la del resto de fuentes y a partir de dicho año fue superada por la del gas natural que, con el inicio de las operaciones en el yacimiento de Camisea, incrementó un 77% su producción. La biomasa, compuesta por leña, bagazo, bosta y yareta, no experimentó una variación significativa desde 1992; en este grupo, la leña es el recurso de mayor producción. La hidroenergía experimentó un crecimiento moderado debido a la puesta en funcionamiento de nuevas centrales y a la ampliación de algunas existentes. El carbón mineral, debido a las escasas reservas y su poca demanda, y la energía solar, aplicada

mayoritariamente en zonas rurales y de frontera, representan las fuentes con menor utilización. Hay que resaltar que desde el año 2005, la producción de todos los recursos energéticos, si se exceptúa la del petróleo, presenta una tendencia ascendente, tendencia especialmente acusada en el caso del gas natural.

Tabla 2.3. Producción de energía (TJ), 1990 – 2010

Fuente	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Carbon Mineral	2845	1674	2594	2427	1841	1506	628	6128	616	644	487	552	647	459	652	1249	3136	3270	4146	9440	2693
Leña	94158	149075	86822	84036	81755	79646	78368	77305	76395	75177	74425	73613	74100	72758	78712	77227	80132	86455	61957	80149	102774
Bosta y Yareta	10751	10920	10750	10741	10732	10724	10719	10715	10710	10703	10692	10782	10752	10719	10682	10368	10243	11047	5549	10299	8661
Bagazo	13263	12636	12552	10878	10376	13263	13138	15313	12318	13250	13583	14254	15948	17095	13294	11929	13958	15629	18870	18823	18207
Petroleo Crudo	271667	241919	244220	266144	268320	256604	253508	249199	239139	216690	202044	196843	196085	193075	169338	159479	163958	162986	162295	150133	153633
Gas Natural	23932	22635	20125	11297	8494	19246	20794	16025	22193	30098	28404	29243	31388	33707	63367	130663	145489	175161	327376	515929	733037
Hidroenergía	47112	51672	43597	53053	57363	57739	59915	59455	62111	65401	72756	79228	81141	83367	98532	808579	88131	87926	85818	89523	90190
Energía Solar									2143	2180	2217	2249	2283	2317	2351	2323	2337	295	302	302	239
Total	463728	490531	420660	438576	438881	438728	437070	434140	425625	414143	404608	406764	412344	413491	436928	474095	507384	542769	666313	874598	1109434

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM año 2010.

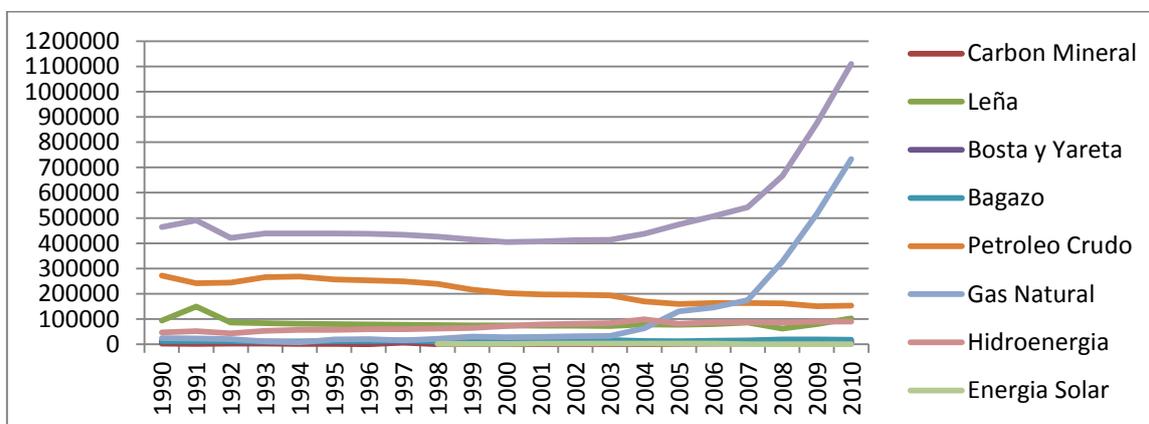


Figura 2.9a. Evolución de la Producción de Energía (TJ) 1990 - 2010, según fuentes.

Fuente: Balance nacional de Energía – MEM, 2010.

La Figura 2.9b, muestra la evolución de la producción de carbón, bosta y yareta, bagazo y energía solar con mayor precisión que la Figura 2.9a.

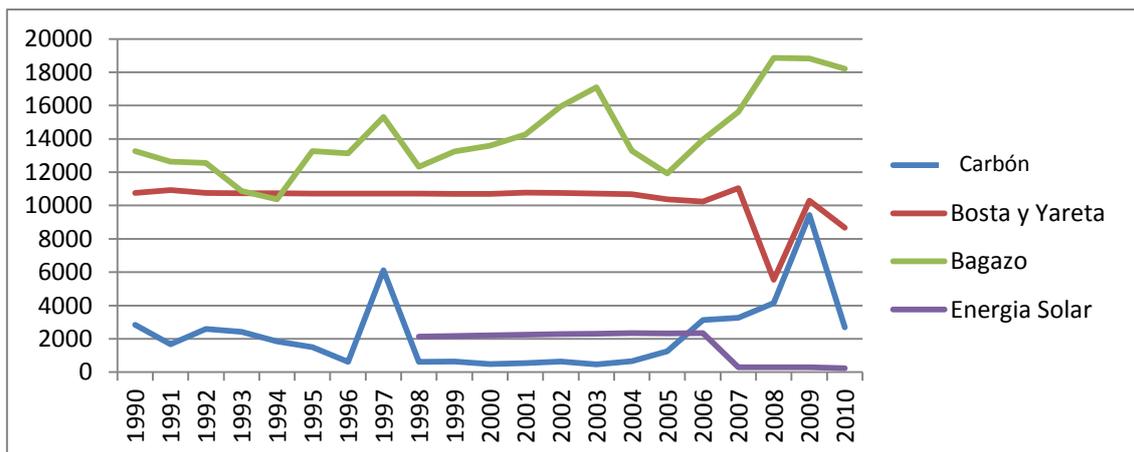


Figura 2.9b. Evolución de la Producción de Energía (TJ) 1990 - 2010, según fuentes.

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

En el 2012, la energía comercial tuvo un incremento del 1% respecto al valor del año anterior, mientras que el de la energía no comercial disminuyó un 2%; lo que supuso un aumento en la producción total nacional del 1% (Tabla 2.4). La producción de petróleo disminuyó un 4%; este recurso se exporta debido a que, por su calidad, no puede ser procesado en las refinerías del país. En los próximos años se espera revertir esta situación a consecuencia de la modernización de las refinerías, puesta en funcionamiento de pozos que dejaron de explotarse y descubrimiento de nuevos yacimientos. Carbón

Tabla 2.4. Producción de Energía (TJ), 2011 - 2012

Fuente	2011	2012	Variación (%)
Energía Comercial			
Petróleo Crudo	147006	141266	-4%
Hidroenergía	96959	96092	-1%
Gas Natural + LGN	634173	649721	2%
Carbón Mineral	4882	6185	27%
Sub Total	883020	893264	1%
Energía no Comercial			
Leña	86091	83431	-3%
Bagazo	18437	19430	5%
Bosta & Yareta	8585	8285	-3%
Energía solar	263	501	91%
Sub total	113375	111647	-2%
Total	996396	1004911	1%

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2012.

El bagazo incrementó su producción en un 5% respecto al 2011, debido a su uso para la autogeneración en plantas industriales.

El Gas Natural, fue el recurso de mayor producción; su participación en el año 2012 significó un 64,65% respecto al total nacional (Figura 2.10). Los registros en la producción del carbón mineral hasta el año 2004 no se analizan por no haber sido validadas por el MEM; en el año 2012, su participación fue del 0.6%. La energía solar tiene sus registros desde 1998; en 2012 representó el 0,05% del total.

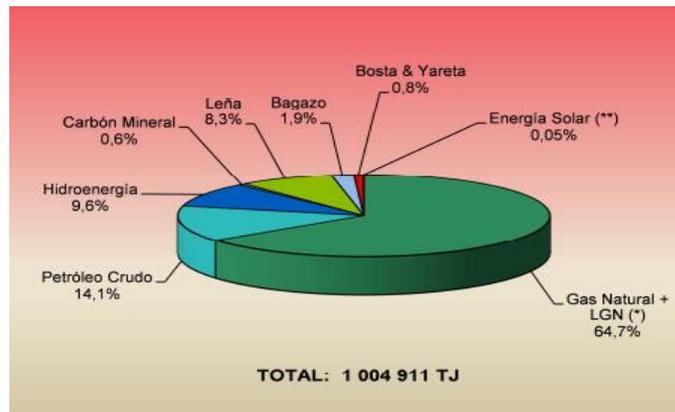


Figura 2.10. Participación (%) de las fuentes en la producción de energía. Año 2012. Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2012.

La estructura de la producción de energía comercial con las reservas probadas se recoge en la Figura 2.11

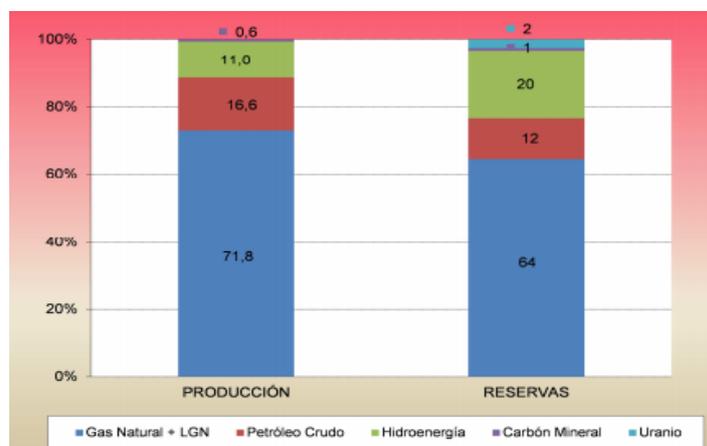


Figura 2.11. Producción – Reservas Probadas de Energía. Año 2012. Fuente: Balance Nacional de Energía 2012

2.5.2.2 Balanza Comercial

Perú importa petróleo y carbón para satisfacer la demanda interna. La importación del petróleo es creciente y, en el período de estudio, fue siempre superior a la del carbón (Figura 2.12).

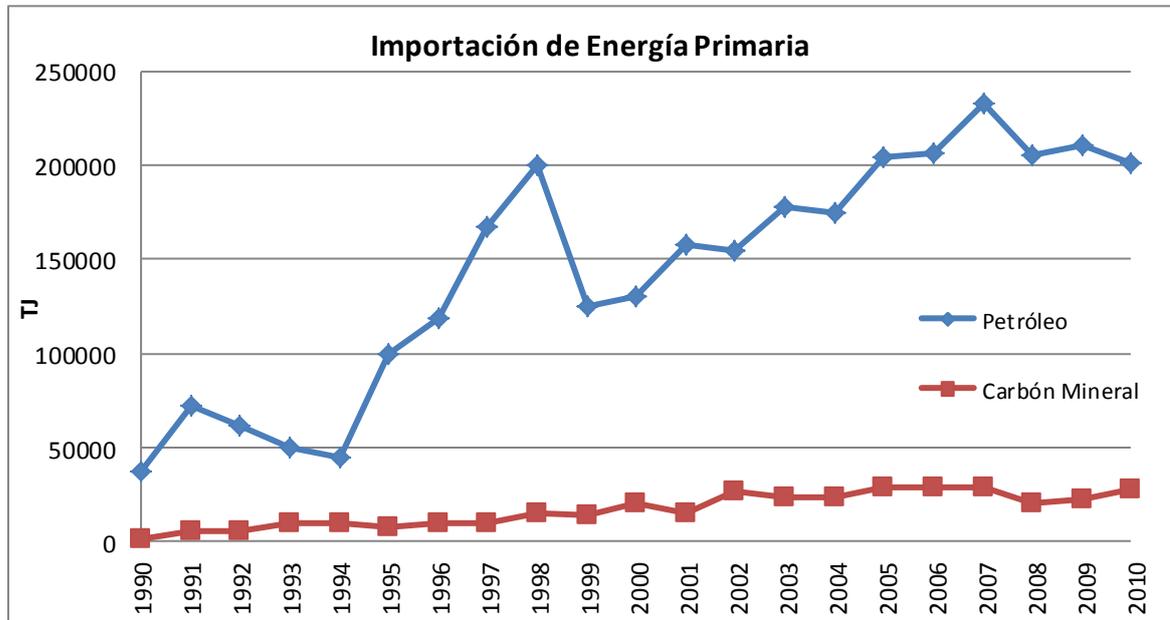


Figura 2.12. Importación de Energía Primaria 1990 – 2010. Fuente: OLADE, 2011

La exportación de energía primaria (Figura 2.13) correspondió, en su totalidad, al petróleo y carbón mineral.

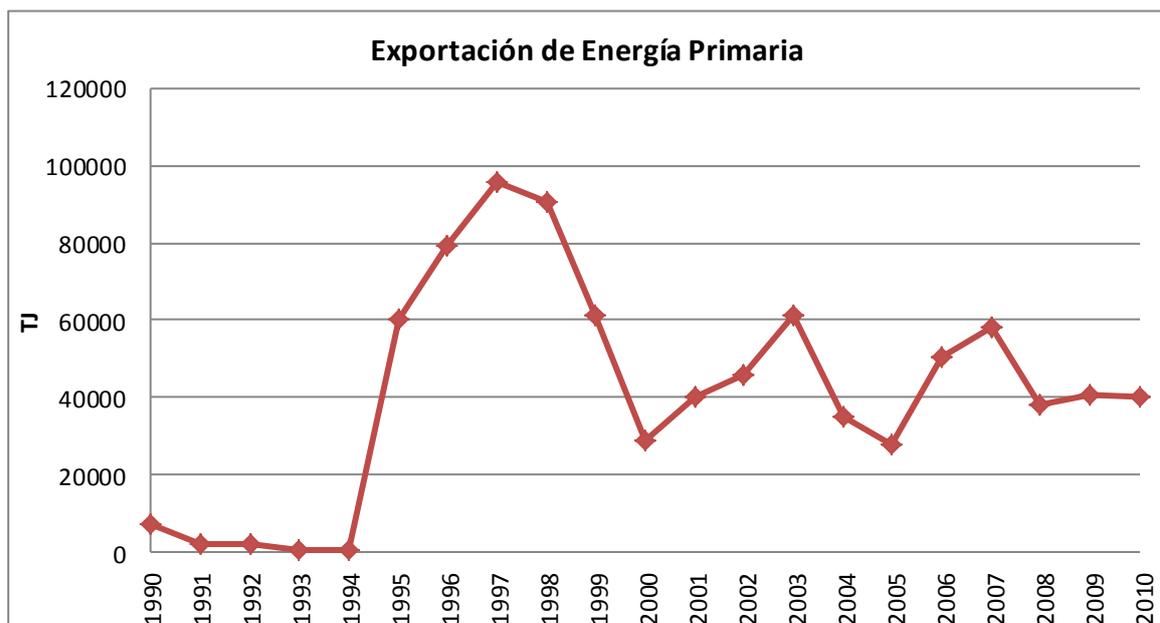


Figura 2.13. Exportación de Energía Primaria 1990 – 2010. Fuente: OLADE, 2011

En las dos últimas décadas, la balanza comercial de hidrocarburos (Figura 2.14) tuvo un comportamiento deficitario creciente. Para satisfacer la demanda energética, Perú necesita importar energía, tal como se refleja en la Tabla 2.5.

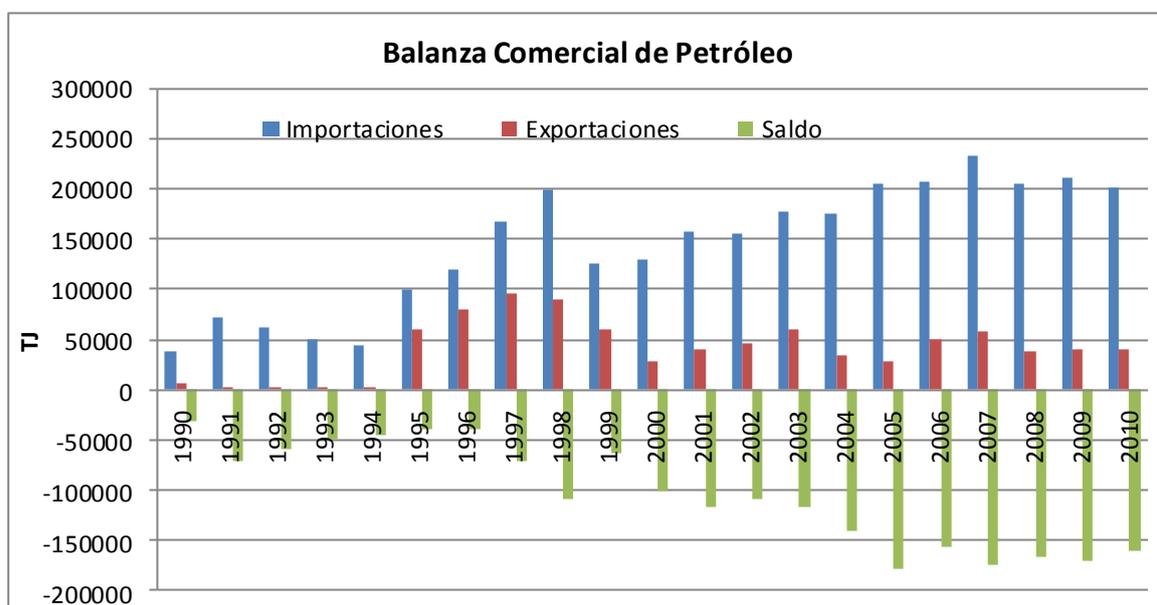


Figura 2.14. Balanza Comercial de Petróleo 1990 – 2010. Fuente: OLADE, 2011

Tabla 2.5. Balanza Comercial de Energía Primaria: 2012

Fuente	Importación (TJ)	Exportación (TJ)	Saldo (TJ)
Petróleo Crudo	191826	32985	-158841
Carbón Mineral	19063	3714	-15349
Total	210890	36699	-174190

Fuente MEM, 2012.

Respecto a los países de América del Sur, la Zona Andina produce más petróleo del que consume, por lo que se trata de una región exportadora, si bien la tendencia por países presenta diferencias significativas. Como ya se indicó anteriormente, Perú se caracteriza por ser importador, mientras Colombia y Bolivia producen un 74% y un 45%, respectivamente. Venezuela produce más del 130% de sus requerimientos y Ecuador su producción respecto a la demanda interna. En el caso de los países del Cono Sur, existe un fuerte intercambio de combustibles fósiles y hay una marcada diferencia entre países exportadores e importadores. Paraguay, Uruguay y Chile importan prácticamente todo el petróleo que consumen, mientras Brasil cubre la demanda con el total de su producción y Argentina tiene un superávit del 29% [LARRAÍN S. & PAZ. M 2009]

2.5.3 Energía Secundaria

La energía secundaria hace referencia a los productos energéticos que provienen de los distintos centros de transformación y cuyo destino son los sectores del consumo y los centros de transformación.

2.5.3.1 Producción

En la Tabla 2.6 se presentan la producción peruana de energía secundaria en el período 1990 - 2010. Los hidrocarburos obtenidos de las refinerías y plantas de gas, y la electricidad generada en las centrales hidroeléctricas y térmicas, las predominantes en la estructura de producción, presentan una tendencia creciente. La participación de los derivados de carbón vegetal y sus derivados es mínima; desde 2005 se dejó de producir coque por consideraciones ambientales.

Tabla 2.6. Producción de Energía Secundaria (TJ) 1990 - 2010

Fuente	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Carbón	176 2	186 0	194 6	202 4	209 5	216 1	222 0	227 0	231 0	234 0	235 4	236 6	235 1	232 3	228 5	226 1	225 5	237 0	208 7	200 8	2097
Derivados del Carbón	879	113 0	753	108 8	117 2	133 9	142 3	142 3	158 2	110 5	175 8	173 9	143 5	138 2	141 5	188 5	211 7	323 0	244 8	0	0
Electricidad	497 06	521 33	472 33	533 04	571 12	581 16	621 74	646 01	668 65	685 37	716 86	747 92	790 98	824 94	873 18	917 90	984 83	107 742	116 739	118 543	1292 05
Coque	284 5	920	108 8	129 7	104 6	113 0	117 2	108 8	110 2	920	807	806	848	117 6	452	0	0	0	0	0	0
Hidrocarburos	330 619	3E+ 05	339 368	337 607	326 937	326 727	329 112	343 463	373 345	348 019	345 502	362 875	362 391	364 988	400 633	468 882	489 763	532 151	572 186	690 666	8841 36
Total	385 811	4E+ 05	390 388	395 320	388 362	389 473	396 101	412 845	445 204	420 921	422 107	442 578	446 123	452 363	492 103	564 818	592 618	645 493	693 460	811 217	1015 438

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

En 2012 se produjeron 1190044 TJ, un 0,2% más que en 2011 (Tabla 2.7), de los que el 87,8% fueron hidrocarburos (con una disminución insignificante respecto al año anterior), el 12,1% energía eléctrica y el 0,2% restante carbón vegetal (Figura 2.15).

Tabla 2.7. Variación de la producción de Energía Secundaria (TJ), 2011 - 2012

Fuente	2011	2012	Variación (%)
Carbón	1915	1842	-4%
Derivados del Carbón	0	0	0.0%
Electricidad	139562	143671	0%
Coque	0	0	0.0%
Hidrocarburos	1045823	1044532	0%
Total	1187300	1190044	0.2%

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2012.

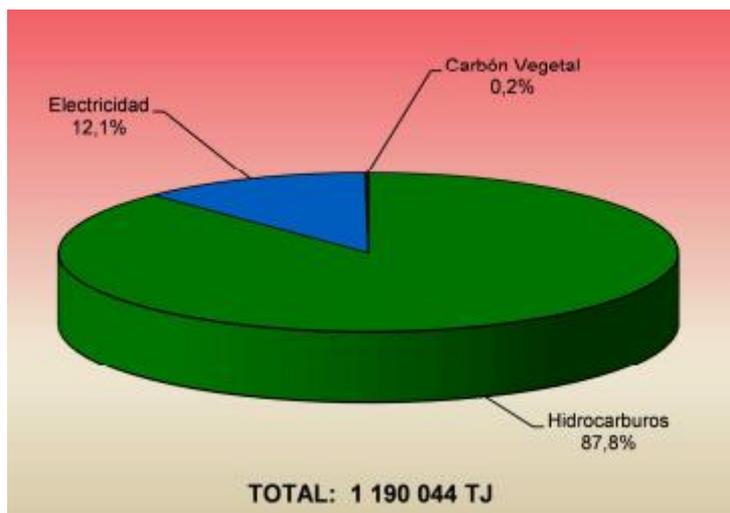


Figura 2.15. Estructura de la Producción de Energía. Año 2012.
Fuente, BNE 2012

2.5.4 Consumo Final de Energía

El consumo final de energía en el período 1990 – 2010 se detalla en la Tabla 2.8. En 2010 fueron 654116 TJ, un 75,24 % más que en 1990. La energía secundaria, que se consumió en mayor cantidad que la procedente de las fuentes primaria, representó el 78,5 % del total. La Figura 2.16 muestra el comportamiento del consumo energético desde 1990 hasta el 2010; en ella se aprecia que la energía primaria apenas varía y que la evolución del consumo de la secundaria tiene tendencia creciente.

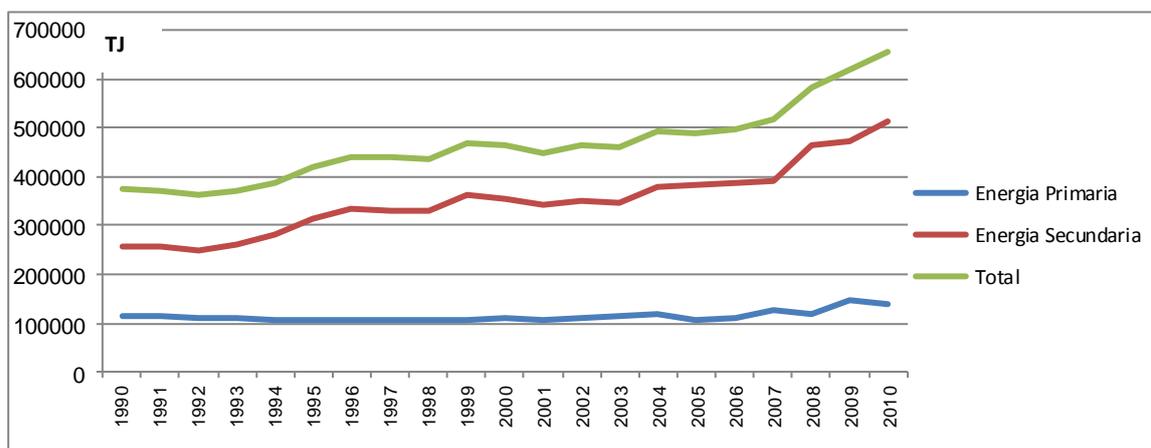


Figura 2.16. Evolución del Consumo de Energía (TJ), 1990 – 2010.
Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

La energía secundaria, ya sea de origen nacional o de importación, hace referencia a la oferta de energía disponible al usuario final. Se obtiene restando a los niveles de producción, la suma del consumo en operaciones propias y las pérdidas en transformación, distribución y

almacenamiento¹⁶. En 2012, el consumo fue de 589 613 TJ lo que comportó un aumento del 0,75 % respecto a 2011, y del 127,88 % con relación a 1990, con una tasa promedio de crecimiento anual del 5,55 %. En 2012, el 77,7% tuvo por destino los hidrocarburos, el 22 % la generación eléctrica y el 0,3 % restante la producción de carbón vegetal.

Tabla 2.8. Consumo de Energía (TJ) 1990 - 2010

Año	Energía Primaria	Energía Secundaria	Total	Variación (%)
1990	114522	258743	373265	
1991	113726	255912	369638	-0.97
1992	112037	249430	361467	-2.21
1993	109005	262812	371817	2.86
1994	106411	280498	386909	4.06
1995	106014	314036	420050	8.57
1996	105559	333055	438614	4.42
1997	106876	332229	439105	0.11
1998	106953	329684	436637	-0.56
1999	106223	364191	470414	7.74
2000	108711	354174	462885	-1.60
2001	106408	340403	446811	-3.47
2002	112272	351119	463391	3.71
2003	113959	345705	459664	-0.80
2004	117089	377914	495003	7.69
2005	107943	381717	489660	-1.08
2006	111367	386755	498122	1.73
2007	126125	392857	518982	4.19
2008	116617	464410	581027	11.96
2009	146444	472118	618562	6.46
2010	140620	513496	654116	5.75

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

2.5.4.1 Consumo por Sectores

Los sectores que demandan energía se clasifican en: Residencial – Comercial, Público, Agropecuario – Agroindustrial, Pesquero, Minero – Metalúrgico, Industrial y Transporte. En la Figura 2.17, se observa una tendencia creciente del consumo total. Los mayores niveles los tienen el sector residencial – comercial y el del transporte; además, se aprecia un incremento considerable en el industrial, una variación ascendente pero moderada en el del minero metalúrgico.

¹⁶ Balance Nacional de Energía – MEM 2007.

En el período considerado los sectores Transporte, Industrial y Minero Metalúrgico incrementaron su consumo un 142,3 %, 137,4% y un 88,1%, respectivamente, y fueron los que más crecieron debido a la reactivación económica, la inversión de capitales extranjeros y la estabilidad política. En el transporte, el aumento del parque automotor hizo que el sector creciera a una tasa promedio anual del 6,8%.

También en este período, uno de los principales consumidores de energía fue el sector residencial – comercial; desde 1990 aumentó un 17,4%, con una tasa de crecimiento promedio anual del 0,8%. Los sectores que disminuyeron la demanda fueron el público (1,1%) y el pesquero (36,1%) (Tabla 2.9). En la matriz de consumo final de energía, se observa la participación de los distintos sectores de consumo (Figura 2.18).

Tabla 2.9. Consumo de Energía (TJ), según sectores, 1990 - 2010

Año	Sector						
	Resid. / Comerc.	Público	Agrop. / Agroind.	Pesquero	Min. Metalurg.	Industrial	Transporte
1990	152483	12050	9623	9121	27531	48359	104558
1991	140756	10167	9414	11883	32384	61228	93429
1992	147262	11799	7029	14560	27865	43540	99914
1993	141243	10962	8368	18284	26108	49994	102675
1994	138493	10376	9079	22719	23133	48965	117654
1995	141975	12134	11088	20460	33765	53645	127863
1996	144314	14598	11715	23432	36827	58930	136244
1997	143609	12790	12272	19767	36665	59432	135428
1998	147060	13576	9380	12977	39770	63368	138066
1999	146897	14756	11274	19659	50271	69928	145700
2000	149052	11386	10731	16361	48205	75198	141688
2001	150824	10293	10119	13229	44292	72864	133840
2002	150122	15128	20680	13441	45986	81970	132886
2003	150266	8450	11069	12572	44245	81683	137881
2004	145671	11555	9249	17889	49476	88394	158863
2005	145415	9999	6071	14943	45559	97410	146045
2006	151416	7466	7221	14073	42530	97573	163450
2007	162191	7155	6324	12061	52632	110335	157616
2008	136685	7448	7446	11986	51138	121759	176301
2009	158666	10836	8399	10978	51891	110398	228789
2010	178947	11920	10 522	5827	51783	114796	253322

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

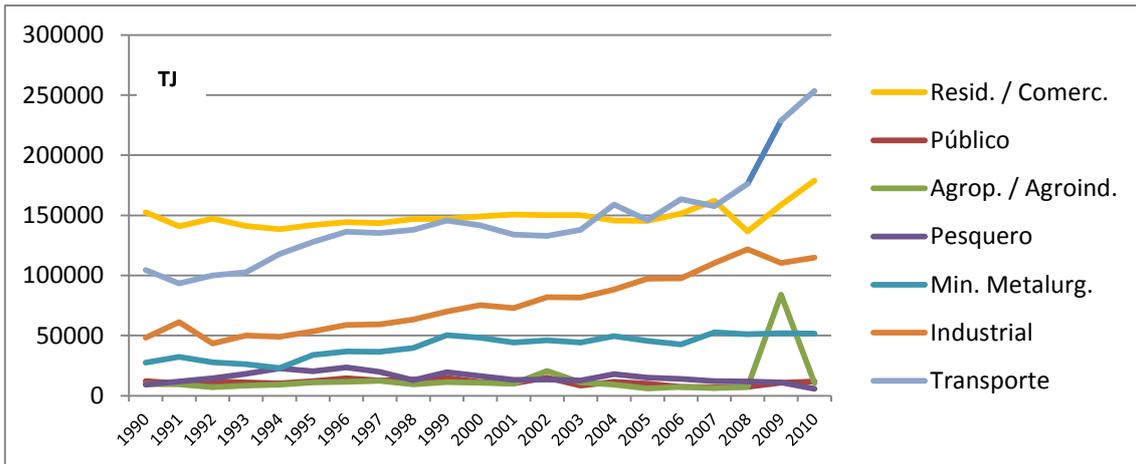


Figura 2.17. Evolución del consumo de energía (TJ), según sector. 1990 – 2010. Fuente, BNE 2011

En el año 2012, tal como se representa en la Figura 2.18, del total nacional, el sector del transporte demandó un consumo del 40%, lo que supuso un incremento del 5% respecto al año anterior debido al crecimiento del parque automotor; los sectores residencial / comercial y público el 28%, la industria y minería el 25 % y los demás sectores (agropecuario, agroindustrial y pesquero) el 3% restante.

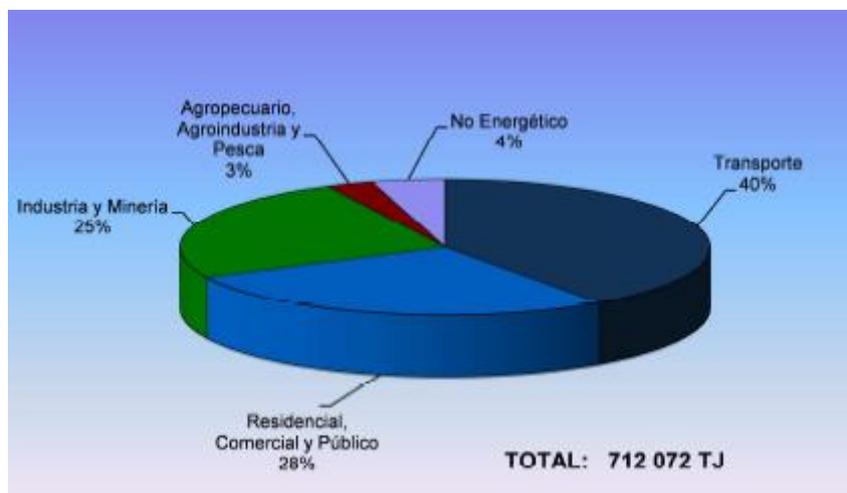


Figura 2.18. Estructura del consumo de energía, según sector. MEM, 2012

2.5.4.2 Consumo por Fuentes

El consumo de energía se caracteriza por el uso mayoritario de recursos de origen fósil, mientras que el de los provenientes de fuentes renovables o alternativas queda limitado a la hidroelectricidad y a la biomasa; esta última se aprovecha principalmente en zonas rurales.

La Tabla 2.10 recopila los datos de consumo, entre 1990 y 2010, según las diferentes fuentes utilizadas. En este período, la demanda total aumentó un 66,5% con un aumento de la tasa anual promedio del 3,2%. El carbón mineral, que experimentó un incremento del 858%, se consumió mayoritariamente en las empresas mineras. Con el inicio de la producción de gas (Proyecto Camisea), muchas empresas adaptaron sus instalaciones a este recurso; su demanda aumentó en un 1435%. La electricidad tuvo una variación del 168%. Las fuentes con un crecimiento moderado fueron: el carbón vegetal (19%), los hidrocarburos líquidos (45%) y el coque (60%); la leña y el bagazo incrementaron sus consumos respecto a 1990, en un 8,7% y un 65,4%, respectivamente. El consumo de la Bosta - Yareta se redujo el 19,4%.

Tabla 2.10. Consumo de Fuentes de Energía (TJ) 1990 - 2010

Fuente	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Carbón Mineral	2678	6257	8577	9958	10460	9791	10847	11431	12976	12763	15948	13775	17746	19698	19973	15024	15024	24630	20978	22949	25676	
Leña	89754	85607	81957	78976	76517	74245	72818	71630	70621	69326	68541	67697	68221	66950	73000	71531	74495	80530	58278	75130	97532	
Bosta - Yareta	10751	10755	10750	10741	10732	10724	10719	10715	10710	10703	10692	10782	10752	10719	10682	10368	10243	11047	1109	5549	10299	8661
Bagazo	5146	4979	4937	4100	4602	5607	5271	5962	4889	5433	6169	6388	7281	7666	6021	3592	3592	3748	12248	12201	8510	
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	2143	2180	2217	2249	2283	2317	2351	2323	2337	295	302	302	239	
Coque	1130	347920	1293	920	1255	1142	982	1129	1217	1217	1039	1202	1218	1138	990	1325	1325	1331	1612	1337	1811	
Carbon vegetal	1762	1860	1946	2024	2095	2161	2220	2270	2310	2340	2354	2366	2351	2323	2285	2281	2255	2370	1472	2008	2097	
Gas natural	3096	2971	1213	209	209	126	178	137	167	60	32	4	3	845	1984	11995	13974	22410	30852	32197	47531	
Petróleo y derivados	206983	200078	201292	2.00E+05	2.00E+05	3.00E+05																
Elect.	42426	45564	37823	42719	44518	46233	50591	53218	57231	59335	62357	65678	69574	72706	77567	83858	87774	96824	106943	106852	113692	
No energéticos	9539	10377	9498	10544	12552	14727	11131	13289	12439	11929	10264	11349	13178	13500	13906	13990	14388	10665	18353	18997	15925	
TOTAL	373265	369368	361466	360568	362605	464869	464917	469634	474615	475286	479673	481490	492697	497862	508759	516287	525407	553850	556608	582272	621674	

Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2011.

En este período, la demanda de los hidrocarburos líquidos fue la más elevada y con una tendencia creciente hasta 2004, año en que se inició la tendencia a una reducción del consumo. En la figura 2.19 se muestra la evolución de algunas fuentes de energía en el período 1990 – 2010.

La electricidad siguió un crecimiento sostenido que se acentuó, tal como ya se indicó en 2.5.4.1, con la reactivación económica del país. La leña redujo la demanda hasta el 2002, en el que se cambió la tendencia; ello se debió al menor consumo del keroseno, iniciado ese año, a causa del Impuesto Selectivo al Consumidor de este combustible, establecido con el fin de reducir su demanda. La reactivación del consumo de leña tuvo lugar, principalmente, en las zonas rurales (Figura 2.20a).

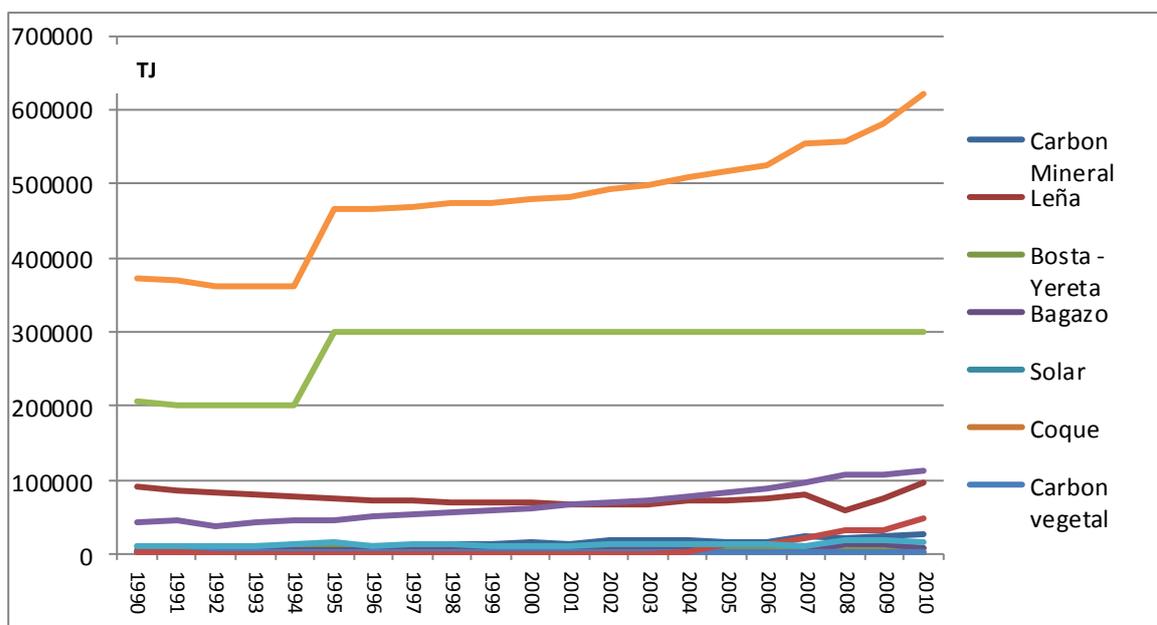


Figura 2.19. Evolución del consumo de energía (TJ), según fuentes. Fuente: BNE 2011

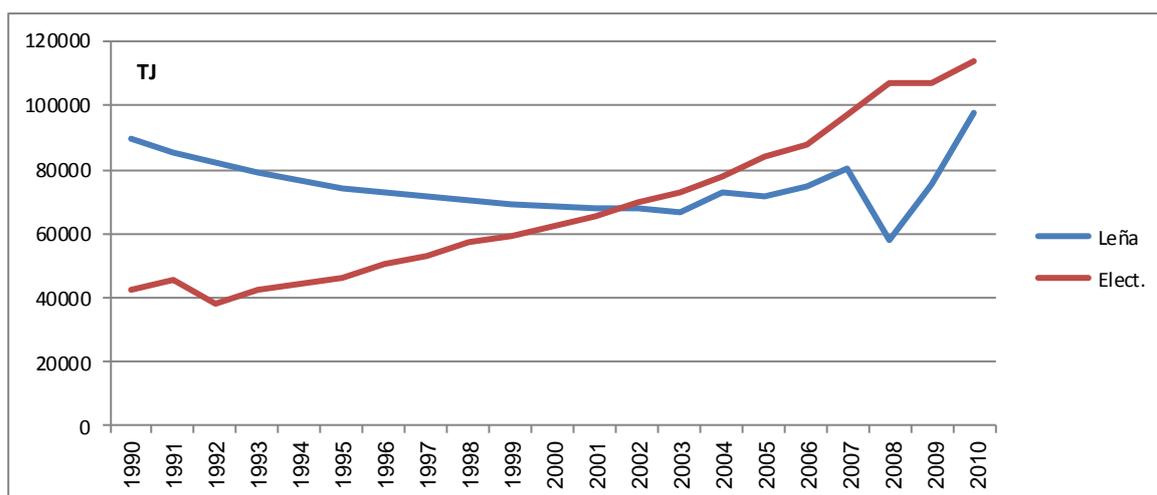


Figura 2.20a. Evolución del consumo de energía (TJ), según fuentes. 1990 – 2010. Fuente, BNE 2011

Las fuentes con niveles inferiores al 5% del consumo total apenas presentan variaciones de la demanda durante esos años; una excepción a este comportamiento es el gas natural que desde 2004 experimentó un incremento notable (Figura 2.20b).

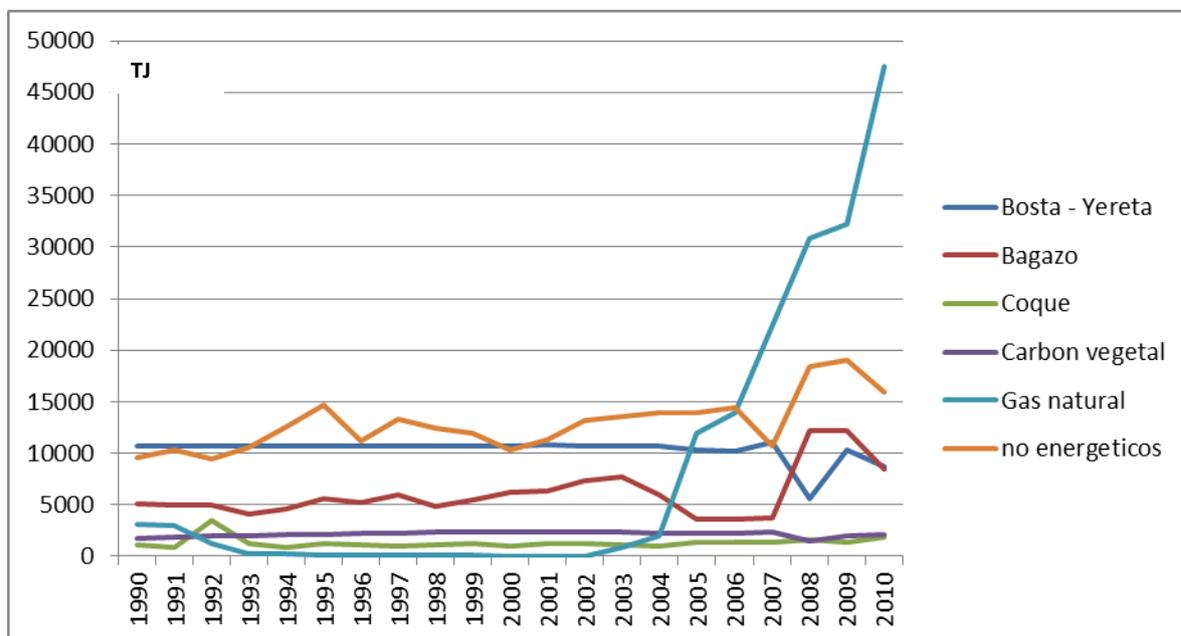


Figura 2.20b. Evolución del consumo de energía, según fuentes. 1990 – 2010. Fuente: BNE 2011

Al evaluar la participación porcentual de las fuentes hay que resaltar el alto índice que representan los hidrocarburos líquidos, así como el notable aumento de la electricidad y del gas natural. La leña, que tiene altos niveles de consumo, disminuyó su participación respecto a 1990 y desde 2002 presenta poca variación. El carbón incrementó su demanda mientras que el coque, la bosta y la yareta, el carbón vegetal y el bagazo se mantuvieron en unos niveles pequeños con respecto al consumo total. Se aprecia que el aporte de la energía solar es mínimo y que el inventario de su uso empieza a contabilizarse en 1998 (Figura 2.21).

En el gráfico de la Figura 2.22 se ha representado la distribución porcentual del consumo de las fuentes energéticas en 2012; en este último año tuvo lugar un incremento del 1% respecto al 2011, debido al aumento en el consumo de los hidrocarburos y del gas natural en el sector transporte.

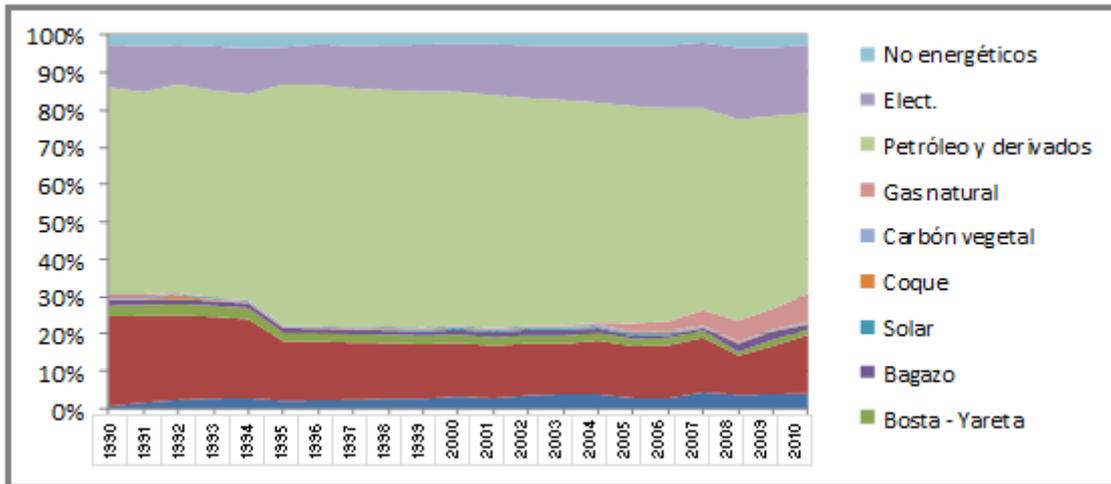


Figura 2.21. Evolución de la participación de las fuentes en el consumo de energía 1990 – 2010. Fuente BNE 2011.

El consumo total de energía tuvo la estructura detallada en la Tabla 2.11. La disminución en el consumo de la gasolina motor y los incrementos en el del gasohol y en el del diésel B5 se debieron al cumplimiento de la obligatoriedad en el uso de los biocombustibles. El aumento en un 33% del consumo del bagazo se debió a su utilización para la generación de energía; mientras que el de la leña, la bosta y la yareta se vio disminuido debido a su sustitución por el GLP en el sector residencial y también por la migración de la población rural a las zonas urbanas.

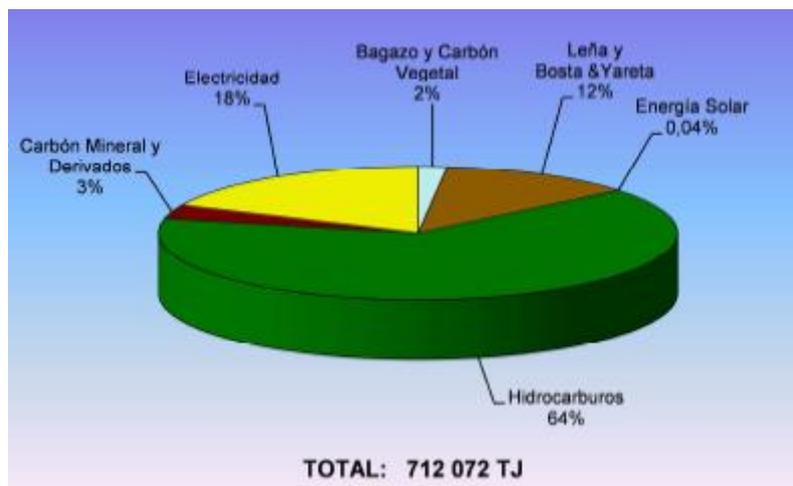


Figura 2.22. Participación Porcentual en el Consumo de las Fuentes de Energía en 2010. Fuente BNE, 2011

Tabla 2.11. Consumo final de energía, según fuentes (TJ)

Fuente	2011	2012	Variación %
Diésel B5/ Diésel 2	190235	197309	4
Electricidad	126390	129490	2
Leña	81303	78827	-3
Gas licuado de Petróleo (GLP)	58787	64405	10
Gasolina motor	33398	9543	-71
Gas distribuido	59591	59747	0
Kerosene	33601	30916	-8
Carbón mineral	23901	24022	1
No energéticos de petróleo - gas	33195	29464	-11
Petróleo industrial	22934	15759	-31
Bosta y Yareta	8585	8285	-3
Bagazo	8276	11039	33
Gasohol	25153	51079	100
Carbón vegetal	1926	1883	-2
Coque	0	19	
Energía solar	263	287	9
Gas industrial	0	0	0
Total	707537	712072	1

Fuente: Balance Nacional de Energía BNE, MEM, 2012.

2.6 EL SECTOR DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

Perú, al igual que otros países iberoamericanos, tiene un elevado potencial de recursos energéticos renovables; sin embargo, su participación en la matriz energética es poco significativa. Uno de los principales motivos es la falta de compromiso de los gobiernos para definir y exigir el cumplimiento de políticas que permitan cumplir acuerdos nacionales e internacionales. En este sentido, las energías renovables son una alternativa sostenible para garantizar el suministro energético, disminuir la dependencia del petróleo y atenuar los inconvenientes socioeconómicos y ambientales que genera su uso. El sector tiene un incipiente marco institucional, legal y de incentivos. Ante las múltiples dificultades que presentan los países en vías de desarrollo, el sector de las renovables representa a la vez un reto y una oportunidad para aprovechar los diferentes recursos energéticos.

2.6.1 Marco Legal y Normativo

La importancia en el uso de las energías renovables ha despertado, en los últimos años, el interés del gobierno para su desarrollo. Existe legislación dispersa en diferentes sectores referida, mayoritariamente, a la generación de energía en zonas aisladas. El FONAM¹⁷ consideró, en el año 2000, que Perú no tenía legislación específica en el sector de las energías renovables, lo que hacía que éstas operaran en el contexto del libre mercado, bajo los criterios de rentabilidad, sin condiciones particulares para su financiación y sin tomar en cuenta su potencial contribución al suministro energético nacional.

Las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad, tanto de fuentes hidráulicas como geotérmicas, están reguladas en la Ley de Concesiones Eléctricas; en ésta no se considera el uso de otras fuentes renovables de energía. La autorización y concesión que otorga el Ministerio de Energía y Minas para su uso, generación, comercialización y transporte está en función de la potencia instalada, cuyo valor mínimo para las concesiones es de 500 kW. En el caso de las instalaciones a pequeña escala, que se encuentren aisladas de la red eléctrica, esta Ley no es aplicable ya que se trata de generación distribuida y no centralizada. El 23 de julio de 1997 se promulgó la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos N° 26848.

La Ley N° 28546, dada por el Congreso de la República en el 15 de junio de 2005, promovía el uso de energías renovables¹⁸ pero limitaba su campo de acción a la generación de electricidad para la electrificación rural de zonas aisladas y de frontera. Esta Ley quedó derogada con el

¹⁷ FONAM: Fondo Nacional del Ambiente. Sobre la base de esta institución se creó el Ministerio de Medio Ambiente, mediante Decreto Legislativo N° 1013 del 12 de mayo de 2008.

¹⁸ Ley que debería estar en concordancia a lo establecido en el artículo 3° de la Ley N° 27744.

Decreto Legislativo N° 1002¹⁹, cuyo objeto era promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables²⁰ para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, incentivando la inversión en la producción de electricidad.

El 27 de julio de 2008, el Decreto Legislativo N° 1058 de promoción de la inversión en la actividad de generación eléctrica con recursos hidráulicos y otras energías renovables, estableció el beneficio del régimen de depreciación acelerada²¹ a efectos del Impuesto a la Renta.

Las fuentes de energía renovable a partir de las que se puede producir electricidad no constituyen necesariamente parte del patrimonio público sobre el que, de acuerdo al ordenamiento legal vigente, el Estado puede restringir su uso. Por ejemplo, el biocombustible procedente de residuos agrícolas y/o forestales es y será generado por actividades productivas de empresas privadas. Por lo tanto la posibilidad para la utilización de dicha biomasa no implica la necesidad de contar con “derecho de concesión” previo, siempre y cuando la energía producida sea para el autoconsumo.

2.6.2 Marco Institucional

En el Artículo 5º de la Ley N° 28546 se estipula que el Ministerio de Energía y Minas es la Autoridad Nacional competente encargada de promover, dirigir y ejecutar proyectos de electrificación rural de ámbito regional e interregional con energías renovables. El sector se caracteriza por la participación de muchas organizaciones relacionadas directa o indirectamente; sin embargo, se precisa de la existencia de una entidad que legisle, regule y promueva el sector.

¹⁹ Decreto de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables, del 1 de mayo de 2008.

²⁰ Considera los recursos de biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz. En el caso de la hidráulica sólo cuando la capacidad instalada no supera los 20 MW. La obtención de los derechos eléctricos correspondientes, se sujeta a lo establecido en el Decreto Ley N° 22844.

²¹ La tasa anual de depreciación, como tasa de depreciación global anual, no será mayor de 20%.

2.6.3 Marco Político

Las políticas energéticas de un país deben respetar una serie de convenios y acuerdos internacionales. Entre los más importantes con los que el Perú está comprometido, destacan los siguientes:

- Objetivos de desarrollo del milenio. Declaración ONU (2000)
- Desarrollo Sostenible. Declaración de Johannesburgo – ONU (2002)
- Conferencia Internacional de Energías Renovables. Bonn (2004)
- III Reunión del Consejo de Ministros de Energía, Electricidad, Hidrocarburos y Minas de la Comunidad Andina (CAN). Lima (2005)
- Energía para el Desarrollo Sostenible. Declaración de Panamá (2007).
- XV Foro de Cooperación Económica Asia – Pacífico (APEC) – Declaración de Sidney sobre Cambio Climático, Seguridad Energética y Desarrollo Limpio. (2007)
- Protocolo de Kyoto (2003)

Respecto al Marco Nacional, el Plan Estratégico Sectorial del Ministerio de Energía y Minas²² establece como objetivo principal: “Promover el desarrollo y uso de los recursos energéticos de manera racional, eficiente y competitiva, en un contexto de descentralización y desarrollo regional, priorizando la inversión privada, la satisfacción de la demanda, el empleo de energías renovables en la electrificación rural e incentivando la investigación científica”. Se considera también, como prioridad del sector, incentivar el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables del país, la investigación y el empleo de tecnología que fomente el desarrollo sostenible.

²² Referido al Plan Estratégico Sectorial Multianual, para el período 2004 - 2006

2.6.4 Situación Actual y Potencial

2.6.4.1 Energía Hidráulica

Se emplea para la generación de energía que se vierte a la red eléctrica o se aprovecha en sistemas aislados para la electrificación rural.

Producción

La potencia instalada, en diciembre de 2006, fue de 3 216 MW y representó el 48% de la potencia eléctrica nacional. En la Figura 2.23, se indica la distribución por regiones de las potencias, hidráulica y térmica, instaladas en el año 2005.

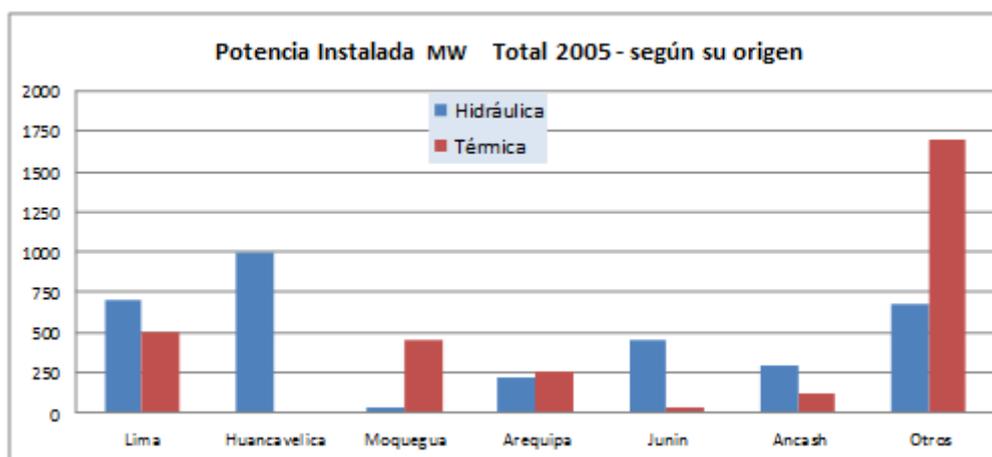


Figura 2.23. Potencia Instalada, año 2005. Fuente: OLADE 2006.

La energía hidráulica generada en 2006 fue de 19 594 GW.h, el 72% de la producción nacional, un valor que supuso un aumento del 9% respecto a 2005. La Figura 2.24 muestra la distribución por regiones de la producción de energía eléctrica, diferenciando la hidráulica de la térmica.

En el año 2005 existían 33 centrales hidráulicas de generación pertenecientes al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (Tabla 2.12). Además, se contabilizaron 9 centrales cuya potencia de generación era inferior a 10 MW (Tabla 2.13).

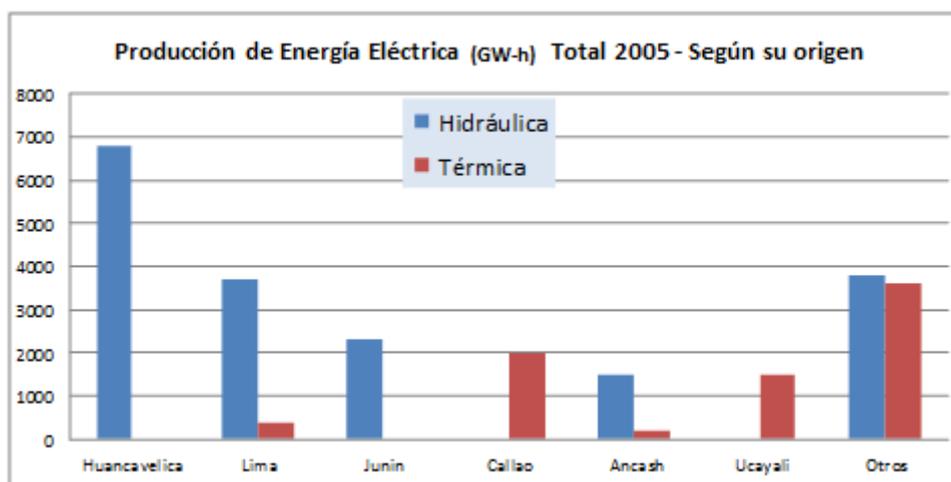


Figura 2.24. Producción de Energía Eléctrica, año 2005. Fuente OLADE 2006

Tabla 2.12 Número de Centrales de Generación.

Potencia (MW)	Número
> 500	1
100 – 500	9
50 – 100	4
10 – 50	10
< 10	9

Fuente: COES SINAC (2007)

Tabla 2.13 Centrales Hidráulicas con potencia menor a 10 MW.

Nombre	Potencia
Cachua	5,05
Pariac	4,49
Charcani I	1,73
Charcani II	0,6
Charcani III	4,58
Charcani IV	8,95
Oroya	9,48
Paaaca	9,65
Santa Rosa	1,02

Fuente: COES SINAC (2007)

La DEP/MEM instaló 75 pequeñas centrales, con rango de operación entre 39 kW y 3.2 MW. Estos proyectos fueron financiados por los gobiernos de Reino Unido, Japón e Italia. Según OSINERGIM²³, existen 184 minicentrales hidroeléctricas, con una potencia total de 179,63 MW. El BID²⁴ aportó a ITDG²⁵ un Fondo de Promoción de microcentrales hidráulicas, con el que se construyeron 45 pico y microcentrales en un rango de potencia comprendido entre 1 y 200 kW. La Figura 2.25 muestra la potencia instalada y el número de minicentrales construidas con este fondo.

²³ Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas

²⁴ Banco Interamericano de Desarrollo

²⁵ Intermediate Technology Development Group - Perú

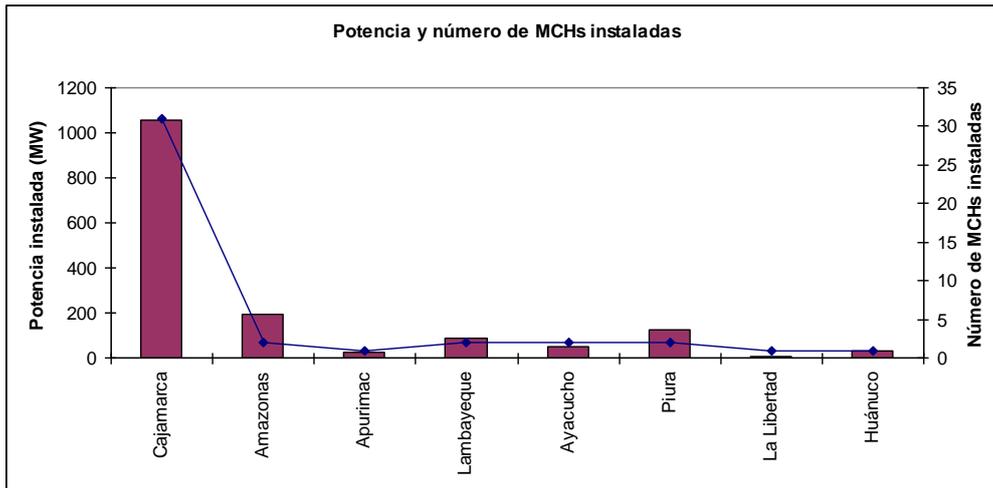


Figura 2.25. Potencia y Minicentrales Hidroeléctricas Instaladas. Fuente: OLADE 2006

La oferta de minihidroenergía estaría constituida tanto por los sistemas conectados a la red, como por los sistemas aislados. Nueve minicentrales hidroeléctricas están vinculadas al sistema eléctrico interconectado nacional y suman una potencia total superior a los 56 MW. Las 184 minicentrales registradas por OSINERG tienen una potencia global superior a los 179 MW y de ellas están en servicio 154 que aportan más de 171 MW. Las 49 pico y microcentrales instaladas por ITDG suman 1,6 MW.

Potencial

El potencial hidroeléctrico nacional aprovechable se cuantificó, en la década de los 70, con ayuda de la Cooperación Alemana. Se evaluaron 800 proyectos; los 328 que fueron considerados viables tenían una potencia total de 58 937 MW y una energía acumulada de 395 118 GW.h²⁶; este último valor es el considerado hasta la actualidad como el potencial hidroeléctrico nacional técnicamente viable. Respecto al potencial para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, con potencias menores a los 10 MW, se estima la existencia de 1 000 MW²⁷, técnica y económicamente viables utilizando pico, micro, mini y otras pequeñas centrales hidroeléctricas.

Si bien no se dispone de otra información precisa sobre el potencial hidroeléctrico de baja potencia a pequeña escala, la topografía montañosa de gran parte del país permite deducir que esta opción puede ser desarrollada a lo largo de ambos lados de la cordillera de los Andes²⁸ (Figura 2.26)

²⁶ Balance Nacional de Energía – MEM, 2008

²⁷ Plan Nacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas presentado por MEM y ElectroPerú en 1980.

²⁸ Promoción de la participación pública y privada en proyectos de energía renovable y fortalecimiento de la capacidad de FONAM – (FONAM 2000).

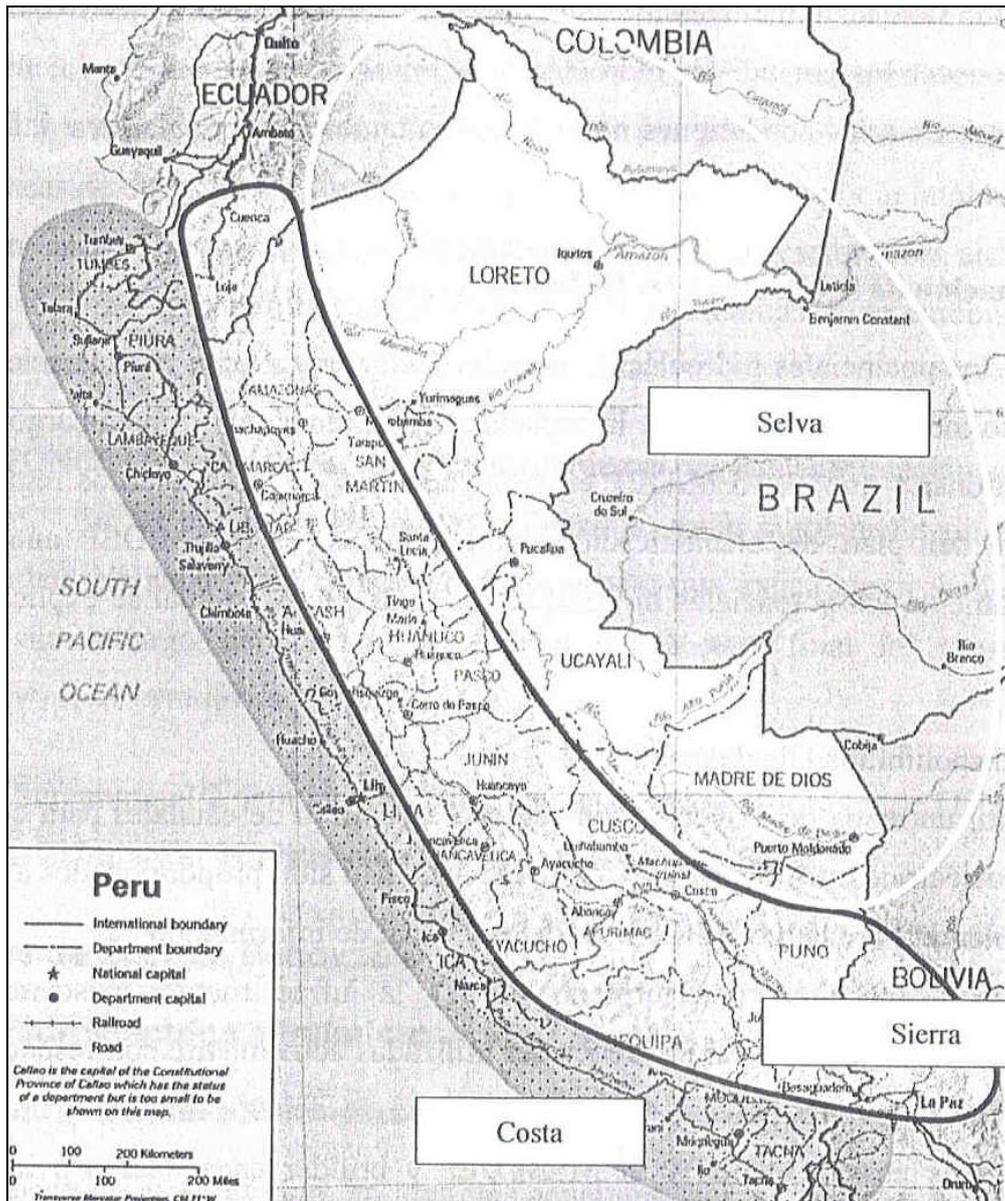


Figura 2.26 Representación del potencial hidroeléctrico en el Perú. Fuente: Electric Power Development Co., Ltd. & Nippon Koei Co., Ltd. (2007)

Para la explotación hidroeléctrica, el Ministerio de Energía y Minas otorga el correspondiente derecho de viabilidad de concesión. Según el Decreto N° 25844, el MEM brinda concesiones de tipo temporal, para el desarrollo de estudios de viabilidad y de tipo definitivo para la ejecución del proyecto hidroeléctrico. A diferencia de la concesión definitiva, la del tipo temporal no tiene carácter de exclusividad.

En junio de 2009, el MEM otorgó 37 concesiones temporales y 12 de carácter definitivo con unas potencias globales de 10108 MW y de 1358 MW, respectivamente.

2.6.4.2 Energía Solar

La energía solar fotovoltaica se usa en zonas rurales para electrificación y abastecimiento de agua. La térmica se aprovecha para la cocción de alimentos mediante cocinas solares, secado de productos agrícolas y calentamiento de agua; el 90% de ésta se ubica en zonas urbanas.

Producción

El MEM evaluó en el año 2004 la existencia de 62 220 módulos fotovoltaicos, con una potencia instalada de 3,74 MWp; de ella, un 72% se utilizaba en comunicaciones y el resto en servicios domésticos [CENERGIA 2004]. En el marco del proyecto de Electrificación Rural, apoyado y financiado por el PENUD, se planificó la instalación, para finales de 2007, de 4 524 sistemas fotovoltaicos con una potencia de 225 kWp. Para el período 2009 – 2015, se pretende instalar 124 524 sistemas fotovoltaicos con una potencia de 6,23 MWp. En la Figura 2.27 se indica la distribución por departamentos de la Potencia y número de sistemas FV instalados en 2007.

Se estima que la energía solar térmica tiene 30 MW instalados, distribuidos en 30 000 equipos. La energía generada en 2004 fue de 15,6 GWh.

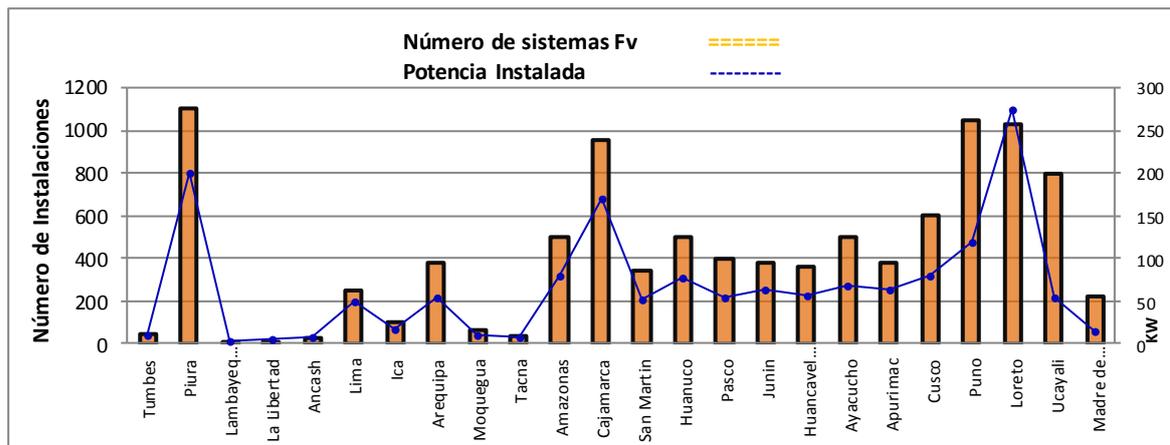


Figura 2.27. Potencia Instalada y Sistemas FV según departamento. MEM, 2008

Potencial

Según el Atlas Solar del Perú [SENAMHI 2003], las zonas ubicadas entre 16° – 18° de latitud sur, gozan de los mayores valores de radiación (6 a 6,5 kW.h/m²). La zona norte, tiene un potencial continuo de 5,5 a 6 kW.h/m²; la selva presenta menores valores de radiación (4 a 4,5 kW.h/m²). El mapa solar de la Figura 2.28a muestra los valores de la radiación solar en el Perú.

2.6.4.3 Energía Eólica

Producción

De la potencia instalada, que supera ligeramente 1 MW, 280 kW se utilizan para bombeo de agua con fines agropecuarios, 384 kW para la electrificación de sistemas aislados (16 aerogenerados de 24 kW cada uno) y 700 kW para producción de energía eléctrica mediante 2 aerogeneradores²⁹.

Potencial

La zona litoral es la que presenta el mayor potencial eólico³⁰. En la costa norte, entre Tumbes y Ancash, y en la región sur, desde Ica hasta Tacna [CENERGIA 2004], los valores de velocidad de viento mínima registrados son de 5 m/s³¹. En la región sierra, a excepción de la ciudad de Puno, el valor de velocidad varía entre 2 y 4 m/s. En la región de la selva, debido a la vegetación existente, los valores son menores a 2 m/s. En la Figura 2.28b se recoge el mapa eólico de Perú indicando las zonas con mejores posibilidades de aprovechamiento de esta energía renovable.

Existió el interés por parte de la empresa privada en realizar inversiones en parques eólicos conectados a la red. En 2007, la DGE/MEM otorgó, a las empresas Norwind S.A.C. y Petrolera Monterrico S.A, las concesiones temporales para realizar estudios de centrales eólicas en las zonas de El Tunal (Piura) y Malabrigo (La Libertad). Se tiene conocimiento de las evaluaciones que la empresa SolEol S.A.C., representante de la ecuatoriana ProViento S.A., ha venido realizando en la zona conocida como “Los Perros”, en el desierto de Sechura (Piura,) para el establecimiento de un parque eólico de 30 MW.

Para generación a baja escala y potencia en zonas aisladas de la red, destacan los planes de la Dirección Ejecutiva de Proyectos del MEM consignados en el PNER 2006-2015 para impulsar la utilización de energía eólica a través de la instalación de 104 pequeños aerogeneradores de 50 kW para el abastecimiento eléctrico de 114 mil personas.

Cálculos preliminares consideran que Perú cuenta con 57 GW aprovechables para la generación de electricidad, distribuidos en las franjas de litoral de las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna; el mayor potencial eólico en el Perú se ubica en el litoral, donde es frecuente encontrar zonas con velocidades de viento mayores a 5 m/s [VELÁSQUEZ, 2007].

²⁹ Instalados en las localidades de Malabrigo (La Libertad) y Marcona (Ica). El primero de ellos, genera 250 kW y beneficia a 357 viviendas (1785 habitantes), el otro con 450 kW brinda servicio a 643 viviendas (3215 habitantes).

³⁰ La entidad oficial encargada de realizar las evaluaciones y mediciones del potencial eólico es el SENAMHI; sin embargo, existen otros documentos con información relacionada como, por ejemplo, el de la empresa ADINELSA que estima el potencial eólico no aprovechado en Perú en 57 000 MW.

³¹ Mapa Eólico Preliminar de Perú. ADINELSA.

2.6.4.4 Biomasa

El país tiene gran variedad de recursos energéticos de origen vegetal, animal y agroindustrial; sin embargo, no existe un inventario en el que se haga una clasificación completa de las fuentes de biomasa. El uso de ésta, ha quedado limitado a la leña, bagazo, bosta y yareta.

Producción

En 2006, la biomasa aportó el 20,6% de la producción energética peruana, un 4,8% más que en 2005. La producción, consumo y el índice de participación respecto al total nacional se muestran en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14. Producción y Consumo de Biomasa (2006)

Fuente	Producción (TJ)	Consumo (TJ)
Leña	80132 (15,8%)	74496 (15%)
Bagazo	13958 (2,80%)	8955 (1,8%)
Bosta y Yareta	10243 (2%)	10243 (2%)

FUENTE: Balance Nacional de Energía, 2007

Potencial

El potencial de biomasa existente en el país para usos energéticos no está debidamente cuantificado. En 1990, en un estudio realizado por el MEM [GREEN ENERGY. 2005], se llegó a los siguientes valores:

Forestal:

- Bosques de libre disponibilidad (36,8 millones de Ha): 767 580 GW.h/año.

Residuos:

- Agrícolas: 8 048 GW.h/año.
- Pecuarios: 13 235 GW.h/año.
- Vacuno: 4 800 GW.h/año.
- Urbano (4 millones de personas): 2 908 GW.h/año.

Agroindustriales:

- Bagazo de caña: 4 700 GW.h/año.
- Cáscara de arroz: 710 GW.h/año.
- Residuos de aserraderos: 372 GW.h/año.

2.6.4.5 Geotermia

En la actualidad no se han ejecutado proyectos con este tipo de energía. Existen estudios sobre el potencial y las probables áreas de desarrollo. Se prevé que el campo de aplicación será para producción de electricidad y generación de calor.

Perú forma parte del Círculo de Fuego del Pacífico, zona donde proliferan los movimientos sísmicos, al igual que una elevada concentración de flujo y fenómenos tectónicos abundantes. Es por ello que las fuentes termales con temperaturas entre 40 a 90 °C, están ubicadas principalmente en la Cordillera Occidental de los Andes y en el Altiplano Sur. Según OLADE, existen 156 zonas Geotérmica identificadas en Perú; además, se han reconocido 200 vertientes de agua caliente, así como numerosas fumarolas con temperaturas cercanas a 100 °C [AGUINAGA J, 2006]. Se han identificado seis regiones donde podría aprovecharse la energía geotérmica [MEM 2002] y que, según la Figura 2.28c, se han definido de la siguiente manera:

- Región I Cajamarca (en el departamento del mismo nombre).
- Región II Huaraz (en Ancash y La Libertad).
- Región III Churín (en Lima, Pasco y Huánuco).
- Región IV Central (en Huánuco, Huancavelica y Ayacucho).
- Región V Cadena de conos volcánicos (en Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Moquegua y Tacna).
- Región VI Puno y Cusco (en los departamentos del mismo nombre).

El potencial geotérmico estimado está entre los 1000 y los 2990 MWe [BATTOCLETTI, L. 1999]

CAPÍTULO 3. EL SECTOR DEL TRANSPORTE EN EL PERÚ

3.1 ORGANIZACIÓN

El organismo que dirige al sector es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En la Figura 3.1 se presenta el organigrama del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En él se aprecia que el sector está conformado por cinco Direcciones Generales [MTC 2009].

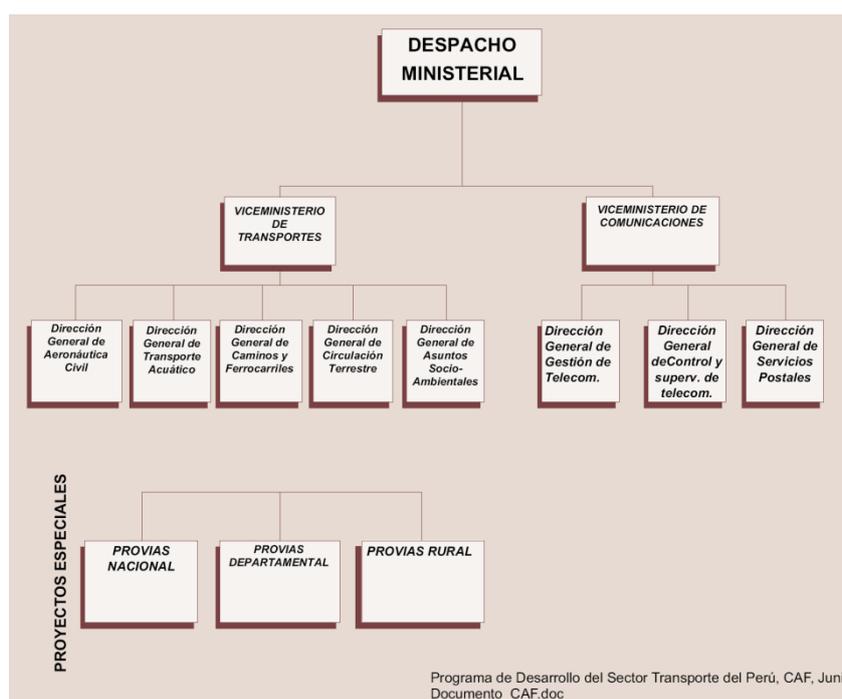


Figura 3.1. Organigrama Ministerio Transportes y Comunicaciones. Fuente: MTC

La Dirección General de Aeronáutica Civil, encargada de promocionar, planificar y asegurar un servicio eficiente y fiable de transporte y de navegación aérea dentro del territorio peruano, autoriza y supervisa las operaciones de las aeronaves en el espacio aéreo asegurando el cumplimiento de las normas de seguridad vigentes.

La Dirección General de Transporte Acuático controla las actividades de transporte acuático multimodal, supervisando y evaluando su ejecución; tiene responsabilidad en la supervisión de la construcción, así como en la mejora, ampliación, rehabilitación y conservación de los puertos comprendidos dentro de la Red Portuaria Nacional, a la que le proporciona la normativa correspondiente.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es responsable de la regulación y legislación sobre el uso y el desarrollo de carreteras, puentes y ferrocarriles

La Dirección General de Circulación Terrestre se encarga de la legislación, concesión de licencias, supervisión e impuestos para el transporte y tránsito terrestre de personas y mercancías.

La Dirección General de Asuntos Sociales y Ambientales tiene por objeto garantizar el cumplimiento de las normas de protección del medio ambiente y la correcta utilización de los recursos.

3.2 MARCO LEGAL

El sector tiene su marco legal en la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, Ley Nº 27181 del 7 de octubre de 1999.

3.3 INFRAESTRUCTURA

La Red Vial de Perú es el principal medio de comunicación para el transporte de mercancías y pasajeros. Su desarrollo, promoción y supervisión, así como la autorización de operaciones en la red y su fiscalización, están a cargo de diversas oficinas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Con la finalidad de dar impulso a la promoción y participación de la inversión privada, el MTC ha potenciado el programa de concesiones de infraestructura de transportes. Este programa tiene como objetivo otorgar al sector privado la ejecución (construcción, mejora y/o rehabilitación) de obras de infraestructura de transporte público y la explotación de dicha infraestructura por un periodo de tiempo determinado.

La red vial nacional³² está formada por carreteras longitudinales, de penetración y de enlace (Figura 3.2). La vía principal es la carretera Panamericana, que va desde el departamento de Tumbes al de Tacna. Tiene dos tramos principales; el primero, “Panamericana Norte”, de 1270 km, integra los departamentos comprendidos entre Tumbes – Lima; el segundo, que une Lima con las ciudades que están al sur, se denomina “Panamericana Sur” y tiene 1293 km de longitud. La carretera Central, otra de las vías principales, se inicia en la zona urbana de Lima y llega en un solo tramo hasta la ciudad de La Oroya (Junín), y a partir de ella se divide en tres ramales. El primero se dirige hacia el sur, pasando por la ciudad de Huancayo, continúa hasta la ciudad de Huancavelica (Huancavelica) y culmina en Ayacucho. El segundo, en dirección este, tiene como destino la ciudad de Tarma, y desde ella conecta con las provincias amazónicas de los departamentos de Junín y Pasco. El tercer ramal, con dirección norte, va a la ciudad de Cerro de Pasco y a la de Huánuco, luego sigue en la dirección este hasta Tingo María; en esta última localidad se divide en dos vías: una en dirección este, que llega a Pucallpa (Ucayali), y otra en dirección norte hasta la ciudad de Tocache (San Martín).

³² Según la DGCT – MTC, Perú, 2007



Figura 3.2 Mapa de Carreteras. Fuente DGCT – MTC, 2007

La red vial está constituida por 17 100 Km. de carreteras, de los cuales el 49,5% están asfaltadas, el 37,5% afirmadas, el 11,1% sin afirmar, y el 1,9% son del tipo trocha. La Tabla 3.1 presenta la estructura del estado de las carreteras [COMISIÓN DE TRANSPORTE 2002].

Tabla 3.1 Estructura del Estado de Carreteras

Tipo de Superficie	Extensión Total		Buen Estado		Estado Regular		Mal estado	
	(Km)	(%)	(Km)	(%)	(Km)	(%)	(Km)	(%)
Asfaltado	8477,0	49,6	3051,0	36,0	4238,0	50,0	1186,0	14,0
Afirmado	6412,0	37,5	846,0	13,2	2360,0	36,8	3206,0	50,0
Sin Afiramar	1886,0	11,0	40,0	2,1	232,0	12,3	1614,0	85,6
Trocha	326,0	1,9		0,0	48,0	14,7	278,0	85,3
Total	17101,0	100,0	3937,0	23,0	6878,0	40,2	6284,0	36,7

Fuente: DGT – MTC. Año 2007.

3.4 PARQUE AUTOMOTOR

En el año 2012, el parque automotor estaba compuesto por 2137837 vehículos. Respecto a 2004, el número de unidades aumentó en el 57%, lo que significó una tasa promedio anual de crecimiento del 6.34%. En relación al total registrado en 2011, el incremento fue del 7.98%.

La Tabla 3.2 muestra el registro de vehículos, por departamentos, en el período 2004 – 2012; se aprecia que la ciudad de Lima, capital del país, concentra el 65% del total nacional; además, se verifica que las ciudades del interior del país que tienen una participación significativa son: La Libertad (7,83%), Arequipa (6,3%), Junín (2,63%), Lambayeque (2,52%), Cuzco (2,50%), Piura (2%) y Tacna (2%).

Tabla 3.2. Parque Automotor (Por departamentos)

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total	1 361 403	1 440 017	1 473 530	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837
Amazonas	1 975	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400
Áncash	19 293	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418
Apurímac	3 730	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039
Arequipa	78 858	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106 521	118 985	134 533
Ayacucho	3 882	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941
Cajamarca	8 882	9 501	10 256	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673
Cusco	35 342	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675
Huancavelica	1 043	1 061	1 080	1 103	1 216	1 291	1 319	1 317	1 323
Huánuco	10 968	10 886	10 836	10 892	11 255	11 382	11 864	12 576	13 476
Ica	22 692	22 753	22 834	23 170	25 498	25 691	26 135	26 419	26 551
Junín	43 468	43 648	44 454	46 091	47 769	49 404	51 094	53 118	56 237
La Libertad	97 590	153 777	152 847	153 251	155 411	156 646	158 672	162 026	167 325
Lambayeque	37 967	38 263	38 744	39 930	41 920	43 689	45 881	49 440	53 902
Lima 1/	866 881	885 636	912 763	957 368	1 036 850	1 106 444	1 195 353	1 287 454	1 395 576
Loreto	5 336	5 286	5 215	5 154	5 132	5 089	5 089	5 211	5 313
Madre de Dios	823	819	827	870	913	941	986	1 027	1 062
Moquegua	9 417	9 622	10 394	11 418	12 202	12 692	13 348	14 003	14 608
Pasco	4 772	5 232	5 514	6 075	6 807	7 187	7 351	7 292	7 238
Piura	31 731	31 734	31 828	32 314	33 497	34 650	36 367	39 099	42 404
Puno	25 642	25 874	26 452	28 062	29 889	31 645	34 169	37 074	40 543
San Martín	10 277	10 156	10 033	9 969	9 917	9 977	10 151	10 418	10 926
Tacna	30 549	31 119	32 011	33 944	35 911	38 457	40 465	42 318	44 430
Tumbes	2 958	3 009	3 025	3 042	3 040	3 054	3 086	3 119	3 257
Ucayali	7 327	7 255	7 212	7 383	7 441	7 441	7 481	7 679	7 987

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) – Año 2012.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, entre 1990 y 2004 el crecimiento del parque automotor del Perú tuvo una tasa promedio anual de 7.7%; y entre el año 2004 y 2012 fue del 6,6%. El bajo nivel de renovación del parque automotor, durante la década de los 80, se debió a que el gobierno suspendió la importación de automóviles por lo que la oferta se redujo a las tres marcas (Nissan, Toyota y Volkswagen) que tenían plantas de montaje en el país. El notorio incremento en la renovación del parque, a inicios de los 90, se debió a las medidas adoptadas por el gobierno respecto a la importación³³ de vehículos (nuevos y usados); además, la competencia entre marcas y la oferta de financiación vehicular contribuyeron a la

³³ El 18 de diciembre de 2008, el Poder Ejecutivo promulgó la Ley N° 29303, que establece el 31 de diciembre de 2010 como fecha final para la reparación y el reacondicionamiento de autos usados importados

adquisición de autos nuevos; entre 1990 y 2002, las ventas se incrementaron en un 106% y desde el 2002 hasta el 2012 en un 71%

Los vehículos que más abundan en el país son el tipo automóvil (47%), el modelo Station Wagon (17%), la camioneta pickup (11 %) y la camioneta rural (10%). La Figura 3.3 representa la estructura del parque automotor según el tipo de vehículo. El Plan Referencial de Hidrocarburos 2007 – 2016 del MEM, señala que de los 1 379 671 vehículos existentes en 2006, 885 700 (64%) utilizaban gasolina y el resto diésel.

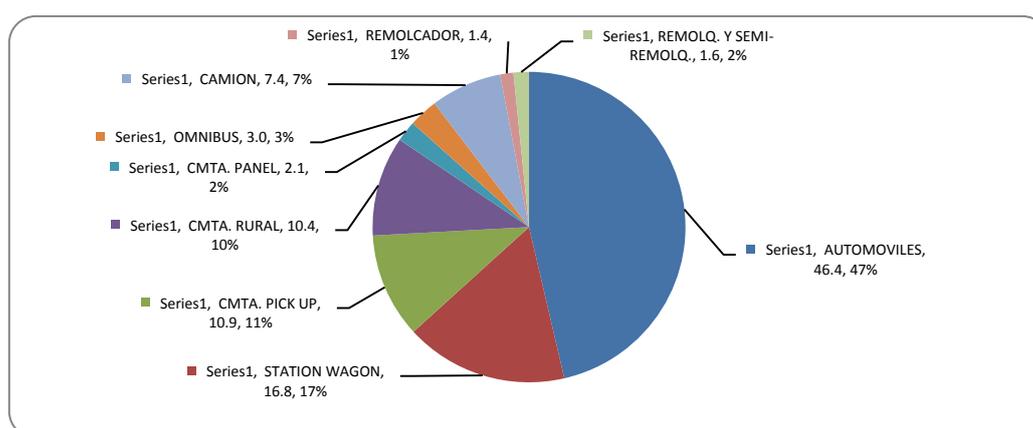


Figura 3.3 Estructura del Parque Automotor, según tipo de vehículo, año 2008

En el informe sobre la situación del Sector Transporte en Perú, dado por la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Trabajo y Promoción del Empleo, se indica que la antigüedad promedio del parque privado es 15,5 años y la del transporte público de 22,5 años; además, la Asociación Automotriz de Perú (AAP) y la Asociación de Representantes Automotrices de Perú (Araper), han evaluado en 17 años la antigüedad promedio del parque automotor del país. Estos valores se ubican muy por encima de la antigüedad promedio vehicular de América Latina estimada en 10 años³⁴.

Tal como se indicó anteriormente, una de las características del parque automotor es la importación de vehículos (Figura 3.4). Hasta el año 2005 prevaleció la importación de vehículos usados debido a las facilidades otorgados por el gobierno a inicios de los 90. El Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT) atribuye a la libre importación la causa principal de los siguientes problemas: elevada contaminación ambiental y sus impactos sobre la salud y vida de la población; aumento de la gravedad de los accidentes de tráfico; profundas distorsiones en el mercado del transporte público de pasajeros y de carga, que impedían su renovación y deterioraban la seguridad y calidad del servicio; comportamiento tributario inadecuado; comportamiento caótico en el tránsito vehicular; pérdida de competitividad de las empresas por el incremento de tiempo de viajes y la mala calidad de los

³⁴ Informe Riesgo de Mercado: Automotriz 2005, MAXIMIXE CONSULT.

servicios; y también el impacto negativo del transporte en los estratos más pobres del país, el cual comporta, asimismo, una menor calidad de vida respecto a la del resto de los ciudadanos[CIDATT 2005].

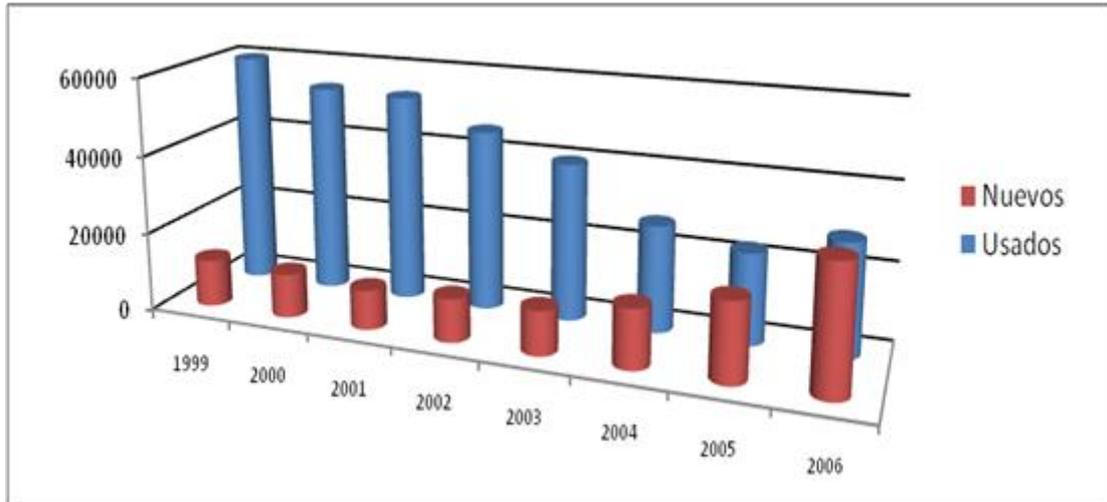


Figura 3.4. Tendencia de Importación de vehículos en Perú. Fuente: MTC, ARAPER, 2008

3.5 CONSUMO DE ENERGÍA

En el año 2012, el sector del transporte consumió 285591 TJ, un 40% del total nacional, y experimentó un crecimiento del 5% respecto al año anterior. Se destaca la participación del diésel B5 en el transporte por carretera, el incremento en el consumo del petróleo industrial para flotas navieras y la consolidación del gas natural, que ese año reportó un incremento del 37% con respecto al 2011.

En la Figura 3.5 se aprecia la evolución de la participación de las fuentes de energía en el consumo del sector transporte en el período 1990 – 2012. Lo más característico es el uso del gas natural, el del GLP y la incorporación del gasohol y del diésel B5.

En el período 1990 – 2008, los combustibles de mayor consumo fueron el diésel y la gasolina, la demanda del turbo y la del Petróleo Industrial fue cada vez menor. El GLP y el Gas Natural lideraron un interés creciente como combustibles alternativos. En 2007 el diésel y la gasolina consumieron el 68% y el 21.2%, respectivamente, del total de la demanda del transporte.

El diésel, además de en el transporte, se utiliza en la industria y en la generación de energía eléctrica. Las causas principales de los incrementos en su demanda fueron el aumento del parque automotor, la reactivación económica del país que dio lugar a un crecimiento del

transporte de carga y pasajeros, así como la preferencia de los usuarios particulares en la adquisición de turismos alimentados con este combustible.

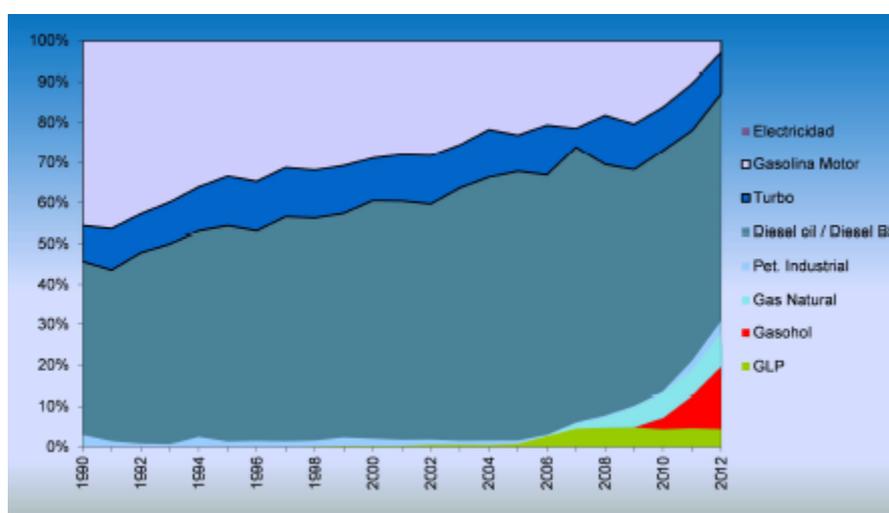


Figura 3.5. Evolución del consumo de energía en el sector del Transporte, 2012.

Fuente: MEM, 2013

Hasta el 2004, el GLP fue importado, pero con la puesta en operación del proyecto Camisea se logró revertir esta situación. El principal consumidor del GLP es el sector residencial comercial; sin embargo, su participación en el transporte es cada vez mayor. La mayoría de los vehículos usados para el servicio de taxi³⁵ son importados de Japón³⁶ y se caracterizan por funcionar a gasolina. El gobierno, con la finalidad de incentivar el uso del GLP, otorgó desde el 2005 una serie de beneficios comerciales que motivaron que un número creciente de propietarios de estos vehículos adecuaran los motores de sus coches para el uso de este combustible. La Figura 3.6 representa el elevado incremento de vehículos, fabricados originalmente para funcionar a gasolina, cuyos propietarios decidieron convertirlos para que operaran con GLP; así, entre diciembre del 2005 y diciembre del 2008, el número de vehículos se incrementó en 57260. Tal como se muestra en la Figura 3.7, la conversión de motores de gasolina a GLP dio lugar a la apertura de 138 talleres y al aumento de estaciones de servicios para la venta de estos combustibles, que pasó de 2 estaciones, en 2005, a 57 en 2008.

³⁵ Uno de los mayores problemas de Perú es el transporte urbano de pasajeros. Se estima que en Lima existen 210000 taxis, cifra muy por encima de los valores existentes en otras ciudades del mundo. [MARCO TULLIO GUTIERREZ, Instituto Peruano de Administración Municipal]

³⁶ La empresa FIAT, en 2009, tenía previsto introducir en el mercado vehículos a GNV dotados de equipamiento en fábrica con elementos de quinta generación. Entrevista realizada por el diario El Comercio a Carlos Eugenio Fonseca Dutra, Responsable de la Dirección de Exportación y de Planificación y Estrategia de Productos de Fiat Automóveis. Acceso: <http://elcomercio.pe/impresa/notas/flat-vendera-autos-taxi-gnv/20090318/260622> Acceso: Noviembre 2010.

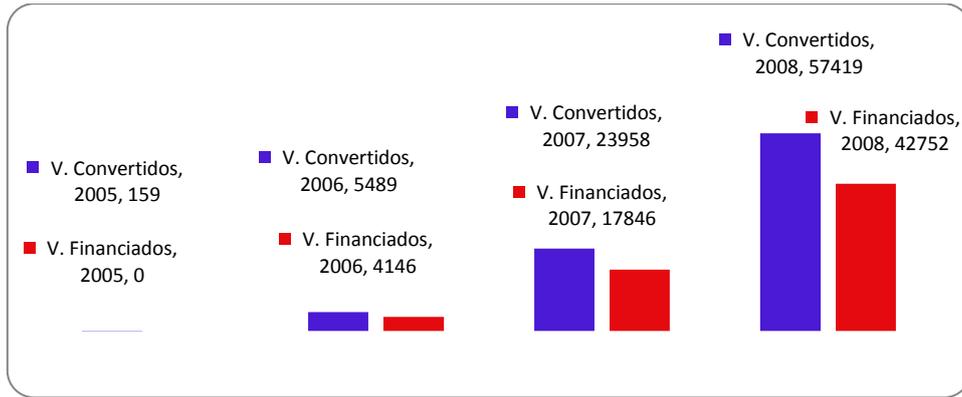


Figura 3.6. Evolución de la Conversión de vehículos para operar con GLP.
Fuente Asociación Peruana de GLP - 2009

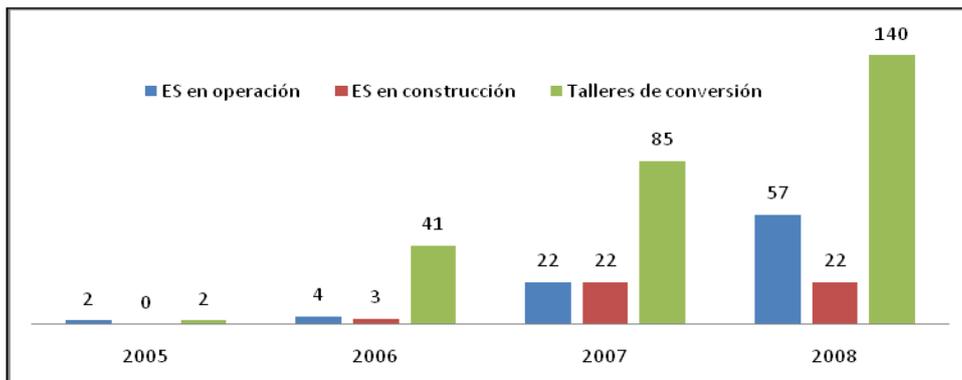


Figura 3.7. Evolución del número de Estaciones de Servicio y de Talleres de Conversión de Vehículos a GLP. Fuente Asociación Peruana de GLP.2009

El consumo de gasolina experimentó una leve disminución en el período 1996 – 1999 (Figura 3.8), que se incrementó hasta una tasa anual del 3,3%, entre 1999 y 2004, debido a que los usuarios optaron por el diésel y el GLP. En 2005 disminuyó un 8,3% por la inestabilidad en su precio y la mejor oferta económica del GLP.

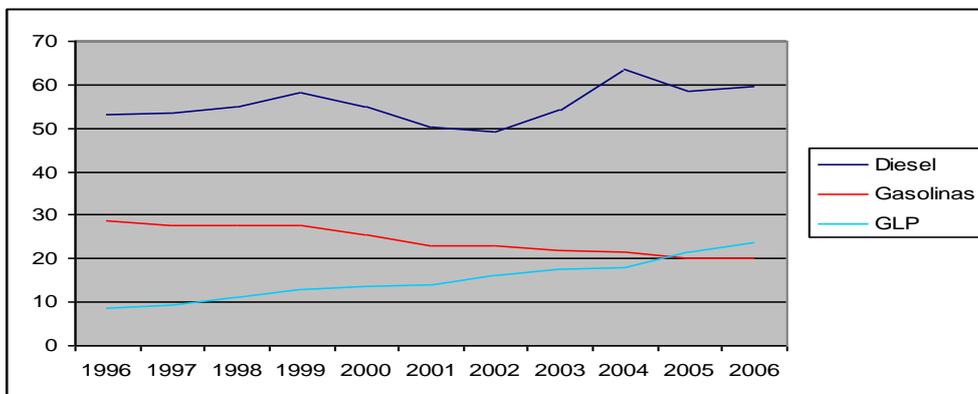


Figura 3.8. Evolución del Consumo de Combustibles. Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2007.

En Perú, se consumen 4 tipos de gasolinas. La de 84 octanos (con plomo) cubre el mayor porcentaje del mercado debido a su menor costo y adaptación al parque automotor; en el año 2006 significó 55% del total. El contenido de plomo de esta gasolina planteó su progresiva retirada del mercado³⁷. Entre los años 1990 y 2000 experimentó una disminución por la penetración en el mercado de la gasolina de 90 octanos, tendencia que se acentuó en los últimos años y alcanzó el 6,4 % en el período 1995-2000. La comercialización de la gasolina de 90 octanos, caracterizada por la ausencia de plomo, se produjo en el año 1992; su participación en 2006 como combustible en el sector del automóvil fue del 34% y en el período 1995-2000 experimentó un 18% de crecimiento promedio anual. Las Gasolinas de 95 y 97 octanos, ambas sin plomo, tuvieron su propio sector del mercado, constituido mayoritariamente por usuarios de altos ingresos, debido a las exigencias de ciertos tipos de vehículos. En 2006, la participación de las gasolinas en la estructura de la demanda interna de los combustibles derivados de los hidrocarburos, tal como se muestra en la Figura 3.9, fue del 12%.

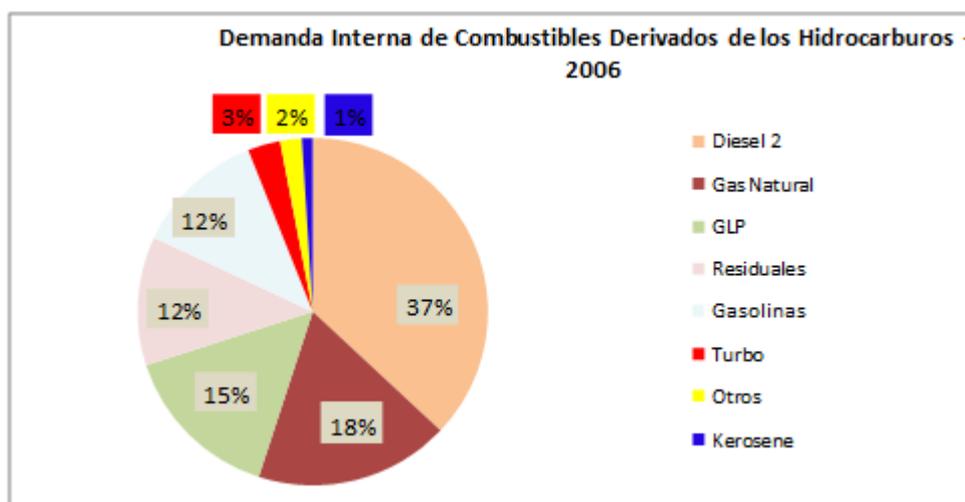


Figura 3.9. Demanda Interna de Combustibles 2006. Fuente: Balance Nacional de Energía – MEM, año 2007

³⁷ Mediante el D.S. 019-98-MTC, del 27 de junio de 2003, se estableció que el contenido de plomo en la gasolina 84 RON debía ser reducido de 0,84 a 0,14 gramos por litro al 1 julio de 2003 y retirada la totalidad del plomo en dicho combustible al 31 de diciembre del 2004, objetivo que no se cumplió.

CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO DEL BIOETANOL

4.1 BIOMASA - CLASIFICACIÓN

Es el conjunto de materia orgánica de origen vegetal y animal producida por vía directa o indirecta.

Toda sustancia orgánica, para ser considerada como biomasa, debe ser generada de manera sostenible, lo que implica que ha de utilizarse por debajo de la tasa de renovación (cantidad producida por unidad de tiempo); no incluye, por tanto, a productos como los combustibles fósiles, ya que se usan muy por encima de su tasa de renovación (tardan millones de años en formarse) [CIRCE, 2006] ; por ello se puede afirmar que la biomasa, en su sentido más amplio, hace referencia a cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en un proceso biológico.

Al englobar un amplio número de sustancias o recursos diferentes, se puede clasificar atendiendo a la ecología, origen y características del recurso, y a la composición.

Según la Ecología

Se distinguen la Biomasa Primaria, la secundaria y la terciaria.

Según el origen y características del recurso.

El esquema de la Figura 4.1 brinda la clasificación de biomasa según su origen y la Figura 4.2 muestra una visión general del recurso biomásico. Según su origen y características, la biomasa se clasifica en: natural (sin intervención humana), vegetal (residual y excedentes agrícolas) y cultivos energéticos.

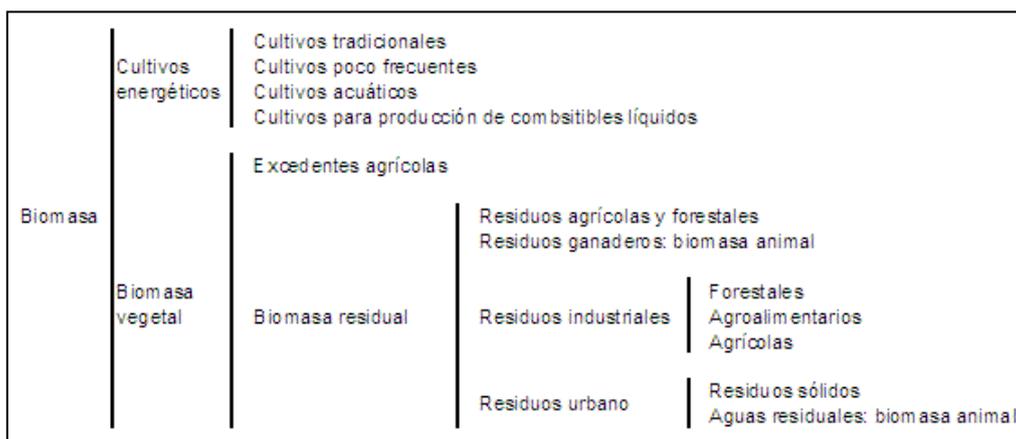


Figura 4.1. Clasificación de la Biomasa según su origen. Fuente: CASTRO, M.; SANCHEZ, C. 1997.

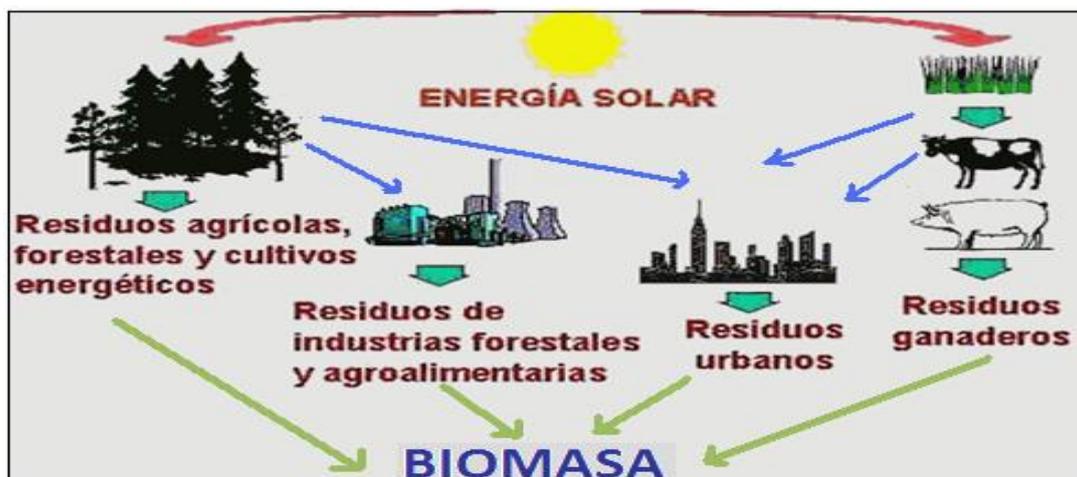


Figura 4.2 Representación de las fuentes de la Biomasa. (<http://energiavelilla.wikispaces.com/Biomasa+y+RSU>) Acceso, noviembre de 2010

Biocarburantes

Según la Orden ITC/2877/2008, los biocarburantes son los combustibles líquidos o gaseosos para el transporte producidos a partir de la biomasa³⁸.

Clasificación de la biomasa según la Composición.

Los componentes principales de la biomasa (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) se encuentran en una proporción variable según la naturaleza de dicha biomasa. En los vegetales, la mayor parte de la materia orgánica está constituida por hidratos de carbono (principalmente en forma de compuestos lignocelulósicos o amiláceos) y, en menor proporción, por lípidos y compuestos nitrogenados (fundamentalmente proteínas) [PANIAGUA SOLAR, 2013]. En la biomasa animal la proporción de proteínas, lípidos e hidratos de carbono es diferente a la de los vegetales; en ella se observa una disminución en hidratos de carbono y un incremento en el contenido proteico y de lípidos.

Según el compuesto o grupo de compuestos predominantes en la biomasa vegetal, ésta recibe diversos calificativos. Debido a que los hidratos de carbono son los compuestos más abundantes, la designación del tipo de biomasa se realiza principalmente atendiendo a la forma en que éstos se encuentran.

Biomasa Lignocelulósica, Biomasa Amilácea, Biomasa Azucarada (Oligosacárida), Biomasa Oleaginosa.

³⁸ X Curso de Regulación Energética CNE/ARIAE, Los biocombustibles para el transporte. Raúl Yunta Huete Director de Hidrocarburos y de la Comisión Nacional de Energía (España) Montevideo, 1 de noviembre de 2012. [http://www.ariae.org/download/cursos/xcursoariae2012/ponencias/R.%20YUNTA Biocombustibles%20para%20el %20transporte.pdf](http://www.ariae.org/download/cursos/xcursoariae2012/ponencias/R.%20YUNTA%20Biocombustibles%20para%20el%20transporte.pdf). Acceso, febrero de 2013.

4.2 LA FOTOSÍNTESIS.

El proceso fotosintético es muy complejo y ocurre en los cloroplastos, que son unos orgánulos localizados en el interior de las células de las hojas y partes verdes de los vegetales [DE JUANA, J.M – SANTOS, 2005. P 195].

Los ciclos fotosintéticos de mayor interés son el ciclo de Calvin, o ciclo C3, y el ciclo Hatch-Lack, o ciclo C4, en el que la molécula del primer producto estable producido presenta, respectivamente, tres carbonos (ácido fosfoglicérico) o cuatro carbonos (productos como oxalacetato, malato y aspartato) [HALL, D. O. & RAO, 1999]. Mientras la mayoría de las plantas conocidas utiliza el ciclo C3, en algunas gramíneas tropicales, como caña de azúcar, cebada y sorgo, se identificó el ciclo C4. Tal distinción es importante para desarrollar sistemas bioenergéticos, por la gran diferencia de productividad entre ambos ciclos; el más productivo es el C4, que presenta una elevada tasa fotosintética de saturación (absorbe más energía solar), ausencia de pérdidas por foto-respiración, alta eficiencia en la utilización del agua, mayor tolerancia salina y bajo punto de compensación para el CO₂, es decir, que responde mejor bajo menores concentraciones de este gas. En resumen, se puede afirmar que los vegetales con ciclo C4 son los más aptos para la producción bioenergética. La Tabla 4.1 presenta la comparación de algunos parámetros de interés para estos dos ciclos fotosintéticos [JANSSENS, M. J. J, 2007].

Tabla 4.1 Características Principales de los Ciclos Fotosintéticos

Característica	Especies C3	Especies C4
Razón de transpiración (kg de agua evaporada por kg sintetizado)	350 – 1000	150 – 300
Temperatura óptima para fotosíntesis (°C)	15 a 25	25 a 35
Lugar de la fotosíntesis	Toda la hoja	Parte externa de la hoja
Respuesta a la luz	Saturada para radiaciones medias	No saturada bajo radiaciones elevadas
Productividad anual media (t/ha)	~ 40	60 a 80
Aptitud climática	Templado a tropical	Tropical
Ejemplos	Arroz, trigo, soya, todas las fructíferas, oleaginosas y la mayoría de los vegetales conocidos	Maíz, caña de azúcar, sorgo y otras gramíneas tropicales

Fuente: Janssens, 2007. Referencia: Bioetanol de Caña de Azúcar. Energía para el Desarrollo Sostenible, BNDES, CGEE. Río de Janeiro, Brasil, 2008.

4.3 BIOENERGÍA

La bioenergía es la energía química disponible en alimentos y combustibles, y se usa en los procesos vitales de personas y animales, así como para el accionamiento de vehículos y en otras aplicaciones. Se puede definir como cualquier forma de energía asociada o acumulada mediante procesos fotosintéticos recientes [MACHADO, M.M. CRISTINA, 2010]. En general, la biomasa hace referencia a los recursos naturales que poseen bioenergía y que se pueden procesar para obtener formas bioenergéticas más elaboradas y adecuadas para el uso final. Algunos ejemplos de fuentes de bioenergía son el bagazo de caña, la leña y los residuos de aserraderos o de la industria maderera, el carbón vegetal, el biogás resultante de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos y otros residuos agropecuarios, así como los biocombustibles líquidos, como el bioetanol y el biodiésel.

La bioenergía fue la principal y, en algunas situaciones, la única energía utilizada por la humanidad en el pasado. Desde las primitivas hogueras, hace más de 500 mil años, la biomasa leñosa fue la fuente energética por excelencia ya que atendía las necesidades domésticas para cocción y calefacción, además de proporcionar primitivos sistemas de iluminación. Posteriormente y durante milenios, la producción cerámica y metalúrgica pasó a representar una demanda importante de bioenergía, consumida en hornos y forjas. El agotamiento (Siglo XVIII) de las reservas de leña disponibles en gran parte de Europa Occidental, principalmente en Inglaterra, fue el factor determinante para comenzar la explotación del carbón mineral.

El Presidente del Banco Mundial, Paul Wolfowitz, señaló: *“La Bioenergía es una oportunidad para agregar un suministro energético al mundo para satisfacer la enorme y creciente demanda y ojalá para mitigar algunos de los efectos sobre el precio. Es una oportunidad de hacerlo de manera amigable para el medio ambiente y de una manera neutral en carbono. Es una oportunidad para hacerlo de modo que los países en desarrollo como Brasil puedan proporcionar ingresos y trabajo a sus ciudadanos”* [ONU, 2007].

4.4 BIOCOMBUSTIBLES

Se define así a todo combustible derivado de la biomasa, y el concepto de ésta abarca toda la materia orgánica disponible en forma renovable, como residuos forestales y de aserradero, cosechas y residuos agrícolas, madera y residuos de madera, desechos animales, residuos de actividades ganaderas, plantas acuáticas, árboles y plantas de crecimiento rápido, y el componente orgánico de los desechos municipales y residuos industriales adecuados [ZARRILLI, S. 2006].

Según el tipo de materia prima, los biocombustibles se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. El IDAE considera a los biocarburantes como combustibles líquidos de origen biológico que, por sus características físicoquímicas, resultan adecuados para sustituir el gasóleo ya sea de manera total, en mezcla o como aditivo. Estos productos se obtienen mayoritariamente a partir de materia vegetal [IDAE, 2006].

En el contexto bioenergético, los biocombustibles líquidos sirven para atender particularmente las necesidades del transporte automotor; se pueden utilizar de manera eficiente en motores de combustión interna de los vehículos de automoción y se clasifican básicamente en dos tipos, dependiendo de la manera cómo se inicia la combustión. Motores del ciclo Otto, con encendido por chispa, cuyo funcionamiento es a gasolina y para los cuales el biocombustible más recomendado es el bioetanol, y motores del ciclo Diésel donde la ignición se logra por compresión y que utilizan el biodiésel. En ambos casos, los biocombustibles pueden ser usados puros o mezclados con combustibles convencionales derivados de petróleo. En los primeros años de la industria automotriz, durante la segunda mitad del siglo XIX, los biocombustibles representaban la principal fuente de energía para los motores de combustión interna; Henry Ford utilizó bioetanol y Rudolf Diésel aceite de maní. Estos dos productos se reemplazaron por la gasolina y el diésel, respectivamente, a medida que los combustibles derivados de petróleo pasaron a ser abundantes y baratos [B615b, 2008. P25].

4.5 ETANOL

El etanol es un alcohol líquido que en condiciones ambientales y, al igual que la gasolina o el diésel, puede ser utilizado como combustible en los vehículos. Los alcoholes se componen de carbono, hidrógeno y uno o más hidroxilos (OH); los alcoholes ligeros son líquidos miscibles con el agua; los de peso molecular muy elevados son aceites y ceras. El etanol o alcohol etílico (CH₃-CH₂-OH) es el más común de los alcoholes y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable y soluble en agua [CONAE, 2006].

El etanol ha sido utilizado mayoritariamente como base en la producción de bebidas alcohólicas (cervezas, vinos y licores) así como en la industria química y farmacéutica; recientemente, ha cobrado importancia como combustible alternativo para automóviles.

4.5.1 Materias primas – Procesos de obtención.

El bioetanol se puede producir a partir de todo tipo de biomasa que contenga cantidades significativas de almidones o azúcares. Entre las materias primas más representativas para su obtención cabe mencionar las que se citan a continuación.

4.5.1.1 Biomasa Azucarera (Sacarosa).

Se encuentra en cultivos como la caña de azúcar, el sorgo, la remolacha y la melaza de azúcar. El proceso que utiliza estas materias para obtener el bioetanol tiene la ventaja que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables.

4.5.1.2 Biomasa Amilácea (Almidones).

Se encuentra en tubérculos y cereales; entre los tubérculos tenemos la batata (camote), la patata (papa) y la yuca; entre los cereales el maíz, el trigo, y la cebada. Debido a la complejidad molecular de los carbohidratos en los almidones, la producción de alcohol a partir de esta biomasa requiere de un proceso adicional para la obtención de azúcares más simples.

4.5.1.3 Biomasa Celulósica.

Los principales recursos se encuentran en la madera y en los residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales. Los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen un mayor potencial para la producción de bioetanol; gran parte de los materiales con alto contenido en celulosa, susceptibles de ser utilizados para estos fines, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Los residuos agrícolas proceden de cultivos leñosos, herbáceos y de cereales. Por su parte, los residuos de origen forestal proceden de los tratamientos silvícola y de mejora o mantenimiento de los montes y masas forestales. También pueden utilizarse residuos generados en algunas industrias como la del papel, la hortofrutícola o la fracción orgánica de residuos sólidos industriales. Muchos de estos residuos no sólo tienen valor económico en el contexto donde se generan sino que pueden ser causa de problemas ambientales durante su eliminación. La forma compleja de la estructura molecular hace difícil la conversión de sus carbohidratos en azúcares, por lo que se necesita de alta tecnología para el proceso lo que encarece los costos de producción.

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares, estos residuos hay que tratarlos con ácidos o enzimas. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o por ácidos para obtener sacarosa. Los principales métodos para generar estos azúcares son tres: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática. Las vías tecnológicas para la producción y obtención de bioetanol, a partir de las materias primas citadas anteriormente, que todavía están en fase de desarrollo, se indican en la figura 4.3.

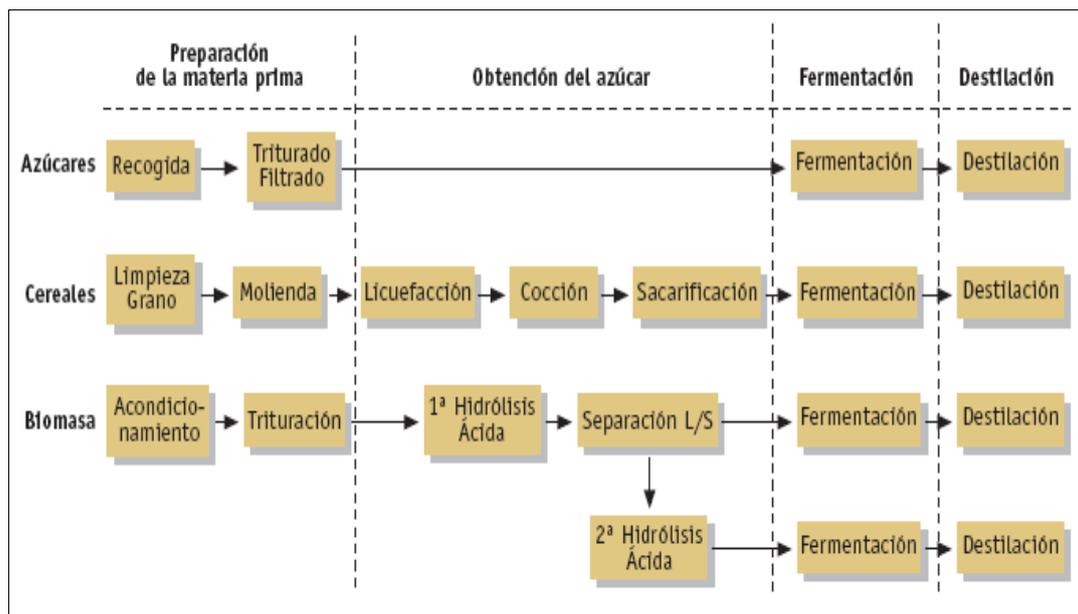


Figura 4.3. Vías Tecnológicas para la obtención de etanol, según materia prima. Fuente: ABENGOA, 2007.

En la actualidad, predomina la producción de bioetanol a partir de materiales amiláceos como el maíz, el trigo y otros cereales y granos; en estos casos, la tecnología de conversión comienza generalmente con la selección, limpieza y molienda del grano. La molienda puede ser húmeda, cuando el grano está embebido y fraccionado antes de la conversión del almidón en azúcar, o seca cuando se realiza durante el proceso de conversión; en ambos casos, el almidón se convierte en azúcar mediante un proceso enzimático a elevadas temperaturas; los azúcares liberados son fermentados con levaduras y el producto resultante se destila para la purificación del bioetanol. En el caso de la caña y de la remolacha, el proceso es más sencillo y se basa en la extracción de los azúcares de estas materias primas seguida de su fermentación y posterior destilación del fermentado obtenido, al igual que en el caso de la producción basada en almidón [B6156 , 2008. P 70].

En la Figura 4.4 se diferencian los índices de productividad media de bioetanol por unidad de área de cultivo de biomasa azucarera y amilácea.

Las tecnologías para la obtención de bioetanol a partir de azúcares y almidón, a diferencia de las utilizadas a partir de celulosa, que están a nivel de desarrollo y experimentación en laboratorio con importantes barreras tecnológicas y económicas, se pueden considerar maduras y disponibles.

En el caso de la caña de azúcar, por cada hectárea se considera una producción de 80 toneladas de caña y una productividad de 85 litros de bioetanol. Se estima que se utiliza aproximadamente un 30% del bagazo disponible. Además, se obtiene un promedio de 400 litros de bioetanol por tonelada de biomasa celulósica seca.

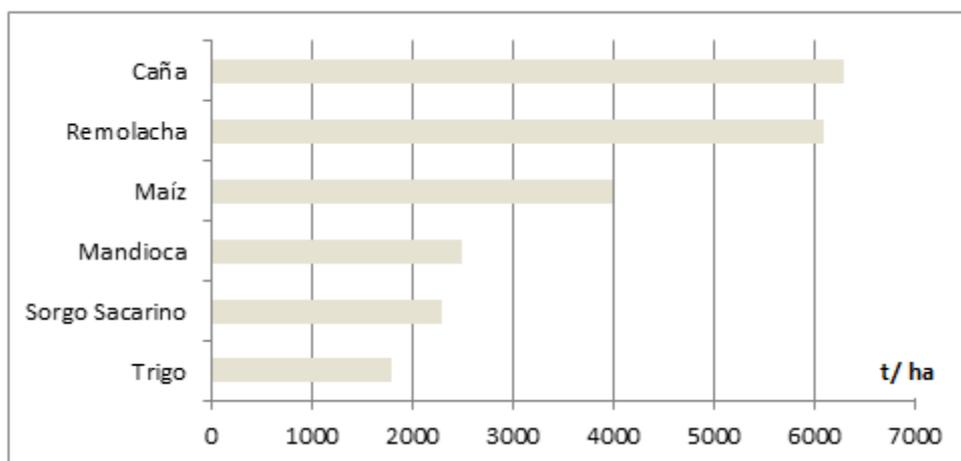


Figura 4.4 Productividad Media de Bioetanol (l/ha) según cultivos energéticos. Fuente: GPC, 2010

EEUU, a partir de maíz, y Brasil, a partir de caña, produjeron el 72% de bioetanol mundial (51 billones de litros x 10⁹) en el año 2006; en 2008, la participación de estos países fue del 89,25%. [F. O. Licht, 2009]. El gráfico de la Figura 4,5 muestra la contribución porcentual de los principales países productores de bioetanol.

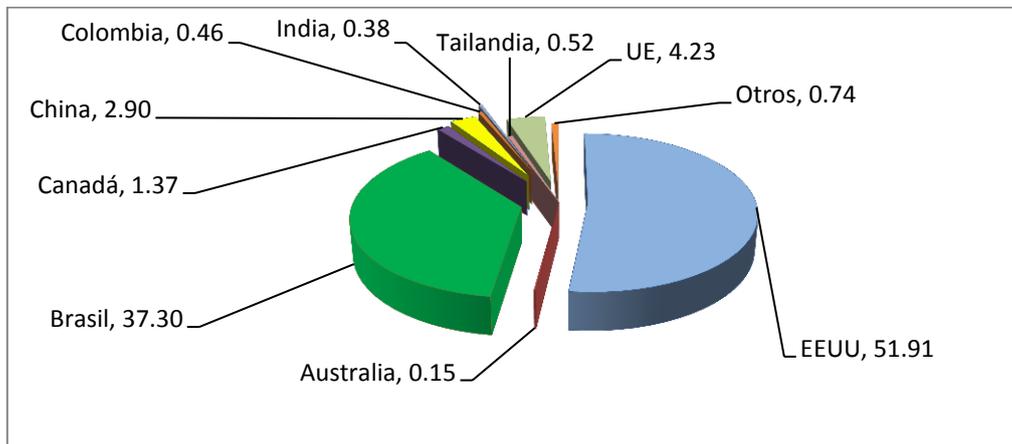


Figura 4.5. Participación Porcentual de Productores de Bioetanol 2008.

Fuente: Renewable Fuels Association, F.O. Licht 2008

4.6 CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIA PRIMA DEL BIOETANOL

Es una planta semiperenne con ciclo fotosintético de tipo C4 (Tabla 4.1). Botánicamente, pertenece a la tribu Andropogonae de la familia Gramineae, orden Glumiflorae, clase Monocotyledoneae, subdivisión Angiospermae, división Embryophita siphonogama. La subtribu es Sacharae y el género es Saccharum, (derivado del Sánscrito “sarkara: azúcar blanca”). Llegó desde la India a la región del Mediterráneo. Fue introducida en Egipto en torno al 647 D.C. y, casi un siglo más tarde, en España (755 D.C.); desde entonces, se extendió a casi todas las regiones tropicales y subtropicales. Los portugueses y los españoles la llevaron al Nuevo Mundo a comienzos del siglo XVI; se introdujo en Estados Unidos de Norteamérica (Luisiana) alrededor de 1741. Los países que la cultivan están ubicados entre la latitud 36.7 °N y 31.0 °S del Ecuador, extendiéndose desde regiones tropicales a subtropicales (Figura 4.6) [NATAFIM].

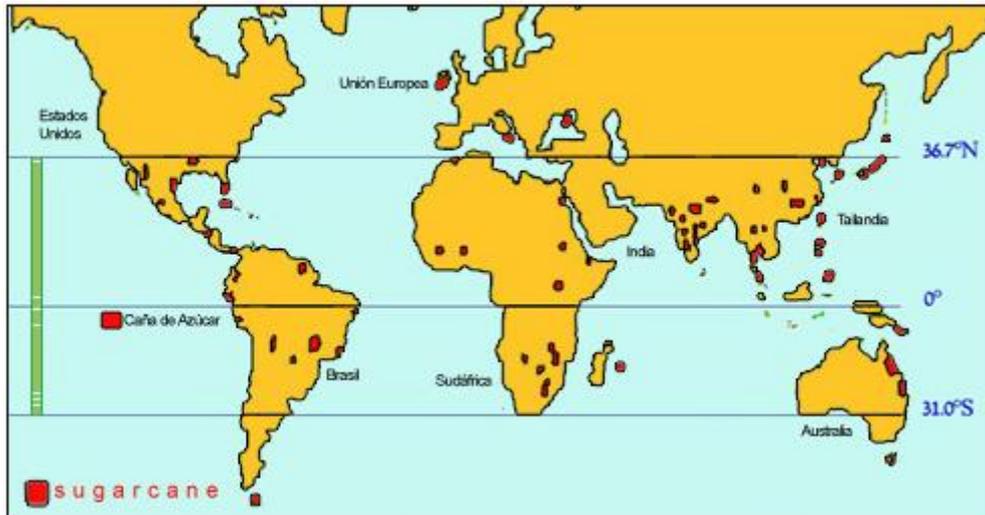


Figura 4.6. Región predominante para la siembra y cosecha de caña de azúcar.

Fuente: <http://www.sugarcane.crops.com>. Acceso, enero 2011

La caña es uno de los cultivos comerciales más importantes del mundo. Ocupa más de 25 millones de hectáreas y, en los años 2006 y 2007, la producción anual fue de unos 1.300 millones de toneladas. Brasil destaca por tener un área sembrada de aproximadamente 8.5 millones de hectáreas; en 2008, su producción representó un 42.13% del total mundial [FAOSTAT, 2010]. La Figura 4.7 muestra la participación de los principales países productores de caña en el año 2008; en ella se aprecia el predominio de Brasil e India.

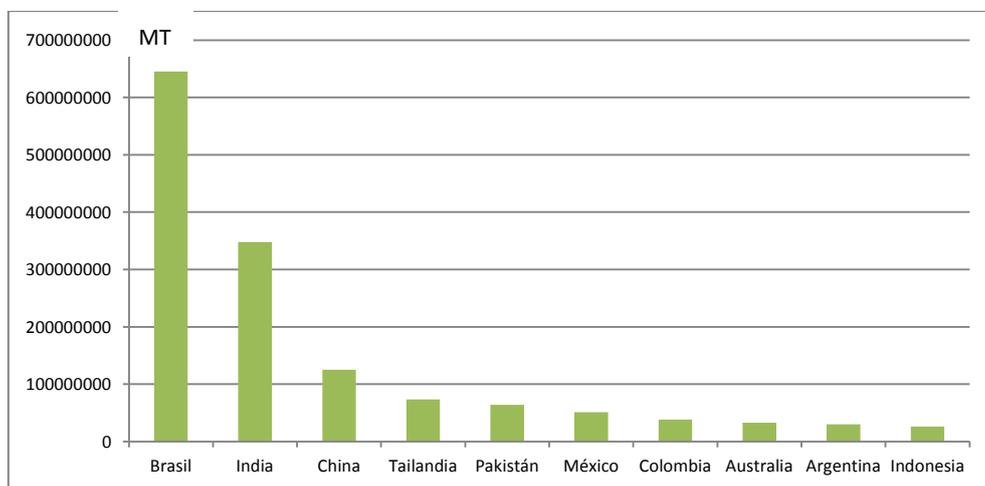


Figura 4.7. Producción de caña de azúcar, en toneladas métricas (MT), en el 2009, de los principales países productores de Azúcar. Fuente: FAOSTAT.

En la Tabla 4.2 se cita a los veinte principales productores de Caña de Azúcar en 2008; nueve de ellos pertenecen a la Comunidad Iberoamericana.

Tabla 4.2 Principales Productores caña de Azúcar, 2007

Orden	País	Producción (1000 t)	Participación %
1	Brasil	645300182	40,13
2	India	348187900	21,65
3	China	124917502	7,77
4	Tailandia	73501610	4,57
5	Pakistán	63920000	3,97
6	México	51106900	3,18
7	Colombia	38500000	2,39
8	Australia	32621113	2,03
9	Argentina	29950000	1,86
10	Indonesia	26000000	1,62
11	Guatemala	25436764	1,58
12	Filipinas	26601400	1,65
13	EEUU	25041020	1,56
14	Sudáfrica	20500000	1,27
15	Viet Nam	16128000	1,00
16	Egipto	16469947	1,02
17	Cuba	15700000	0,98
18	Venezuela	9448162	0,59
19	Perú	9395959	0,58
20	Ecuador	9341095	0,58
	TOTAL	1608067554	100

Fuente. FAO 2008

4.6.1 Morfología de la Caña de Azúcar

El tamaño, la forma y otras características físicas de la caña de azúcar; así como sus fases de cultivo dependen de la variedad, suelo, riego, fertilización y nutrición, climatología, prácticas agrícolas de siembra y cosecha y, también, de los objetivos que se buscan con este cultivo.

En el apéndice 1 se cita una descripción de la propagación, el tallo, las hojas, la inflorescencia y el sistema radicular. En la Figura 4.8, se representa la morfología de la caña de azúcar.

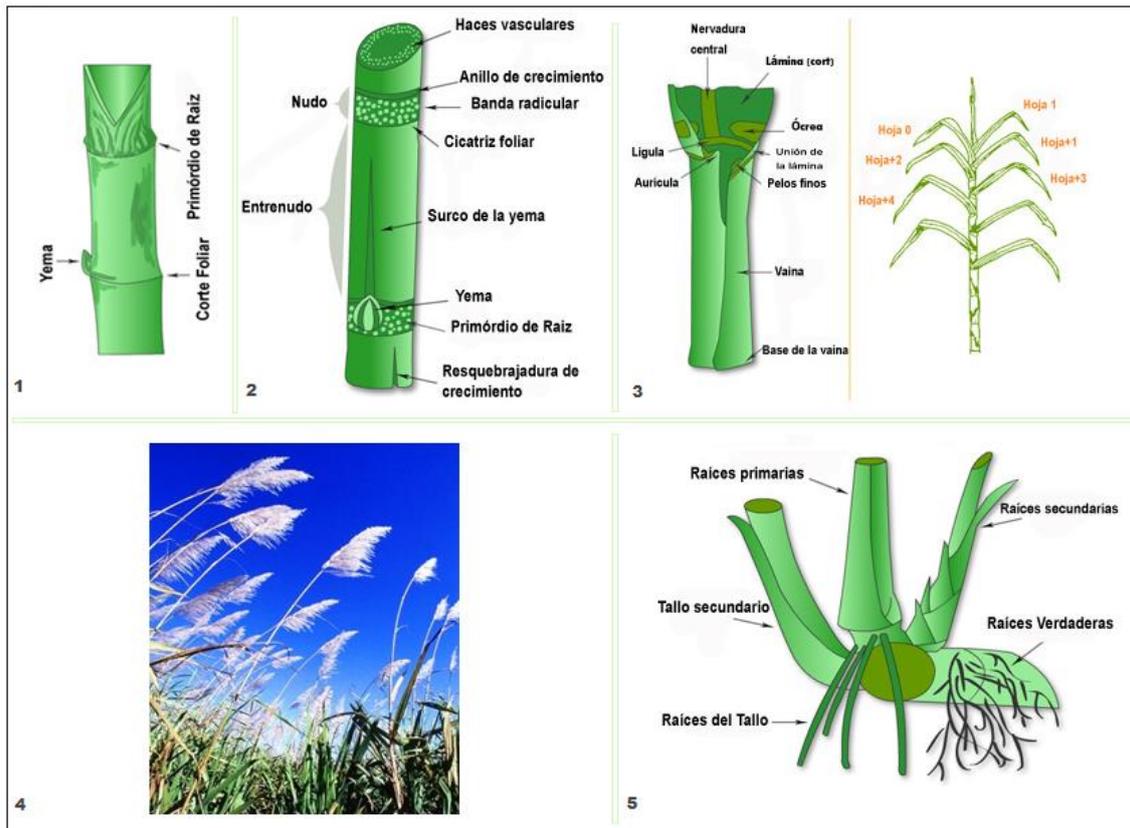


Figura 4.8. Morfología de la Caña de Azúcar. Fuente: NATAFIM, 2011.

4.6.2 Fases del Ciclo del Cultivo

La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento: germinación, ahijamiento o fase formativa, gran crecimiento y maduración. En el apéndice 2³⁹, se describe cada una de estas fases

4.6.3 Clima

La caña de azúcar se cultiva mayoritariamente en regiones cuyas latitudes están entre los 36.7° N y los 31.0° S, y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1000 m. Al ser un cultivo tropical crece en todas las estaciones, es decir, su ciclo de vida pasa por condiciones de lluvia, invierno y verano. En Brasil, el clima ideal para el cultivo de caña es el que presenta dos estaciones distintas: una caliente y húmeda, para proporcionar la germinación, el macollaje y el desarrollo vegetativo, seguida de otra fría y seca, para lograr la

³⁹ Referencia: <http://sugarcane crops.com/s> Acceso: enero 2011

madurez y la consecuente acumulación de sacarosa en los tallos. La caña no presenta una buena productividad en climas como el de las regiones ecuatoriales húmedas y por eso la región amazónica no posee cultivos comerciales extensivos de esa planta

4.6.3.1 Temperatura

El crecimiento está relacionado con la temperatura; para la brotación (germinación) de los esquejes son recomendables valores entre 32 y 38 °C. La germinación disminuye por debajo de 25°C, llega a su máximo en el rango de 30 a 34°C, se reduce sobre 35°C y se detiene cuando supera los 38 °C; esta última temperatura reduce la tasa de fotosíntesis y aumentan la de respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12 a 14 °C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar en la caña. Según se indicó, Piura tiene óptimas condiciones de temperatura para el cultivo de caña de azúcar.

4.6.3.2 Radiación Solar

La caña de azúcar crece favorablemente en áreas que disponen de valores de radiación solar entre 18 y 36 MJ/m²; al pertenecer a las plantas C4, tiene elevadas tasas fotosintéticas. Altos valores de radiación estimulan el ahijamiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan adversamente.

De la radiación solar, interesa conocer cuál es la fracción utilizada por las plantas y cuál es su disponibilidad. Las regiones con mayor recurso solar son aquellas que se encuentran en zonas tropicales; uno de los principales parámetros a considerar para su cuantificación es la latitud. Tal como se mencionó en 2.8.4.2, en Perú tienen elevados valores de radiación las regiones ubicadas entre 16° y 18° de latitud (6 – 6,5 kWh/m²), y en la zona norte del país (5,6 – 6 kWh/m²). Según el Atlas Solarimétrico Brasileño, un metro cuadrado, ubicado entre 10° y 15° de latitud sur, en la región norte de Brasil, recibe aproximadamente 18,0 MJ/día (5kWh/m²), mientras que para una latitud entre 20° y 25°, en la región sur, la misma área recibe 16,6 MJ/día (4,62 kWh/m²) [CRESESB/UFPE/CHESF, 2000]. Piura se caracteriza por tener altos niveles de radiación a lo largo del año.

La productividad anual promedio, influenciada mayoritariamente por la variabilidad climática y por la región productora, se calcula entre 50 y 100 t/ha (peso del tallo húmedo); de este modo se considera que el promedio brasileño es de 70 t/ha plantada, un valor comparable a las mejores regiones productoras de otros países, aunque existen registros de productividad de caña de hasta 200 t/ha [JANICK, J, 2010]. Como datos referenciales se tiene que en la zona centro sur de Brasil, la región de mayor concentración de plantas, los índices varían entre las

78 y las 80 t/ha, mientras que en el Estado de Sao Paulo, el principal productor, están en el rango de 80 a 85 t/ha. En ambos casos, se considera el ciclo de cinco cortes.

En la Tabla 4.3 se citan los principales parámetros agrícolas del cultivo de la caña de azúcar practicados en el centro sur brasileño⁴⁰. En esa Tabla, los valores de Pol y fibra, suministrados como porcentaje en masa de la caña, corresponden al contenido de sacarosa aparente y de bagazo disponibles en la caña. Además de la sacarosa, y de acuerdo con su maduración, la caña contiene cerca de un 0,5% de otros azúcares (como la glucosa y la fructosa) que no son utilizados para la producción de azúcar sólido, pero que pueden ser usados para la fabricación de bioetanol.

Tabla 4.3. Principales Parámetros Agrícolas de la Caña

Indicador	Valor
Productividad	87,1 tc/ha
Cosecha de caña cruda (sin quemar)	30,80%
Cosecha mecanizada	49,50%
Pol % caña (contenido de sacarosa)	14,22
Fibra % caña (contenido de bagazo)	12,73
Fertilizantes	
P2O5	
Caña planta	120 kg/ha
Caña soca sin vinaza	25 kg/ha
K2O	
Caña planta	120 kg/ha
Caña soca sin vinaza	115 kg/ha
Nitrógeno	
Caña planta	50 kg/ha
Caña soca con vinaza	75 kg/ha
Caña soca sin vinaza	90 kg/ha
Piedra caliza (sólo en el laboreo)	1,9 t/ha
Herbicida (valor recomendado)	2,20 kg/ha
Insecticida (valor recomendado)	0,12 kg/ha
Otros defensivos	0,04 kg/ha
Aplicación de "torta de filtro"	5 t (base seca)/ha
Aplicación de vinaza	140 m3/ha

Fuente: Macedo (2005a) y CTC(2005).

⁴⁰ Centro de Tecnologia Canavieira. Brasil, 2005. Macedo 2005 y CTC 2005.

El período de cosecha varía según el régimen de lluvias, con el fin de permitir las operaciones de corte y transporte y así alcanzar el mejor punto de maduración y acumulación de azúcares. En la región centro sur de Brasil, la cosecha sucede entre abril y diciembre, mientras que en la nordeste tiene lugar entre los meses de agosto y abril. El sistema tradicional de cosecha, utilizado en casi el 70% de las áreas cultivadas con caña de azúcar en Brasil, implica la quema previa del cañaveral y el corte manual de la caña entera. Ese modelo, sin embargo, se está reemplazando por la cosecha mecanizada de la caña cruda picada (sin quema), debido a las restricciones ambientales a las prácticas de quema. Se espera, que en el año 2020, tras los acuerdos firmados entre el gobierno y los productores, toda la caña se coseche de forma mecánica, sin que haya que quemar el cañaveral.

4.7 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL BIOETANOL

En los diagramas de bloques de la Figura 4.8 se esquematizan los dos procesos de producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar. En el primero se parte de la melaza que queda como residuo de la obtención de azúcar; en el segundo, el bioetanol se obtiene directamente a partir del jugo de la caña⁴¹. Las etapas iniciales son similares en ambos procesos.

⁴¹ En la descripción de ambos procedimientos se tomó como referencia la experiencia brasileña, y como fuentes de información el estudio de la Universidad de Campinas (diciembre 2005): *“Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo”* y Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo sostenible / coordinación BNDES y CGEE. – Rio de Janeiro: BNDES, 2008. Pág. 77 - 82

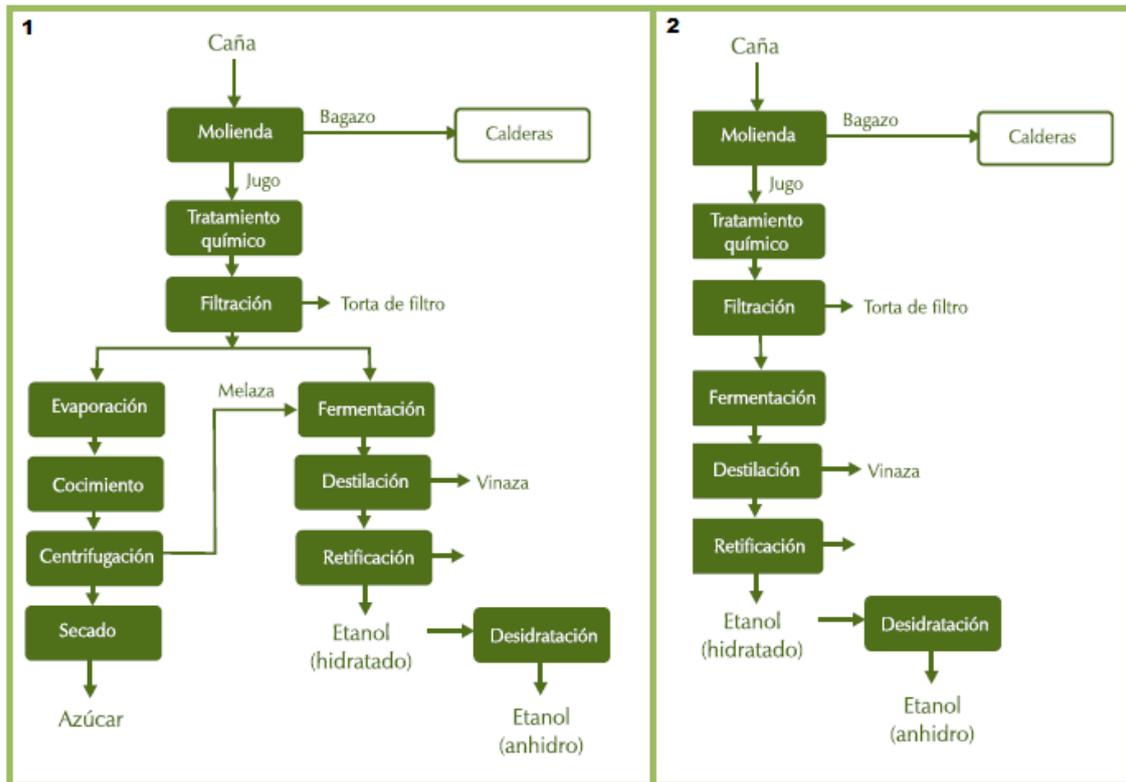


Figura 4.9. Alternativas de obtención de Bioetanol. 1: Utilizando la melaza en la producción de azúcar. 2 A partir del jugo de caña. Fuente. Bioetanol de Caña de Azúcar, Energía para el Desarrollo Sostenible, BNDES y CGEE. – Rio de Janeiro, 2008

Al llegar la caña a las instalaciones de la fábrica, se recepciona en la mesa de trabajo, se procede a su limpieza y se coloca en las mesas alimentadoras. Normalmente se utilizan plataformas con 45° de inclinación, y la limpieza se realiza con un máximo de 2,5 m³ de agua por tonelada. Este sistema se caracteriza por ser de circuito cerrado. Otra alternativa, en vías de implantación, es la limpieza neumática (en seco) con la finalidad de reducir el consumo de agua.

La siguiente etapa es la preparación de la caña. En ella, la caña se somete a procedimientos de trituración y de desfibración en sistemas de martillos convencionales. Luego se pasa al sistema de preparación y extracción, que en Brasil se basa, esencialmente, en molindas; la extracción del jugo se realiza bajo la presión de cilindros, armados en conjuntos de cuatro a siete ternos de molienda sucesivos. En el conjunto de cilindros de la molienda se separa el jugo, que contiene la sacarosa, del bagazo (fibra); éste sigue en unas fajas transportadoras a la planta de bioenergía, donde es quemado como combustible. Existen dos sistemas alternativos; uno de ellos, implantado en nuevas unidades en Brasil, se basa en el uso de difusores con la finalidad de obtener ventajas energéticas; en éstos, la caña picada y desfibrada pasa por sucesivos lavados con agua caliente y desprende sus azúcares por lixiviación, y en la etapa final el producto pasa por un cilindro de prensado y secado, de donde sale el bagazo que se utiliza en las calderas; así, el jugo, que contiene los azúcares de caña producido en la molienda o en el

difusor, puede ser utilizado en la producción de azúcar o de bioetanol. La otra forma de extracción está en vías de desarrollo y consolidación, y se basa en sistemas hidrodinámicos.

En el caso de producción de azúcar, primero se criba y luego se trata químicamente para lograr la coagulación, floculación y precipitación de las impurezas, que son eliminadas por decantación. La “torta de filtro”, utilizada luego como abono, resulta de la extracción de azúcar del barro del decantador, a través de filtros rotativos al vacío. El jugo tratado se concentra en evaporadores de múltiple efecto y se cristaliza; en ese proceso no toda la sacarosa disponible en la caña se cristaliza y la solución residual, rica en azúcar (miel), puede volver al proceso con el propósito de recuperar azúcar. La miel final, llamada melaza, que no vuelve al proceso de fabricación de azúcar aún posee un poco de sacarosa y un elevado contenido de azúcares reductores (como la glucosa y la fructosa, resultantes de la descomposición de la sacarosa); esta melaza se puede utilizar como materia prima para la producción del bioetanol a través de fermentación. De este modo la producción de bioetanol de caña de azúcar se puede basar en la fermentación directa del jugo de caña o de las mezclas de jugo y melaza, que es como se realiza generalmente en Brasil.

En el caso del bioetanol extraído directamente del jugo, las primeras etapas del proceso de fabricación, desde la llegada de la caña hasta el tratamiento inicial del jugo, se asemejan al proceso de fabricación del azúcar. En un proceso más completo, el jugo pasa por calaje, calentamiento y decantación, al igual que en la producción del azúcar. Una vez tratado, se evapora para adecuar su concentración de azúcares y, eventualmente, se le mezcla con la melaza para obtener el mosto, que es una solución azucarada y lista para fermentar; este último va hacia los tanques de fermentación donde se le agregan levaduras (hongos unicelulares de la especie *Saccharomyces cerevisiae*) y se fermenta durante un período de 8 a 12 horas, dando origen al vino, que es el mosto fermentado y posee entre el 7% y el 10% de concentración de alcohol. En el proceso de fermentación debe cuidarse principalmente la recuperación de las levaduras del vino mediante centrifugación; después de esta fase, las levaduras se recuperan y se guardan para un nuevo uso y el vino es enviado a las columnas de destilación. En éstas se recupera el bioetanol en forma hidratada, con aproximadamente 96° GL (porcentaje en volumen) y un 6% de agua en peso, dejando la vinaza o “vinhoto” como residuo, en una proporción media de 10 a 13 litros por litro de bioetanol hidratado producido.

El bioetanol hidratado se puede almacenar como producto final o bien puede enviarse a la columna de deshidratación. Hay que señalar, sin embargo, que sus componentes no pueden separarse a través de una simple destilación. La tecnología más utilizada en Brasil es la deshidratación por medio de la adición del ciclohexano, con el que se forma una mezcla azeotrópica ternaria que tiene un punto de ebullición inferior al del bioetanol anhidro. En la columna de deshidratación, el ciclohexano se agrega por la parte superior y el bioetanol anhidro, con aproximadamente 99,7° GL ó 0,4% de agua en peso, se recupera por la base de la columna. La mezcla ternaria extraída de la cabecera se condensa, se decanta y la parte rica en

agua se envía a la columna de recuperación de ciclohexano. La deshidratación del bioetanol también se puede realizar por medio de absorción con cribas moleculares o mediante destilación extractiva con monoetilenglicol (MEG), que si bien tiene menor consumo de energía sus costos son más elevados. Debido a las crecientes exigencias del mercado externo, varios productores de bioetanol de Brasil y de otros países eligen las cribas moleculares, ya que son capaces de producir un bioetanol anhidro no contaminante

Según la experiencia brasileña, a partir del jugo de una tonelada de caña de azúcar es posible obtener 86 litros de bioetanol hidratado. Si el proceso que tiene lugar es la producción conjunta de azúcar y bioetanol a partir de la melaza, se obtienen, 100 kg de azúcar y 23 litros de bioetanol hidratado [ELIA NETO 2007].

En Piura, el alcohol se obtiene de forma directa a partir del jugo de la caña de azúcar; existe el interés de implementar plantas industriales flexibles para los dos procedimientos citados en la Figura 4.9. El éxito dependerá de la cantidad y calidad de la materia prima, lo que comporta un incremento de los campos de cultivo.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL ETANOL EN PERÚ

La producción de etanol en Perú a partir de la caña de azúcar tuvo sus inicios en las décadas de los años 20 y 30; se desarrolló a baja escala y se utilizó en los ingenios azucareros para el funcionamiento de tractores así como vehículos de carga y transporte de pasajeros. Su uso no prosperó debido a las medidas impositivas y al bajo costo del petróleo.

Históricamente y a nivel mundial, Perú fue el país con mayores niveles de producción y exportación de azúcar. En 1970 existían 12 empresas azucareras estatales con un total de 117 000 hectáreas sembradas; la Ley de la Reforma Agraria⁴² dispuso la expropiación de éstas, y creó las cooperativas azucareras (gerenciadas y dirigidas por los trabajadores); desde entonces el sector entró en crisis, y a partir de los 80 el país se convirtió en importador de azúcar. Según el Ministerio de Agricultura, el rendimiento de producción disminuyó de 170 t/ha, en 1970, a 100 t/ha, a inicios de los 90; este descenso se debió a la gestión de la cadena productiva, antigüedad de las instalaciones y poca disponibilidad para modernizarlas, deficitarios sistemas de riego, carencia de programas y proyectos de investigación, y por no introducir nuevas variedades resistentes a plagas y enfermedades.

A mediados de los 90 el sector cambió de rumbo debido al inicio de la privatización; con ello hubo mejoras tecnológicas, de gestión y administración, de capacitación y formación del personal y de riego. En el período de 1999 a 2003, el sector tuvo un crecimiento anual promedio de un 16,4%, la producción creció un 113% y el área cosechada se incrementó un 47%.

En el 2003 el Congreso de la República promulgó la Ley N° 28054, referida al mercado de biocombustibles, para promover las inversiones en la producción, comercialización y uso de biocombustibles (biodiésel y bioetanol); con esta ley, se creó el Programa del uso de Biocombustibles (PROBIOCOM). Debido a la ubicación de país y a las condiciones climatológicas de algunas de sus regiones, esta política del gobierno significó una alternativa adicional para complementar y fortalecer el crecimiento del sector; de esta manera, la caña de azúcar se convierte en la principal materia prima para la obtención de alcohol carburante.

La promulgación y publicación de Ley N° 28054 generó el interés de los inversores para desarrollar proyectos de biodiésel y bioetanol. Las primeras iniciativas se enmarcaron en la producción de etanol carburante en la selva, a partir de plantaciones de caña de azúcar como medida de sustitución de los cultivos de hoja de coca. Las empresas azucareras también mostraron interés por ampliar sus áreas de cultivo y producir el combustible en sus

⁴² Ley N° 17716 **Reforma Agraria**, del 24 de junio de 1969. Promulgada por el gobierno militar de Juan Velasco Alvarado

instalaciones. Sin embargo, fue en la costa norte donde dos empresas hicieron los primeros estudios de viabilidad para desarrollar proyectos de etanol; así en 2006, en el departamento de Piura se constituyó “Agrícola del Chira”, empresa de capital peruano, que en 2009 inició la producción del alcohol.

5.1 EL SECTOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En Perú, la caña de azúcar se cultiva en las regiones de la costa, la selva y en los valles interandinos. Según el Ministerio de Agricultura, las mayores extensiones de siembra, aproximadamente un 77%, se ubican en la costa, debido a la climatología, al rendimiento agrícola (t/ha), así como a las condiciones logísticas y de desempeño.

El sector está formado por diez empresas agroindustriales (llamadas también ingenios azucareros). Su principal actividad es la producción de azúcar para el consumo humano, y como productos secundarios se obtienen la melaza y el bagazo; la melaza se utiliza para producir alcohol, bebidas, alimento para ganado y papel; el bagazo, para la generación de energía. En la Tabla 5.1 se relacionan estos 10 ingenios azucareros (ver también Figura 5.1).

Tabla 5.1 Listado de Empresas Azucareras

EMPRESA AZUCARERA	UBICACIÓN	CAPACIDAD MÁXIMA DE MOLIENDA (t caña/día)
POMALCA	Lambayeque	3400
TUMAN	Lambayeque	4200
PUCALÁ	Lambayeque	4000
LAREDO	La Libertad	2600
CARTAVIO	La Libertad	5000
CASA GRANDE	La Libertad	10000
SAN JACINTO	Ancash	2000
PARAMONGA	Lima	3000
ANDAHUASI	Lima	1300
CHUCARAPI	Arequipa	550
TOTAL:		36050

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2010

5.1.1 Producción - Cosecha - Productividad

La Tabla 5.2 muestra los valores de producción, área cosechada y rendimientos en el período 2000 – 2009. Con el proceso de privatización, a mediados de los 90, la producción de caña de azúcar se incrementó a fines de dicha década; en el período 2000 a 2003 aumentó un 24%, sin embargo, en 2004 disminuyó un 21,6% debido a la sequía que afectó a la costa norte y centro del país. Desde 2004 hasta 2009 creció un 45,42% debido principalmente al reinicio, en mayo del 2006, de las operaciones en el ingenio Pucalá, ya que en el 2005 paralizó su actividad por problemas del accionariado que afectaron a su gestión y dirección. La evolución de la producción en el período 2000 – 2009 se muestra en la figura 5.2

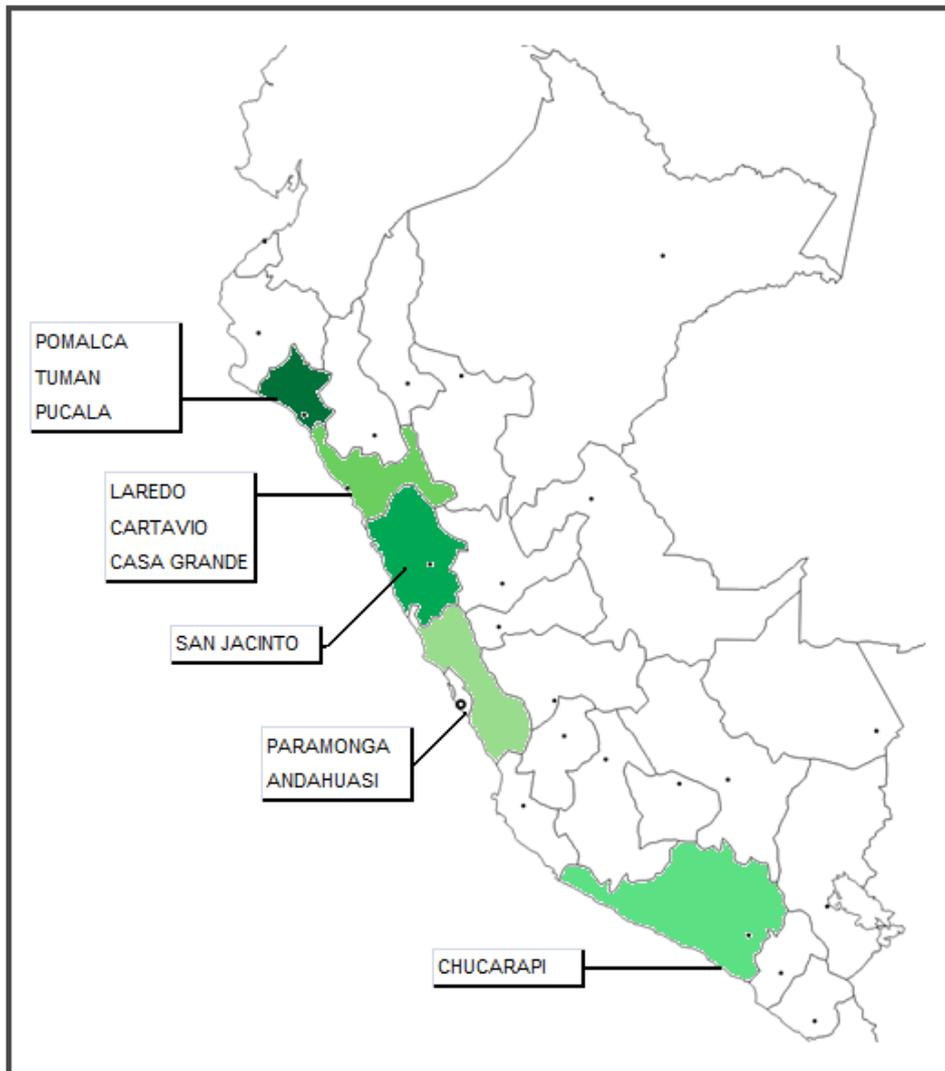


Figura 5.1. Ubicación de los Ingenios Azucareros de Perú. Elaboración propia

La recuperación en la superficie cosechada se debió mayoritariamente a una gestión más eficiente, a la renovación de las instalaciones de las fábricas con tecnología moderna, a los planes de capacitación y formación de personal y a las mejoras introducidas en los sistemas de siembra, riego y cosecha. En 1996 la superficie sembrada de caña fue 54000 ha y en el 2000 ascendió a 65000 ha; respecto a este último año, en 2003 aumentó un 19,6%. En el período 2003 - 2005 disminuyó un 21% por la sequía y se incrementó un 11,6% en el período 2005 - 2009. En la Figura 5.3 se aprecia la variación del área cosechada entre 2000 y 2009.

Tabla 5.2 Producción de Caña de Azúcar

Año	Producción (t)	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento (t / ha)
2000	7135.154	65000	111,8
2001	7385.946	61000	122,3
2002	8419.786	68050	123,7
2003	8863.958	77720	114
2004	6945.586	71291	98
2005	6304.065	61549	102,4
2006	7245.833	66162	110
2007	8228.623	67951	121
2008	9346.334	68660	136
2009	10100.1	75348	132

Fuente. Ingenios Azucareros. Referencia: MNAG, 2011

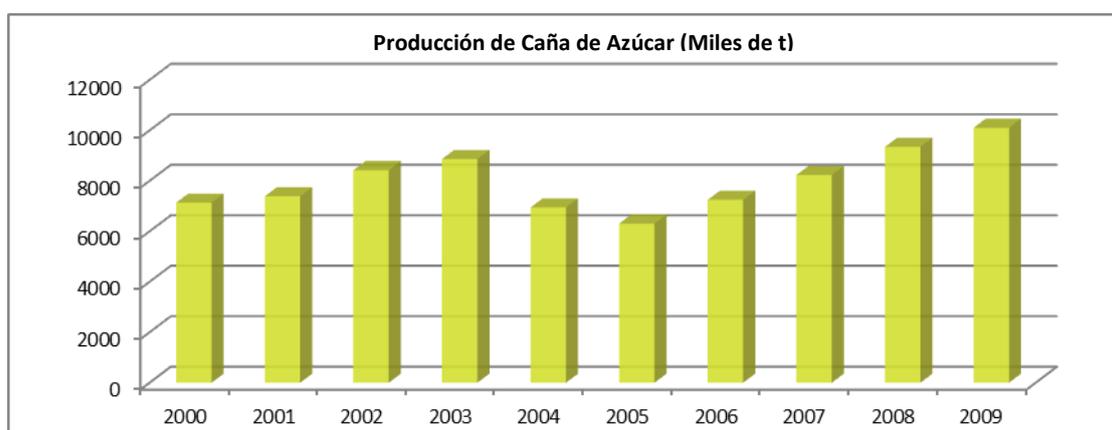


Figura 5.2. Evolución de la Producción de la Caña de Azúcar en Perú. Referencia: Ingenios Azucareros, 2010

Del total de la superficie cosechada, aproximadamente un 64% es propiedad de las empresas azucareras y un 34% de productores independientes. La empresa Casa Grande tiene la mayor participación en la estructura de producción con un 17,5%, seguida por Cartavio (14,6%), Paramonga (13,4%) y Laredo (13,2%); en conjunto superan el 58% del total nacional.

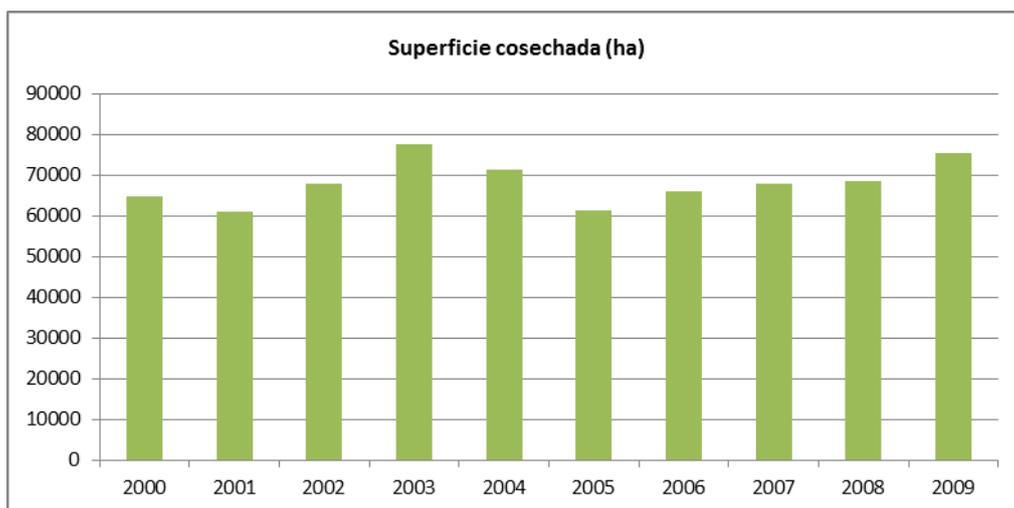


Figura 5.3. Variación de la Superficie Cosechada de Caña de Azúcar, Referencia: MINAG 2010

Según la Figura 5.4, desde el año 2000 el mayor valor de rendimiento (136 t/ha) se registró en 2008 y el menor (98 t/ha) en 2004. Entre 2003 y 2005, la variación se debió a la sequía que hubo en el país.

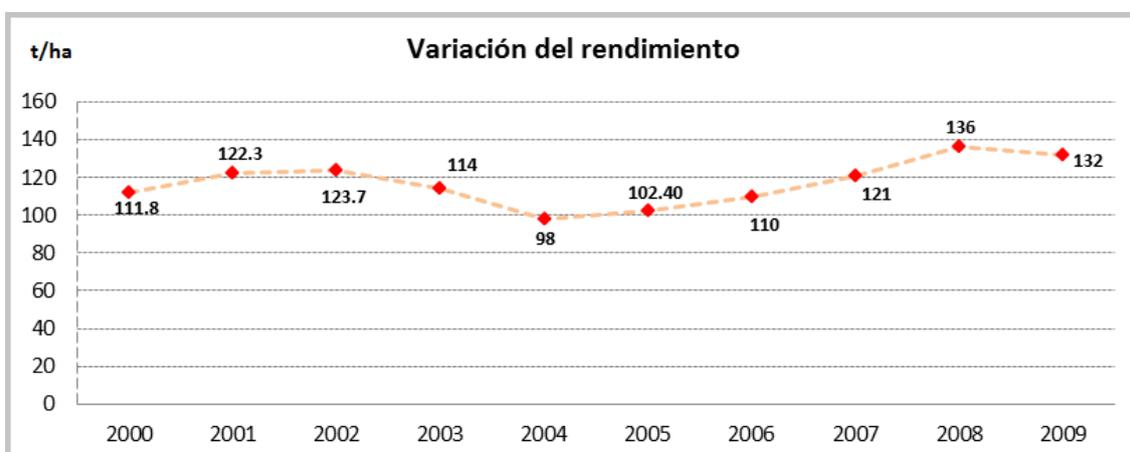


Figura 5.4. Rendimiento de Caña de Azúcar, período 2000 – 2009. Referencia: MINAG, 2010

En la Figura 5.5 se ilustra la producción mensual de caña para los años 2008 y 2009. En ambos años se tuvo el mismo comportamiento; entre los meses de abril y diciembre la producción aumentó, mientras que de enero a abril se redujo. El período de menor producción tuvo lugar entre los meses de febrero y mayo; de agosto a enero la producción mensual superó las 6000 t. La producción es máxima entre octubre y enero, debido a mayores valores de radiación y temperatura.

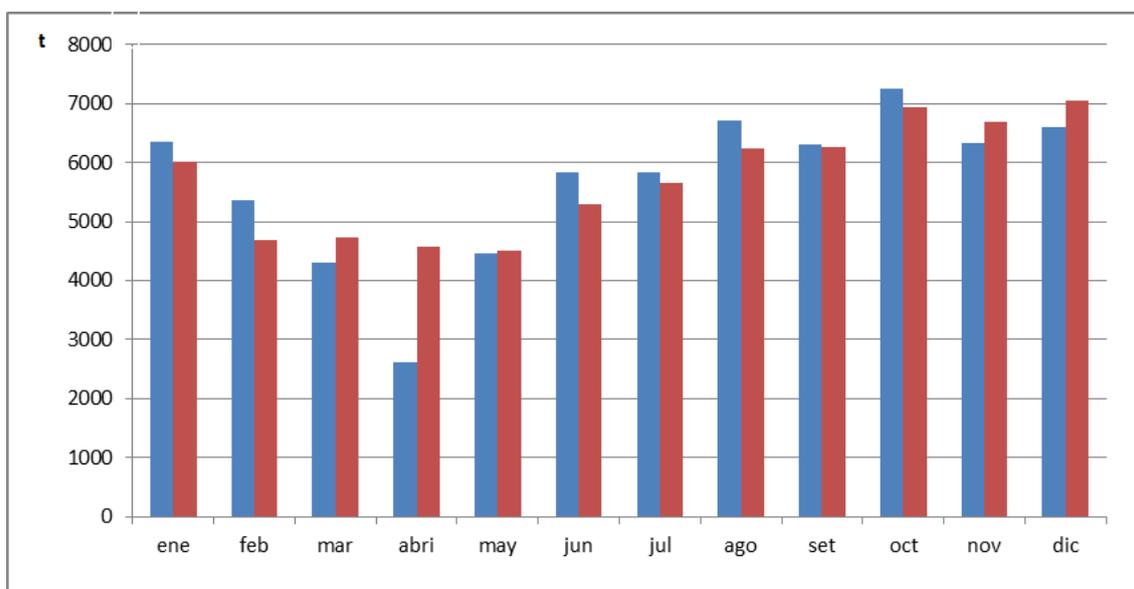


Figura 5.5. Estacionalidad de la Caña de Azúcar en Perú. Cosecha 2008(azul) y 2009 (rojo)
Referencia: MINAG 2010

La capacidad instalada en los diez ingenios azucareros nos permite obtener a la vez, azúcar y etanol, y destinar este último al mercado automotor para satisfacer la demanda interna; sin embargo, la producción de alcohol podría incrementarse con la de las nuevas empresas dedicadas exclusivamente a la obtención del biocombustible.

Tabla 5.3. Datos Referenciales del Ingenio San Jacinto

Producción	Azúcar	Alcohol	Total	Cosecha total	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento
Año	(kg)x50	(l)	(t)	ha	Promedio (t/ha)	Azúcar (kg/ha)	Alcohol (l/ha)
1999	1029537	4286540	557762	4146	134,5	92,3	7,7
2000	1160976	4612531	610233	5021	121,5	95,1	7,6
2001	1360859	4185514	671557	5425	123,8	101,3	6,2
2002	1538627	4219151	711105	5857	121,4	108,2	5,9
2003	1540344	4102920	711956	6349	112,1	108,2	5,8
2004	1503300	3687484	700443	6526	107,3	107,3	5,3
2005	1031849	2548677	517556	5836	88,7	99,7	4,9
2006	1204815	3189457	589917	5592	105,5	102,1	5,4
2007	1237708	2804078	608504	5588	108,9	101,7	4,6

Fuente. Empresa San Jacinto, 2008

Según los datos del ingenio San Jacinto (Tabla 5.3), en 2008 la producción promedio de caña de azúcar fue de 114 t/ha; al procesar la materia prima se obtuvo una media de 102 kg de azúcar y 6 litros de alcohol por hectárea. Si bien el rendimiento en la cosecha de caña de azúcar es mayor en Perú que en Brasil, los procesos de obtención, tanto para el azúcar como para el alcohol, son menos eficientes; en Brasil, con un rendimiento promedio de 70 t/ha se producen 100 kg de azúcar y hasta 23 litros de alcohol por hectárea[BNDES Y CGEE 2008].

La producción de etanol en 2008 aumentó un 22,7% respecto a 2007, y respecto a 2005, que fue el año de menor producción, el incremento alcanzó el 56%. El desarrollo de la producción de etanol se detalla en la Figura 5.6.

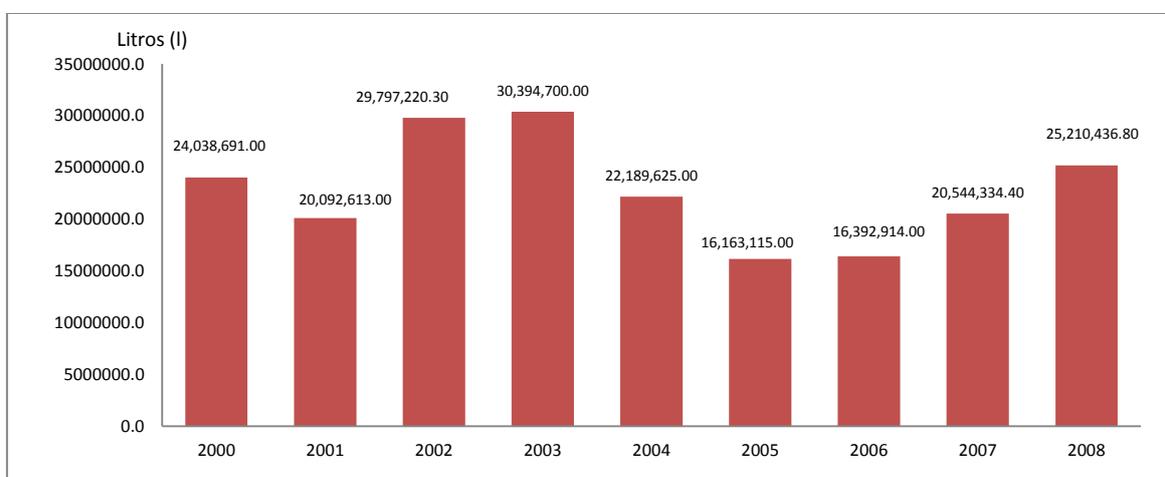


Figura 5.6. Producción de Alcohol en Perú, período 2000 – 2008.
MINAG, 2009

5.2 ETANOL CARBURANTE

5.2.1 Marco Legal

El crecimiento mundial de la producción y demanda de biocombustibles líquidos significó la consolidación de dicho sector en algunos países que, a raíz de la crisis energética de los 70, implantaron y desarrollaron programas de combustibles alternativos a los convencionales de origen fósil.

La experiencia adquirida en dichos países, la preocupación por el cuidado medioambiental, los problemas generados por el uso del petróleo y la inestabilidad por las continuas variaciones en su precio, motivaron que muchos países decidieran implementar programas para la producción, uso y comercialización de biocombustibles.

Uno de los principales factores para el éxito de los programas de biocombustibles es el papel desarrollado por el Estado en lo que respecta a establecer una legislación que garantice el retorno de las inversiones de capital que comportan (desde la obtención de la materia prima hasta el usuario final), la rentabilidad y calidad del producto, así como los beneficios socioeconómicos y medioambientales asociados.

Brasil, con su programa PROALCOHOL decretó, en 1938, la obligatoriedad del uso de alcohol carburante en mezcla con la gasolina (Ley Nº 737). En los últimos 20 años complementó sus dispositivos legales; así, en 1993 con la Ley Nº 8723 dispuso la obligatoriedad de la mezcla de alcohol anhidro y gasolina; en 2000, con el Decreto Nº 3546, creó el Consejo Interministerial del azúcar y alcohol (CIMA); en 2005 entró en vigor la Ley Nº 11097, en la que se estableció la mezcla de biodiésel y diésel, y se expidió la Ley Nº 11116 para definir el modelo tributario federal. En América Central, Guatemala inició su marco legal en 1985 mientras que Honduras lo hizo en 1989. En la década del 2000, y con la finalidad de promover el interés de los inversores privados, algunos países también dieron inicio a su marco legal. Nicaragua lo hizo en 2002, Colombia, Costa Rica y Ecuador en 2004, Paraguay y Bolivia en 2005 y Argentina en 2006.

En los últimos años otros países, como Chile, Cuba, El Salvador, México, Panamá, República Dominicana, Uruguay y Venezuela, elaboraron y establecieron sus leyes para el sector, mientras que Guatemala y Honduras se encargaron de actualizarlas.

En Perú, mediante el Decreto del Consejo Directivo Nº 024-01-CD/CONAM del 05 de octubre de 2001, se creó el Grupo Técnico de Biocombustibles, de carácter multisectorial, al que se le encargó elaborar, en el período de 6 meses, un estudio conducente a la propuesta de un

programa de promoción que identificase los aspectos del marco político, institucional y normativo para la promulgación de una ley que rigiera el sector. Uno de los aspectos más relevantes de dicho trabajo fue el de la mezcla del etanol anhidro con la gasolina, en un porcentaje de hasta el 10%, para aumentar el octanaje y reemplazar el MTBE. El estudio consideraba a los EEUU como un potencial mercado para la exportación del bioetanol.

El Marco Legal con el que se ha desarrollado la industria de los biocombustibles en Perú es de carácter general; en él se integran los Reglamentos, Leyes y Directivas siguientes:

- Ley 28054. Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, de agosto del 2003.
- D.S. 013–2005–EM. Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, de marzo del 2005.
- D.S. 021–2007–EM. Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, de abril del 2007.
- Directiva 004-2007-PROINVERSIÓN. Tendencias del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles – PROBIOCOM, de marzo del 2007.

5.2.2 Marco Institucional.

Las etapas de promoción, producción, comercialización y uso de biocombustibles precisa la participación de agentes cuyas actividades involucran a los sectores económico, agrícola, energético, del transporte, industrial, productivo y ambiental. Esta dependencia multisectorial exige que el gobierno establezca una estructura orgánica que garantice el éxito del programa de biocombustibles. En Perú este programa es reciente y todavía está en proceso de elaboración. Su estructura institucional está dividida en tres grupos:

Grupo I. Lo forman entidades ya existentes del gobierno y/o del estado

Grupo II. Lo constituyen organismos gubernamentales creados para el desarrollo del programa de Biocombustibles y que interactúan con las del grupo I.

Grupo III. Lo integran instituciones privadas y algunas organizaciones sin ánimo de lucro.

5.2.3 Marco de Política Ambiental

El marco general de política para la actividad privada y la conservación del ambiente está determinado por el Art. 49º de la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada⁴³. La Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) establece, en su artículo 74, que todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales⁴⁴. En esta Ley se contempla la responsabilidad social de la empresa y la del Estado.

5.2.4 Porcentaje de Mezcla y Cronogramas

El porcentaje de utilización de etanol anhidro en mezcla con gasolina quedó estipulado en el artículo 6 del Reglamento N° 013-2005-EM del 30 de marzo de 2005. Este valor fue el 7,8% y su determinación estuvo a cargo de la Comisión Técnica⁴⁵, que en su informe final de trabajo afirmó que dicho porcentaje se definió según las características del parque automotor, la experiencia internacional⁴⁶, la opinión de ARAPER⁴⁷, y lo especificado en la NTP 321.102-2005. El cronograma inicial de aplicación, fue señalado en el artículo 7 del Reglamento (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Cronograma Inicial de mezcla del 7.8% de etanol anhidro con gasolina en Perú

Fecha de Aplicación	Región
30 de junio de 2006	La Libertad, Lambayeque, Ancash, Piura, Provincias Barranca y Huaura en Lima
01 de enero de 2008	Loreto, Ucayali, Amazona, San Martín y Huánuco
01 de enero 2010	Todo el país

Fuente. Reglamento N° 013-2005-EM, del 30 de marzo de 2005.

Este cronograma no se cumplió debido a que hasta las fechas de aplicación, indicadas en la tabla 5.4, no se inició la etapa de producción del carburante, por lo que fue reemplazado por el establecido en el Reglamento de Comercialización del 18 de abril de 2007 en el que, según el artículo 8, se establecía la obligatoriedad del uso del gasohol (mezcla de bioetanol con

⁴³ Aprobada mediante Decreto Legislativo N° 757, del 13 de noviembre de 1991. Dicho artículo señala que el Estado estimula el equilibrio racional entre el desarrollo socioeconómico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales, garantizando la debida seguridad jurídica a los inversionistas mediante el establecimiento de normas claras de protección del medio ambiente

⁴⁴ Los artículos 75.1 y 75.2 hacen referencia a las medidas de prevención y riesgo, así como a los costos para preservarlo

⁴⁵ Según se establece en el literal a, de la Segunda Disposición Complementaria y Transitoria de la Ley 28054; se le encarga también la elaboración del cronograma de aplicación.

⁴⁶ El país de referencia fue Colombia en el que el porcentaje de mezcla es del 10%

⁴⁷ La Asociación de Representantes Automotrices del Perú, recomendó que la mezcla fuera del 8%

gasolina) en todo el país desde enero de 2010. En el reglamento no se indicaban las causas de la derogatoria y de la modificación.

El 28 de diciembre de 2009 se modificó el Reglamento para Comercialización de biocombustibles y, mediante el Decreto Supremo N° 091-2009-EM, se estableció que el uso obligatorio del gasohol se iniciara solamente, a partir del 01 de enero de 2010, en los distritos de Piura y Chiclayo, en los departamentos de Piura y Lambayeque, respectivamente; para el resto del país el inicio debería respetar las fechas del cronograma citado en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Cronograma con primera modificación del Reglamento de Comercialización de Biocombustibles

Año	Fecha de Inicio	Departamento
2010	01 de abril	Piura y Lambayeque
	01 de mayo	Tumbes y Cajamarca
	01 de junio	La Libertad y Ancash
	01 de julio	Huánuco
	01 de agosto	Pasco
	01 de setiembre	Junín
	01 de octubre	Lima y Callao
	01 de noviembre	Ica
	01 de diciembre	Huancavelica
	2011	01 de enero
01 de febrero		Apurímac
01 de marzo		Cuzco
01 de abril		Arequipa
01 de mayo		Puno
01 de junio		Moquegua
01 de julio		Tacna

Fuente: Reglamento de Comercialización N° 091-2009-EM

La reproducción textual de la justificación de esta modificación fue: “... la revisión de la experiencia de otros países en la incorporación al mercado de la gasolina motor oxigenada con Alcohol Carburante, requiere un proceso gradual de implementación, con la finalidad de corregir las dificultades que en su implementación se encuentren. Además, a partir de reuniones con los diferentes agentes de la cadena de comercialización de hidrocarburos y otras instituciones vinculadas a la comercialización de biocombustibles, se concluyó que la obligatoriedad en el uso del gasohol sea progresiva a lo largo del territorio nacional; también, que el mercado peruano tiene una reducida cantidad de empresas que brinda el servicio de mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de combustibles líquidos, razón por

la cual a la fecha existen establecimientos de venta al público que aún no han iniciado actividades para su respectiva adecuación...”

En el artículo 7 de este Decreto, no se establece la fecha de inicio en el uso de bioetanol para los departamentos de Amazonas, San Martín, Loreto, Madre de Dios y Ucayali; se hace referencia a que ésta se definirá una vez cumplido el cronograma establecido para el resto de ciudades según el indicado en la Tabla 5.5. El 27 de setiembre de 2010 se dio el Decreto N° 061-2010-EM con el que se modificaba el cronograma anterior y se sustituía por el indicado en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Cronograma con segunda modificación del Reglamento de Comercialización de Biocombustibles

Año	Fecha de Inicio	Departamento
2010	01 de abril	Piura y Lambayeque
	01 de mayo	Tumbes y Cajamarca
	01 de junio	La Libertad y Ancash
	01 de julio	Huánuco
	01 de agosto	Pasco
	01 de setiembre	Junín
	2011	01 de junio
		Ica
		Huancavelica
		Ayacucho
		Apurímac
		Cuzco
		Arequipa
		Puno
		Moquegua
		Tacna

Fuente: Reglamento de Comercialización N° 061-2010-EM

En el Decreto, se indica que el causal de la modificación se basó en que la experiencia adquirida durante el período⁴⁸ ha determinado que la implementación del Gasohol conlleva a dificultades de orden técnico, que podrían acarrear incumplimientos no imputables a los operadores de las instalaciones de hidrocarburos, como es el hecho de la reducida cantidad de empresas que brindan el servicio de limpieza y mantenimiento de tanques de almacenamiento de Combustibles líquidos, a nivel nacional, lo que resulta indispensable a fin de que OSINERGMIN garantice la cantidad de gasohol, lo que determinaría que muchos

⁴⁸ No especifica de qué período se trata, por lo que se asume que es desde el inicio en la obligatoriedad para Piura y Lambayeque.

Establecimientos de venta al público de combustibles no puedan iniciar las actividades para su adecuación en los plazos establecidos⁴⁹.

Mediante Resolución Ministerial del Sector Energía y Minas se ratifica la fecha de inicio, una vez culminada la implementación según la Tabla 5.6 (01 de junio de 2011), en los departamentos de Amazonas, San Martín, Loreto, Madre de Dios y Ucayali.

El 12 de mayo de 2011 el Ministerio de Energía y Minas (MEM) modificó, por tercera vez, el cronograma de uso del etanol carburante y retrasó el inicio de su uso en Lima y Callao, que debió darse el 01 de junio, hasta el 15 de julio; también retrasó la entrada en vigor del cronograma para las regiones del sur del país hasta el 01 de diciembre de 2011. El MEM justificó este cambio debido al déficit de la producción nacional, a la necesidad de importación y al impacto en la economía de los usuarios de la región sur del país que, por carecer de sistemas logísticos de transporte marítimo, precisan de transporte terrestre.

La modificación del cronograma del uso de obligatorio de etanol sólo se consideró en el artículo 11 del reglamento inicial (DS N° 013-2005-EM); en él se estableció que el MEM podía modificarlo con una anticipación no menor a 12 meses; sin embargo, en los posteriores reglamentos se eliminó este artículo y no se dispuso nada al respecto. Las fechas de inicio del uso obligatorio de etanol y la modificación del cronograma comportan tres problemas de interés.

Problema N° 1: El caso del distrito de Piura

Tal como se aprecia en la Figura 5.7, el departamento de Piura tiene 8 provincias, su capital es la provincia de Piura y está constituida por 9 distritos, de los cuales Piura y Castilla, que son los más representativos, están divididos geográficamente por el río Piura. Debido a la existencia de diversas instituciones, ubicadas en ambos distritos, son importantes las relaciones económicas, comerciales, productivas, educativas, deportivas y médicas, entre ambas poblaciones; ello comporta que el abastecimiento del combustible vehicular puede realizarse en estaciones de servicio (gasolineras) ubicadas en uno u otro distrito.

Después de unas semanas de iniciarse el uso obligatorio del gasohol (a partir del 01 de enero de 2010 en el distrito de Piura, según lo indicado en Decreto Supremo N° 091-2009-EM), muchos usuarios, mayoritariamente del sector del taxi, dejaron de adquirir el combustible en las estaciones de servicio del distrito de Piura para hacerlo en las del distrito de Castilla, en las

⁴⁹ Tomado textualmente del DS N° 061-2010-EM.

que se expedía gasolina sin mezcla con etanol; las causa atribuida fue el menor rendimiento⁵⁰ del gasohol respecto al de la gasolina convencional y con ello el mayor perjuicio económico a que daba lugar. La disminución de ventas del combustible en las estaciones del distrito de Piura comportó menores utilidades para las empresas comercializadoras, así como una mayor dificultad de abastecimiento de combustible en las estaciones de Castilla. Para esquematizar la situación, en la Figura 5.8 se ubican dos estaciones de servicio distantes 900 m, una en el distrito de Piura y la otra en el de Castilla.

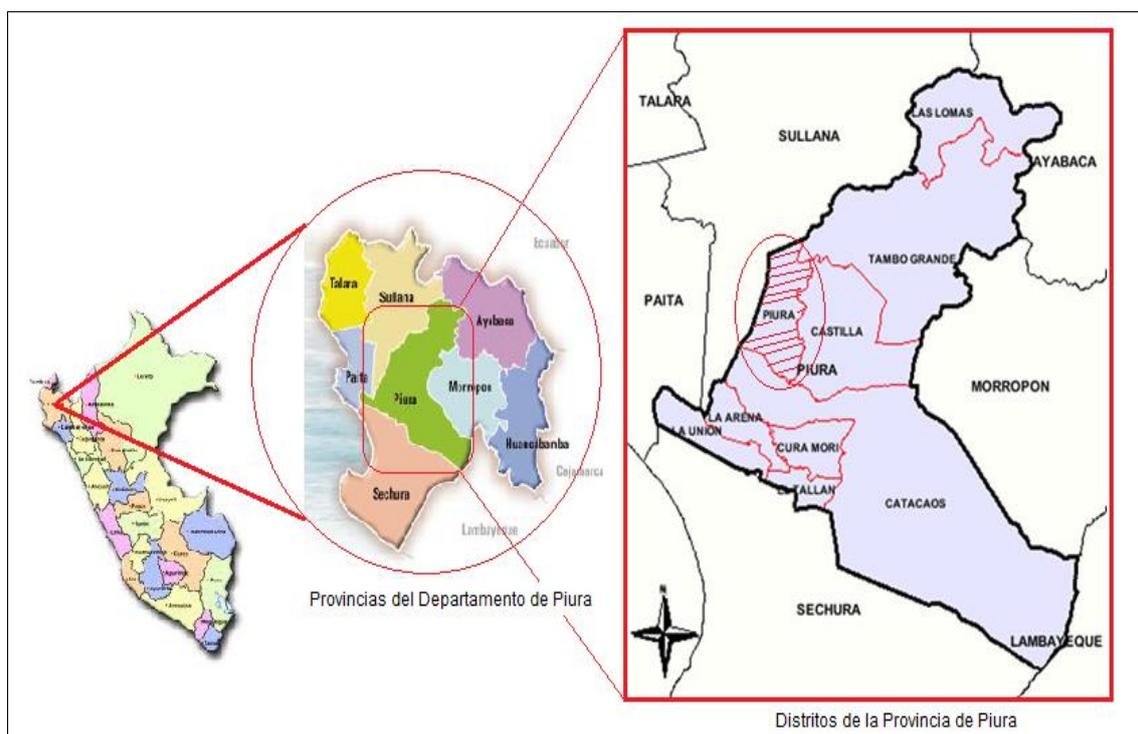


Figura 5.7. Representación política de Piura (Departamento, provincia, distrito). Fuente. Elaboración Propia, 2012

Problema N° 2. El caso del sector taxis de la ciudad de Piura.

El transporte urbano en la ciudad de Piura, al carecer del servicio de autobuses, se realiza en vehículos menores que operan con gasohol (taxis del tipo turismo, vehículos trimóviles y motocicletas) o con gasóleo (combis tipo Van, con capacidad para 12 pasajeros). En el anexo 5.1 se muestran fotografías de los medios de transporte urbano de pasajeros de Piura.

Según la oficina de transportes del gobierno municipal de Piura, en el año 2011 existían 3000 vehículos formalizados (autorizados para circular) dedicados al servicio de taxi y se estima que

⁵⁰ El rendimiento hace referencia a la relación entre los kilómetros recorridos por cada galón utilizado

7000 lo hicieron de modo informal. Sus características y modalidades de operación se indican en la Tabla 5.7.



Figura 5.8 Distritos de Piura y Castilla.

Referencia: <http://maps.google.com.pe/>. Acceso: abril de 2011

Tabla 5.7 Modalidades del servicio de taxi en Piura

Característica	Modalidad "A"	Modalidad "B"
Distribución	20 % del total (aprox. 2000 vehículos)	80 % del total ⁵¹
El propietario	Es el conductor del vehículo	Alquila su vehículo
Fuente de trabajo	Esta actividad puede significar la única fuente de ingresos	El propietario tiene trabajo estable y el alquiler significa un ingreso económico adicional
Horario de la actividad	Un turno por día 6.00 am - 6.00 pm ó 6.00 pm - 6.00 am	1 ó 2 horarios de alquiler: Diurno: 6.00 am - 6.00 pm (12 horas) Nocturno: 6.00 pm - 6.00 am (12 horas)
Tiempo de recorrido (promedio)	12 horas	12 ó 24 horas
Abastecimiento de combustible	1 vez / día	5 veces / día
Gastos y costos	Combustible	Combustible, alquiler del vehículo
Recorrido (km)	Medio	Largo
Período de mantenimiento	Largo	Corto (frecuente)

Elaboración propia

Para el gremio de Transportistas de la Región Piura, así como para los representantes de los sectores del taxi, el uso de gasolina en mezcla con etanol significó un perjuicio en su economía y una contribución a la contaminación ambiental; además, consideraron que el uso obligatorio del biocombustible significó una imposición gubernamental que no respetaba el derecho a la libertad de elección y que atentaba contra la libre competencia; por estas razones solicitaron

⁵¹ Cifra facilitada por la Asociación de taxis dispersos de la ciudad de Piura.

al Congreso de la República la derogación de la Ley 28054 en la que se establecía dicha obligatoriedad.

Los representantes justificaron su petición basados en su experiencia; indicaron que el uso de un galón de gasolina rendía aproximadamente 60 km de recorrido, mientras que uno de gasohol solamente 40 km; además, exigieron a la empresa productora realizar un estudio sobre el rendimiento del biocombustible. Esta situación, generó diferentes posturas y opiniones de entidades relacionadas con el sector.

El administrador de la empresa productora de etanol manifestó⁵² que el uso adecuado del gasohol, en relación a la gasolina, permitía ahorrar entre un 4 y un 5 %, y se ratificó en las ventajas medioambientales que implicaba su uso. También afirmó que el gasohol de 94 octanos, en un vehículo similar al usado en el servicio de taxi, rendía 72,7 km por galón, a diferencia de los 69,8 km recorridos con una gasolina de 91,1 octanos.

El jefe de la Unidad de Operaciones Especiales de OSINERGMIN informó que, después de verificar el control de calidad del gasohol en 116 establecimientos, a nivel nacional, los resultados fueron satisfactorios, y que el gasohol cumplía con las especificaciones técnicas de calidad; además explicó que, respecto a la gasolina convencional, el uso del gasohol incrementaba un 1.8% la potencia efectiva, un 1.8% el torque y un 4.5% la eficiencia térmica; y también que reducía un 0.2% el consumo de combustibles, un 20.9% los hidrocarburos no quemados y un 10.3% las emisiones de CO.

Ambos estudios técnicos indican que el uso del gasohol no afectaba el rendimiento del vehículo; sin embargo, es necesario analizar el argumento presentado por el gremio del taxi y determinar si la disminución del 33% es real. Para ello se encuestó a 40 conductores de vehículos de uso privado o particular (20 usuarios de vehículos modelo 1 turismo y 20 usuarios de modelo 2 tipo 4x4) y a 80 conductores de vehículos destinados al servicio del taxi; de estos últimos, 20 fueron conductores propietarios y 60 conductores de vehículos en alquiler (20 para vehículos de un turno y 40 para vehículos de doble turno). La Tabla 5.8 indica los valores promedio de rendimiento en km/galón en cada caso.

Se aprecia que en todos los casos el rendimiento del gasohol es menor. En los vehículos de uso particular, conducidos por los propietarios, la disminución es poco representativa (3%); en los taxis, la disminución es de un 13% cuando se trata de vehículos en alquiler de dos turnos (día y

⁵² Con base en el “Estudio de rendimiento de combustible gasolina y gasohol” solicitado a la empresa certificadora SGS del Perú

noche), de un 10% en los del turno de noche y de un 8% en los de un turno; en los taxis de un turno conducidos por el propietario, la disminución fue del 6%. Para determinar las causas por las que el rendimiento (km/galón) en los vehículos destinados al servicio del taxi era menor respecto a los de los modelos 1 y 2, se realizaron encuestas y entrevistas a 200 conductores.

Tabla 5.8. Valores promedio de rendimiento

Tipo de uso	Conductor	Modelo / turno	Rendimiento (km/galón)	
			Gasolina	Gasohol
Particular o Privado	Propietario	Modelo 1, tipo turismo	26	25
	Propietario	Modelo 2, tipo 4x4	60	58
Taxis	Propietario	Un turno	62	58
	Alquiler	Un turno (día o noche)	60	55
		Dos turnos (circulación diurna)	55	48
		Dos turnos (circulación nocturna)	58	52

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 5.9 se concluye que la disminución del rendimiento (km/galón) al usar gasohol respecto a la gasolina convencional depende de la antigüedad del vehículo así como de las características, internas y externas, tanto para la conducción como para el funcionamiento.

En el caso de los modelos 1 y 2, al ser vehículos nuevos y tener garantía de venta, las averías son atendidas en talleres especializados a diferencia de los usados en el servicio del taxi, en los que la incidencia y frecuencia de averías es elevado y que por menores costos de reparación acuden a talleres artesanales con menor nivel de capacitación.

Tabla 5.9. Características de vehículos en la ciudad de Piura

Características		Modelo 1, tipo turismo	Modelo 2, tipo 4x4	Taxi
Adquisición	Año de fabricación	2008-2009 (nuevos)	2005 – 2009	90´s
	uso anterior (procedencia)	ninguno (0 km)	Ninguno	segundo – tercer uso
	Costo	>= 25000 USD	12000 – 16000 USD	3000 - 9000 USD
Combustible	Octanaje	90 - 95 octanos	84 – 90	80 – 84
	Frecuencia de abastecimiento	1 - 2 veces / cada 5 - 7 días	1 - 2 veces / cada 5 - 7 días	1 - 5 veces / día
	Tapa de admisión	de fábrica	mixta (fábrica - artesanal)	mixta (original - artesanal)
Mantenimiento	Frecuencia de averías	Reducida	Baja	Alta
	Condiciones de funcionamiento	Óptimas	Buenas	buenas – malas
	Centros de reparación	Especializados	Especializados /artesanales	Artesanales
Recorrido	Tipo de ruta	Fija (domicilio - centro laboral)	Fija (domicilio - centro laboral)	variable
	Tipo de circulación (km/día)	Corta	Corta	Elevada
	Infraestructura	mal estado	mal estado	mal estado
	Uso	Personal	personal - privado	Transporte de pasajeros / carga

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los taxis, debido a que son utilizados para desarrollar una actividad económica, los conductores precisan de un gran recorrido en vías mayoritariamente en mal estado (como consecuencia de las lluvias del fenómeno del Niño así como de la deficiencia en la reconstrucción de obras ejecutadas por entidades gubernamentales); a su vez, este recorrido y la antigüedad de los vehículos generan mayor frecuencia de averías que son reparadas, por sus bajos costos, en talleres artesanales que carecen de equipos modernos y en los que la capacitación de los operarios es baja. Además, el mantenimiento de los vehículos se hace de manera correctiva y, en su mayoría, carecen de un plan preventivo - predictivo. Hay que señalar, así mismo, que las características del sector transporte y los hábitos de circulación ocasionan formas ineficientes de conducción. En la inspección visual realizada, se comprobó que el uso de vehículos es diverso; algunas unidades, mayoritariamente las conducidas por los propietarios, cumplen con la función de movilizar pasajeros (en un número de personas menor o igual a las plazas disponibles, que son 4), sin embargo, la mayoría de los vehículos en alquiler transportan más personas de las permitidas y, en otros casos, el servicio lo brindan además para transporte de carga y mercancías, exigiendo mayor potencia al vehículo.

La forma del suministro de combustible y la tapa de seguridad en la admisión del tanque influyen considerablemente en el consumo y rendimiento; en taxis con tapa original, sellada correctamente y con una frecuencia baja de abastecimiento (1 vez cada 1 - 2 días, y

conducidos por los propietarios) la disminución del rendimiento es menor que en los taxis en alquiler, en los que los conductores surten el combustible de manera continua (mayoritariamente de 3 a 5 veces al día); además, en la mayoría de los vehículos en alquiler las tapas no son originales y se fabrican artesanalmente o usan materiales inadecuados (por ejemplo retazos de tela), lo que causa que el etanol presente en el gasohol se volatilice con mayor facilidad.

Un factor que influye para una conducción eficiente es el conocimiento que debe tener el conductor respecto al funcionamiento del vehículo y de cómo el combustible influye en el rendimiento. En la Tabla 5.10, se muestra los resultados de una encuesta realizada a 400 conductores, de diferentes colectivos, sobre el conocimiento respecto al etanol.

Tabla 5.10. Resultados de encuesta del conocimiento del etanol a usuarios diversos

Pregunta	Si (%)	No (%)
¿Conoce qué es el etanol?	15	85
¿Sabe qué es el gasohol?	18	82
¿Está enterado de que la gasolina que se vende en las estaciones de servicio está mezclada con etanol?	10	90
¿Ha notado disminución en el rendimiento de su vehículo?	8.75	91.25
¿Tiene conocimiento de los proyectos de caña de azúcar en Piura?	28	72

Fuente: Elaboración propia

Tal como se aprecia, el desconocimiento del etanol es elevado. De las personas que lo conocen, su mayor fuente de información fueron los periódicos de la ciudad, los comentarios en el centro de trabajo y los pequeños avisos en las estaciones de servicio.

La misma encuesta realizada a 200 conductores de taxis que operan con gasohol tuvo los resultados mostrados en la Tabla 5.11.

En este caso el conocimiento sobre el etanol carburante era mayor, debido a la posición adoptada por las asociaciones y los gremios del sector.

En ambos grupos encuestados se concluyó que hubo una carencia en la promoción y difusión del etanol combustible por parte de entidades gubernamentales.

Tabla 5.11. Resultados de encuesta del conocimiento del etanol a taxistas

Pregunta	Si (%)	No (%)
¿Conoce qué es el etanol?	65	35
¿Sabe qué es el gasohol?	70	30
¿Está enterado de que la gasolina que se vende en las estaciones de servicio está mezclada con etanol?	90	10
¿Ha notado disminución en el rendimiento de su vehículo?	80	20
¿Tiene conocimiento de los proyectos de caña de azúcar en Piura?	55	45

Fuente: Elaboración propia

Problema N° 3. El caso de la ciudad de Lima

Tal como se indica en la Tabla 5.5, el uso obligatorio del gasohol se debió iniciar en la ciudad de Lima el 01 de octubre de 2010; sin embargo, tras ser informado por OSINERGMIN en el mes de agosto que la logística para la provisión de etanol no permitía cumplir con el cronograma para la venta de gasohol en Lima el 27 de setiembre, el MEM demoró el inicio hasta el 01 de junio de 2011. Esta medida generó la reacción de diferentes actores del sector de los biocombustibles.

El MEM argumentó que el 20 de setiembre, 11 días antes del inicio, recibió la comunicación de la única empresa productora de etanol, Caña Brava, en la que se informaba que la producción no era suficiente para satisfacer la demanda de la capital y que para ello precisaba importar un 25% de la demanda, lo que implicaba elevar el precio final al consumidor local; además, también justificó el retraso de la fecha de inicio afirmando que para el segundo semestre del año 2011 la empresa Caña Brava, debido al aumento de su producción, sí podría satisfacer la demanda; señaló así mismo, que el inicio de las operaciones de la otra empresa productora de bioetanol fortalecería y garantizaría el mercado nacional.

La empresa Caña Brava replicó a dicha postergación al indicar que la Asociación de Productores de Energía Renovable (APER) solicitó, a inicios de agosto, reunirse con el MEM para coordinar la implementación del gasohol en Lima y que no recibieron respuesta a su pedido, por lo que continuaron con la producción, transporte y almacenamiento de etanol para iniciar su venta en Lima. Además, la gerencia manifestó su incomodidad por las inversiones en sistemas logísticos y de transporte.

El Ministro de Ambiente, Antonio Brack, manifestó que el MEM debería brindar las explicaciones sobre el retraso del uso de etanol en Lima; además, dio la bienvenida a que se utilizara el 7.8% de etanol en las gasolinas en el norte del Perú, y respaldó el inicio de su uso en Lima y otras ciudades del país a partir del 01 de octubre, tal como lo establecía el cronograma; también, manifestó que los empresarios se pusieran de acuerdo con el MEM.

Para Peter Davies, Director Técnico de ARAPER, el etanol incrementaba el octanaje de los combustibles; por lo tanto, la calidad de las diferentes gasolinas que se expenderían se elevaría, sin que ello significara pagar un mayor precio; informó que los vehículos estaban perfectamente adecuados para usar gasohol.

Pedro Gamio, Ex viceministro de Energía, indicó que la importación de etanol podría satisfacer parte de la demanda, tal como se hace con el biodiésel; consideró que la postergación del uso en la capital era una muestra de atraso frente a los demás países de la región.

El presidente de la CONFIEP, Ricardo Briceño, mostró su extrañeza de la demora y consideró que el Gobierno no brindó la importancia debida al impacto negativo de la contaminación ambiental; exigió explicaciones al gobierno y expuso su preocupación por futuros retrasos.

Julio Guillén, Presidente de la APPAB, y Fernando Cillóniz, presidente de COMISA (tercera empresa que iniciará en el mediano plazo la producción de etanol en Piura), coincidieron en cuestionar la forma de cómo se dio la disposición gubernamental y en la modificación del cronograma.

Ari Loebl, presidente del Comité de Biocombustibles de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), insistió en derogar la norma de postergación e informó que una vez conocida ésta no pudieron comunicarse con los representantes del MEM.

José Verdi, ex presidente de AGESP (Asociación de surtidores y estaciones de servicio del Perú) consideró que la decisión del gobierno se debió a que el MEM dio a su representada la razón, y con la postergación validaban el informe, presentado en setiembre de 2009, sobre la implementación para la comercialización del gasohol en el que indicaban la carencia de condiciones técnicas para el uso del combustible y que al existir un solo proveedor en el país se podría generar un monopolio al no haber competencia. Sin embargo, para Ari Loebl la razón de la demora era que los surtidores y las estaciones de servicio no realizaron la inversión requerida para adecuar las instalaciones para la venta final del gasohol.

EL presidente de ASPEC, Crisólogo Cáceres, opinó que el uso del gasohol implicaba un impacto económico para el usuario debido a que el precio del combustible se incrementaría en S/1.00; además, señaló la necesidad de verificar la idoneidad del etanol en el parque automotor del Perú debido a la falta de garantía para un buen funcionamiento de los vehículos.

5.2.5 Tributos e Incentivos.

El parque automotor peruano, caracterizado por su antigüedad, tiene dos componentes principales; por un lado, los vehículos menores o ligeros que usan mayoritariamente combustibles ligeros (gasolinas y GLP); y por otro, los autobuses que usan combustibles pesados (diésel).

En Perú, el precio de los combustibles se establece a partir de un costo base, correspondiente a la producción, al que se le adiciona el Impuesto Selectivo al Consumidor; además, algunos combustibles se ven afectados por el Impuesto al Rodaje⁵³. También existe el Impuesto General a las Ventas⁵⁴, que grava a la suma del precio base con el del ISC y el del Rodaje.

La mejora económica del país de los últimos años, generó la tendencia de renovar los vehículos, principalmente los de uso particular o privado. Los vehículos modernos ofrecen mejores rendimientos debido a la mayor relación de compresión de sus motores; así, los que funcionan con gasolina precisan que éstas tengan un alto octanaje; este tipo de unidades presentan bajos niveles de contaminación y se les asocia al consumo de gasolina de mayor octanaje (95 ó 98 octanos). A los vehículos antiguos, con una antigüedad promedio de 17 años, se les relaciona con el uso de gasolina de menor octanaje (84 ó 90 octanos).

En la Tabla 5.12 se indica el precio base y los impuestos de los combustibles de Perú en los años 2004, 2007 y 2009.

⁵³ Es un porcentaje del precio base. Está destinado a remediar los daños causados por los vehículos en la estructura vial.

⁵⁴ Es un porcentaje fijo cuyo valor es del 19%

Tabla 5.12. Impuestos de Combustibles (Nuevo Sol / galón). Años 2004, 2007 y 2009.

Tipo de Combustible	Precio Base			ISC			Impuesto al Rodaje			IGV (Nuevo Sol)		
	Ago 04	Feb 07	Ago 09	Ago 04	Feb 07	Ago 09	Ago 04	Feb 07	Ago 09	Ago 04	Feb 07	Ago 09
GLP	3,93	3,6	3,13	0,28						0,8	0,684	0,595
Gasolina 97	4,85	6,18	5,77	4,35	3,15	2,3	0,388	0,494	0,462	1,822	1,867	1,621
Gasolina 95	4,77	5,94	5,73	4,02	2,92	2,07	0,382	0,475	0,458	1,743	1,774	1,569
Gasolina 90	4,47	5,76	4,66	3,71	2,66	1,78	0,358	0,461	0,373	1,622	1,687	1,294
Gasolina 84	4,1	5,1	4,15	2,9	2,05	1,36	0,328	0,408	0,332	1,392	1,436	1,11
Diésel 2	4,61	6,1	5,59	2,1	1,54	1,44				1,275	1,452	1,336

Fuente. Superintendencia Nacional de Tributos (SUNAT), 2010

En los últimos años, el precio base de los combustibles experimentó un encarecimiento salvo en el GLP, cuyo precio base disminuyó un 20,36%, con el fin de promover su progresiva penetración en el mercado. El alza en los costos de los combustibles se debió al incremento progresivo del precio del petróleo; el del diésel 2 y el de las gasolinas de 97 y 95 octanos aumentó un 20%, el de las gasolinas de 84 y 90 un 1,22% y un 4,25%, respectivamente. La estructura del precio base, según el tipo de combustible, se caracteriza por tener al GLP como el de menor precio, seguido por las gasolinas de 84 y 90 octanos; además, la diferencia del precio de las gasolinas de 95 y 97 octanos y el del diésel 2, que son los combustibles más caros, es de un 2,5%.

El gobierno dispuso eliminar el ISC al GLP, como una medida para promover y masificar su uso y reducir el del resto de combustibles para atenuar los efectos económicos del aumento del precio de petróleo que tuvo lugar después del 2004; así, la gasolina de 84 octanos y el diésel 2, que son los combustibles más contaminantes, tienen menor costo que las gasolinas más limpias. El impuesto al rodaje también está eliminado para el GLP. El diésel 2 - utilizado mayoritariamente en vehículos de transporte de pasajeros, de carga y mercancías, y caracterizados por su elevado peso - también está exonerado del impuesto al rodaje, contraponiéndose al objetivo principal de su norma, en la que se definía que éste se aplicaba para resarcir daños a la infraestructura vial.

El IGV de las gasolinas de 95 y 97 octanos es mayor que el de los demás combustibles, debido a que también lo son el ICS y el impuesto de Rodaje. El precio de venta al público se obtiene adicionando al precio base más impuestos el valor del margen comercial; es por ello que las gasolinas de 97 y 95 son los combustibles de automoción más caros y el GLP el más barato. (Tabla 5.13).

De modo general, se puede afirmar que las gasolinas tienen diferentes impuestos, correspondiéndoles los más altos a las de mayor octanaje; de esta manera, se fomenta el uso de vehículos antiguos que funcionan con combustibles más contaminantes. Además, el comercializador asigna mayor margen de ganancia a las gasolinas que al diésel, y entre las primeras a las de mayor octanaje.

Tabla 5.13. Precio de combustibles (Nuevo Sol por galón).

Tipo de Combustible	Precio Ex Planta			Margen Comercial			Precio al Público		
	Ago 04	Feb 07	Ago 09	Ago 04	Feb 07	Ago 09	Ago 04	Feb 07	Ago 09
GLP	5,01	4,284	3,725	2,31	2,35	2,86	7,32	6,634	6,585
Gasolina 97	11,41	11,69	10,15	1,93	3,21	3,01	13,34	14,9	13,16
Gasolina 95	10,91	11,11	9,827	1,71	3,07	2,75	12,62	14,18	12,58
Gasolina 90	10,16	10,57	8,107	0,84	1,41	1,44	11	11,98	9,547
Gasolina 84	8,72	8,994	6,952	1,02	1,31	1,53	9,74	10,3	8,482
Diésel 2	7,985	9,092	8,366	0,55	1,02	2,17	8,535	10,11	10,54

Fuente: SUNAT, 2010.

El marco legal de los biocombustibles no hace referencia a incentivos tributarios o arancelarios; sin embargo, en toda su evolución se incide en el fomento de cultivos alternativos en la selva amazónica. En esta región, que goza de una serie de beneficios tributarios establecidos en la Ley de promoción de Amazonía, el aceite de palma es el cultivo que tiene el mayor potencial para el desarrollo de materias primas para la producción de biodiésel.

De lo que antecede se concluye que mientras se fomenta la promoción, producción y uso del biodiésel, no sucede lo mismo para el bioetanol lo que desvirtúa el artículo 1 de la Ley que establece la promoción del mercado de biocombustibles sobre la base de la libre competencia. En este sentido, la legislación peruana causa desigualdades tributarias tanto en las regiones del país como en los biocarburantes.

Entre los países de la región que sí contemplan beneficios e incentivos para el sector de biocombustibles, merecen señalarse los siguientes:

Argentina, mediante el Decreto 1381-2001 se exonera de la Tasa de Infraestructura Hídrica al biodiésel y al bioetanol. En Bolivia, el biodiésel está exento del Impuesto Específico a los Hidrocarburos (IEHD) y del Impuesto Directo a los Hidrocarburos (IDH); así mismo, hay una exención del 50% de la carga total impositiva al proceso de producción y comercialización del componente vegetal y una estabilidad fiscal por 10 años para los productores de biodiésel. El Ministerio de Minas y Energía del Brasil, en la política tributaria que afecta a los biocombustibles, propone medidas para su estímulo (Decreto N° 5267 del 2004). En Colombia, la mezcla de gasolina motor con alcohol carburante no se considera un proceso industrial o de producción (Ley 693); además, según la Ley de Reforma Tributaria (Ley N° 788), el precio del etanol no está afectado del Impuesto del Valor Agregado (Impuesto a las ventas), IVA, Impuesto Global y Sobretasa; también existen exenciones arancelarias para la importación de bienes destinados a la producción del alcohol carburante. En Paraguay, los beneficios para el biodiésel y el bioetanol se establecen en la Ley 2748.

Para un adecuado fomento y promoción del uso y producción de biocombustibles, es necesario que en el marco legal se incluyan beneficios a los que puedan acceder los diferentes agentes en la cadena productiva, así como el procedimiento para acogerse a ellos. Además, se deben definir el tiempo de duración del régimen promocional, las exoneraciones impositivas de aranceles y bienes de capital, y también los períodos de estabilidad fiscal y de gracia tributaria.

5.2.6 Demanda Interna de Etanol

La demanda de etanol está en función del consumo de gasolina, del porcentaje de su mezcla con la gasolina y de la forma progresiva en la obligatoriedad del uso de esta mezcla.

El consumo de las Gasolinas en el sector del transporte tuvo un crecimiento moderado en el período 1994 – 1996 (Tabla 5.14) y descendió, en un promedio del 3,3% anual, en el período 1997 – 2004 debido a que los consumidores optaron por el Diésel y el GLP. Esta disminución se acentuó en un 8,3%, en el año 2005, debido a la alta volatilidad e inestabilidad de los precios de las gasolinas (efecto de la temporada de huracanes en el Golfo de los Estados Unidos) y a la oferta más económica del GLP en el sector automotor acentuada por los beneficios e incentivos que recibió para su incorporación al mercado. En el año 2006, el consumo de las gasolinas fue de 20,1 MBPD, lo que comportó un ligero incremento del 0,6% respecto al año anterior debido a una mayor actividad económica.

Tabla 5.14. Consumo de Combustibles en el Sector Transporte (MBPD), período 1996 - 2009.

MBPD	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Diesel 2	53,1	53,5	55,1	56,2	54,8	50,1	49,2	54,2	63,7	58,6	59,8	60,7	61,8	62,8
Gasolinas	28,7	27,8	27,7	27,8	25,4	23,0	23,1	21,8	21,7	20,0	20,1	19,4	18,7	18,0
Residuales	30,8	26,3	29,0	28,1	26,8	23,2	24,3	22,2	27,0	23,6	20,0	19,4	18,8	18,2
GLP	8,7	9,4	11,1	12,9	13,6	14,1	16,1	17,5	18,1	21,4	23,8	25,8	27,3	29,0
Turbo ⁽¹⁾	9,8	9,4	9,2	8,4	8,4	9,5	4,3	3,0	2,9	2,0	4,5	4,7	4,8	5,0
Kerosene	13,9	13,8	13,4	13,3	13,8	15,1	17,6	11,8	6,9	4,5	1,8	1,6	1,5	1,3
Otros ⁽²⁾	4,0	6,5	3,8	6,6	6,0	6,8	6,6	4,5	4,7	4,1	4,5	4,5	4,4	4,4
Hidrocarburos Líquidos	149,1	146,7	149,4	155,2	148,8	141,9	140,2	135,1	145,1	134,2	134,2	136,0	137,3	138,8
Gas Natural ⁽³⁾	4,0	3,9	6,6	6,7	5,6	6,0	7,1	8,4	13,9	24,5	28,6	38,5	43,7	49,1
Total de Hidrocarburos	153,1	150,6	156,0	161,9	154,4	147,8	147,3	143,5	159,0	158,7	162,8	174,5	181,0	187,9
Variación Anual %														
Diesel 2	2,2	0,8	3,0	5,5	-5,8	-8,6	-1,7	10,2	17,5	-8,0	1,7	1,8	1,7	1,8
Gasolinas	5,1	-3,1	-0,4	0,2	-8,5	-9,4	0,5	-5,8	-0,3	-8,3	0,6	-3,5	-3,5	-3,5
Residuales	5,9	-14,8	10,5	-3,3	-4,8	-13,4	4,6	-8,4	21,5	-12,6	-15,1	-3,1	-3,1	-3,1
GLP	2,4	7,3	18,3	16,3	5,3	4,1	13,9	9,3	2,9	18,5	10,3	9,2	6,1	6,2
Turbo ⁽¹⁾	12,5	-3,7	-2,7	-8,9	1,0	12,7	-54,9	-30,7	-1,1	-32,8	129,3	3,4	3,0	3,0
Kerosene	-0,1	-1,0	-2,8	-0,7	3,4	9,5	16,7	-32,9	-41,3	-34,7	-60,4	-11,3	-7,8	-7,9
Otros ⁽²⁾	-9,1	64,2	-40,8	71,5	-8,5	13,1	-18,2	-19,8	4,6	-11,9	8,8	-0,7	-0,7	-0,7
Hidrocarburos Líquidos	3,6	-1,6	1,8	3,9	-4,1	-4,7	-1,2	-3,6	7,4	-7,5	0,0	1,4	1,0	1,1
Gas Natural ⁽³⁾	-7,0	-2,7	69,1	1,5	-16,8	7,3	19,3	18,5	64,2	76,5	17,0	34,5	13,6	12,2
Total de Hidrocarburos	6,3	-1,6	3,6	3,8	-4,6	-4,2	-0,3	-2,6	10,7	-0,2	2,6	7,2	3,7	3,8

⁽¹⁾ A partir del año 2002 las ventas en ala de avión a vuelos internacionales se consideran una exportación

⁽²⁾ Incluye: Gasolina Aviación, D2 Bunker, Hexano y Solventes, Asfaltos, Grasas y Aceites Lubricantes, Acido Naftenico, HOGBS, Crudo Reducido.

⁽³⁾ Expresado en miles de barriles equivalentes de petróleo por día

2007, 2008 y 2009 son valores estimados. Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, 2007

En la Tabla 5.15 se presenta la demanda nacional estimada de combustibles, considerando como horizonte de referencia el 2016. Para las Gasolinas, que vienen experimentando una disminución progresiva, a una tasa promedio anual de un 3,5%, se espera que en 2016 su

consumo sea de 14,1 MBPD (3.9 MBDP menos que en 2009); esta reducción se vincula con las condiciones económicas más favorables del GLP.

Es importante resaltar que, en el escenario considerado, desde 2010, la demanda estimada incluye el volumen de alcohol carburante (etanol anhidro desnaturalizado) en mezcla con la gasolina; por ello no se tuvo en cuenta las últimas modificaciones que hizo el gobierno al cronograma de aplicación de biocombustibles en el que se establecía su obligatoriedad a partir de 2010. Esta proyección se realizó según el Plan Referencial de Hidrocarburos 2007 – 2016, para lo cual se consideró la demanda histórica (Tabla 5.16) y las variaciones anuales del PIB, población y parque automotor.

Un escenario más realista para establecer la demanda, en el horizonte de referencia, es el que considera el uso progresivo del bioetanol según la última modificación al cronograma. Para este escenario, se determinó la participación promedio, en los últimos 10 años, de cada Departamento en la estructura del sector transporte (En la Tabla 5.17 se cita la estructura del sector Transporte referida a los automóviles grandes y pequeños); así, los Departamentos de Piura, Lambayeque, Tumbes, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Huánuco, Pasco y Junín, que totalizan aproximadamente un 16% de la demanda nacional, tienen la obligatoriedad de utilizar la mezcla de bioetanol con gasolina.

Además, se consideró que desde el 2011 los Departamentos de Lima, Ica, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa, Puno, Moquegua y Tacna, que representan un 82,2% del total de consumo de gasolina, demandarían el 50% de etanol previsto en el escenario 1, debido a que su uso fue obligatorio a partir del segundo semestre del año. En el 2012, se estimó que aproximadamente un 98,2% de los usuarios de gasolina consumirían el gasohol, y que a partir del 2013 su uso sería obligatorio en todo el país; ello justifica que, desde 2013 hasta 2016, este escenario coincida con el definido inicialmente en el Plan Referencial de Hidrocarburos. Ambos escenarios se contemplan en la Tabla 5.18.

Tabla 5.15. Demanda Estimada de Combustible (MBPD). Período 2010 - 2016.

MBPD	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Diesel 2	64,1	65,5	67,0	68,5	70,1	71,8	73,6
Requerimientos de Biodiesel ⁽²⁾	1,3	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
Gasolinas	17,4	16,8	16,2	15,6	15,1	14,6	14,1
Requerimientos de Etanol ⁽²⁾	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
Residuales	17,7	17,1	16,6	16,0	15,5	15,0	14,5
GLP	31,0	33,0	35,2	37,5	39,8	42,3	45,0
Turbo ⁽³⁾	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,5
Kerosene	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Otros	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2
Hidrocarburos Líquidos	140,9	143,3	145,8	148,7	151,9	155,3	158,9
Gas Natural ⁽⁴⁾	67,3	95,0	101,4	110,6	118,5	128,8	138,8
Total Hidrocarburos	208,2	238,2	247,2	259,3	270,3	284,1	297,7
Variación Anual (%)							
Diesel 2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,6
Gasolinas	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
Residuales	-3,1	-3,1	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
GLP	6,7	6,6	6,5	6,5	6,4	6,3	6,2
Turbo	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Kerosene	-8,6	-8,5	-8,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Otros	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Hidrocarburos Líquidos	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4
Gas Natural	37,1	41,2	6,7	9,1	7,1	8,7	7,7
Total Hidrocarburos	10,8	14,4	3,8	4,9	4,2	5,1	4,8

⁽¹⁾ La demanda de combustibles líquidos considera el efecto de sustitución del gas natural

⁽²⁾ El Biodiesel y el Etanol están incluidos en el volumen de Diesel 2 y Gasolinas respectivamente

⁽³⁾ No se incluye el turbo de exportación

⁽⁴⁾ Expresado en miles de barriles de petróleo equivalentes (No incluye el consumo de gas natural como insumo industrial: petroquímica y otros)

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, 2007

Tabla 5.16. Variables en Proyección de la Demanda

Variables	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PBI (Miles de millones de \$/ - 1994)	117,2	116,5	117,5	120,8	121,2	127,7	132,6	139,0	147,8	157,6
Población (Millones habitantes)	24,4	24,8	25,2	25,7	26,3	26,7	26,9	27,0	27,2	27,7
Parque Automotor⁽¹⁾										
Gasolina (Vehículos)	638 604	662 423	694 533	716 931	750 610	781 751	812 978	824 613	881 345	885 700
Diesel (Vehículos)	410 732	421 592	429 658	445 928	458 396	470 255	477 493	480 620	488 165	493 971
Variación Anual (%)										
PBI (%)	7%	-1%	1%	3%	0%	5%	4%	5%	6%	7%
Población (%)	2%	2%	2%	2%	3%	2%	1%	1%	1%	2%
Variación Parque Automotor (%)										
Gasolina	4%	4%	3%	5%	5%	4%	4%	1%	4%	3%
Diesel	3%	3%	2%	4%	3%	3%	2%	1%	2%	1%

Fuente: INEI / MEF / Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2007

Tabla 5.17. Estructura del Sector Transporte. Número de vehículos por departamento

Departamento	1999	%	2000	%	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	2007	%	2008	%	Media
Amazonas	1.183	0,11	1.287	0,11	1.590	0,13	1.777	0,14	2.019	0,16	2.768	0,21	3.349	0,25	3.684	0,27	3.720	0,26	3.901	0,26	0,19
Ancash	16.272	1,46	17.759	1,53	18.980	1,57	19.884	1,59	20.714	1,61	20.613	1,58	20.849	1,54	21.070	1,53	21.642	1,50	22.336	1,49	1,54
Apurímac	2.173	0,20	2.490	0,21	2.946	0,24	3.407	0,27	3.747	0,29	3.896	0,30	4.143	0,31	4.367	0,32	4.395	0,32	4.588	0,31	0,27
Arequipa	64.662	5,80	68.997	5,93	72.885	6,03	75.769	6,05	78.025	6,05	78.033	5,98	79.676	5,90	80.619	5,84	84.167	5,84	87.088	5,80	5,92
Ayacucho	2.941	0,26	3.367	0,29	3.770	0,31	4.193	0,33	4.558	0,35	4.658	0,36	4.974	0,37	5.176	0,38	5.338	0,39	5.504	0,37	0,34
Cajamarca	5.939	0,53	6.541	0,56	7.368	0,61	8.201	0,66	9.113	0,71	10.311	0,79	12.228	0,91	13.435	0,97	14.377	1,00	15.550	1,04	0,78
Cuzco	25.096	2,25	29.251	2,52	32.412	2,68	35.867	2,86	38.030	2,95	38.068	2,92	39.222	2,91	40.138	2,91	41.453	2,87	41.920	2,79	2,77
Huancavelica	769	0,07	829	0,07	911	0,08	957	0,08	1.047	0,08	1.092	0,08	1.208	0,09	1.313	0,10	1.332	0,09	1.378	0,09	0,08
Huánuco	10.397	0,93	10.519	0,90	10.818	0,89	11.192	0,89	11.624	0,90	11.847	0,91	12.269	0,91	12.527	0,91	12.555	0,87	12.518	0,83	0,90
Ica	20.463	1,84	21.052	1,81	21.837	1,82	22.751	1,82	23.649	1,83	23.538	1,80	24.008	1,78	24.255	1,78	24.566	1,74	24.784	1,65	1,78
Junín	39.583	3,55	41.164	3,54	42.553	3,52	43.973	3,51	45.545	3,53	45.713	3,50	46.746	3,46	47.256	3,43	48.840	3,39	50.219	3,35	3,48
La Libertad	37.412	3,36	38.856	3,34	40.119	3,32	41.454	3,31	42.837	3,32	43.339	3,32	45.325	3,36	46.466	3,37	48.946	3,39	51.008	3,40	3,35
Lambayeque	33.750	3,03	35.126	3,02	36.245	3,00	37.157	2,97	38.315	2,97	39.314	3,00	41.528	3,08	42.647	3,09	43.764	3,03	44.478	2,96	3,02
Lima	750.610	67,37	776.820	66,80	802.748	66,40	825.198	65,91	846.227	65,58	854.549	65,47	880.699	65,26	898.100	65,10	943.051	65,10	988.273	65,84	65,91
Loreto	5.352	0,48	5.442	0,47	5.510	0,46	5.542	0,44	5.610	0,43	5.825	0,45	6.170	0,46	6.489	0,47	6.404	0,44	6.338	0,42	0,45
Madre de Dios	603	0,05	604	0,05	630	0,05	654	0,05	695	0,05	771	0,06	881	0,07	975	0,07	1.014	0,07	1.008	0,07	0,06
Moquegua	7.740	0,69	8.030	0,69	8.258	0,68	8.508	0,68	8.773	0,68	8.979	0,69	9.428	0,70	9.717	0,70	10.754	0,75	12.006	0,80	0,71
Pasco	3.281	0,29	3.562	0,31	3.822	0,32	4.134	0,33	4.387	0,34	4.551	0,34	4.789	0,35	4.952	0,36	5.525	0,38	5.874	0,39	0,34
Piura	28.728	2,58	29.325	2,52	29.844	2,47	30.272	2,42	31.157	2,41	31.394	2,41	32.738	2,43	34.182	2,48	34.630	2,40	34.908	2,33	2,44
Puno	20.504	1,84	22.074	1,90	23.340	1,93	25.983	2,08	26.645	2,06	27.046	2,07	28.314	2,10	29.194	2,12	30.750	2,13	31.178	2,08	2,03
San Martín	4.329	0,39	4.603	0,40	4.837	0,41	5.091	0,41	5.373	0,42	5.992	0,46	6.784	0,50	7.627	0,55	7.618	0,53	7.581	0,51	0,46
Tacna	24.297	2,18	26.563	2,28	28.557	2,36	30.554	2,44	32.366	2,51	32.256	2,47	32.466	2,41	32.512	2,36	34.442	2,33	35.498	2,37	2,38
Tumbes	2.709	0,24	2.782	0,24	2.842	0,24	2.874	0,23	2.954	0,23	3.243	0,25	3.801	0,28	4.244	0,31	4.236	0,29	4.304	0,29	0,26
Ucayali	5.398	0,48	5.816	0,50	6.184	0,51	6.614	0,53	7.061	0,55	7.437	0,57	7.915	0,59	8.726	0,63	8.868	0,61	8.675	0,58	0,56
TOTAL	1.114.191	100,00	1.162.859	100,00	1.209.006	100,00	1.252.006	100,00	1.290.471	100,00	1.305.233	100,00	1.349.510	100,00	1.379.671	100,00	1.442.387	100,00	1.500.915	100,00	100,00

Referencia: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010

Tabla 5.18. Escenarios según Cronogramas, en MBPD.

Elaboración Propia

MBPD	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
GASOHOL	17,40	16,80	16,20	15,60	15,10	14,60	14,10
Bioetanol *	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
Bioetanol **	0,2	0,7	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1

* Escenario 1: Uso obligatorio de la mezcla de bioetanol al 7,8% con gasolina

** Escenario 2: Uso obligatorio del bioetanol, según cronograma modificado

5.2.7 Demanda de Área de Cultivo

Se consideran los dos procedimientos descritos en la Figura 4.9 (página 80).

- El proceso 1 considera que 1 tonelada de Caña de Azúcar produce 105 kg de azúcar, 30 kg de melaza y 7,5 litros de bioetanol y el proceso 2 considera que 1 tonelada de Caña de Azúcar produce 90 litros de bioetanol (Tabla 5.19a).
- Rendimiento por hectárea: 130 t de Caña de Azúcar.

Tabla 5.19a. Proyección de la Demanda de Bioetanol en el Perú

Año	Demanda de Etanol			Miles Toneladas de Caña de Azúcar		Miles de Hectáreas	
	MBD	M Galones	M litros	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 1	Proceso 2
2010	1.47	22 570	85 408	11 388	949	87.6	7.3
2011	1.45	22 270	84 270	11 236	936	86.43	7.2
2012	1.44	22 031	83 367	11 116	926	85.5	7.13
2013	1.41	22 668	81 993	10 932	911	84.1	7.01
2014	1.4	21 407	81 005	10 801	900	83.08	6.92
2015	1.38	21 130	79 958	10 661	888	82.01	6.83
2016	1.36	20 879	79 010	10 535	878	81.04	6.75

Fuente: PETROPERÚ 2007

El proceso 1 está referido a los ingenios azucareros existentes; en ellos la actividad principal es la producción de azúcar, ya que el alcohol se obtiene a partir de la melaza. En este caso, para satisfacer la demanda interna en el año 2011, se hubiese requerido aproximadamente 86.4M ha; es decir, que respecto al 2008, en el que se cosecharon 68.66 M ha, se debería ampliar el área agrícola para la caña de azúcar en un 26%. El proceso 2 hace referencia a la obtención directa de alcohol a partir del jugo de caña; para ello las nuevas empresas agroindustriales precisarán de una siembra de 7.2M ha de caña de azúcar.

Tabla 5.19b. Demanda de Bioetanol 2010 – 2016. Escenario 2

Año	Demanda de Etanol			Miles de ha	
	MBD	M Galones	M litros	Proceso 1	Proceso 2
2010	0,2	3066	11601,74	11,90	0,99
2011	0,7	10731	40606,10	41,65	3,47
2012	1,2	18396	69610,46	71,40	5,95
2013	1,2	18396	69610,46	71,40	5,95
2014	1,2	18396	69610,46	71,40	5,95
2015	1,1	16863	63809,59	65,45	5,45
2016	1,1	16863	63809,59	65,45	5,45

Elaboración Propia

A partir de la Figura 5.6 se calcula aproximadamente (Tabla 5.20) el área destinada para la producción de alcohol en el período 2000 – 2008. De las 68660 ha cosechadas en 2008, se destinaron 9.21 M ha para producir alcohol además de azúcar, y 59.45 M ha a la producción de azúcar.

Tabla 5.20. Superficie Aproximada en la Producción de alcohol

Año	Producción (l)	Miles de ha
2000	24038691,0	8,78
2001	20092613,0	7,34
2002	29797220,3	10,88
2003	30394700,0	11,10
2004	22189625,0	8,11
2005	16163115,0	5,90
2006	16392914,0	5,99
2007	20544334,4	7,50
2008	25210436,8	9,21

Elaboración Propia

Para satisfacer la demanda de bioetanol en el 2011 se hubiese necesitado, respecto a 2008, de 41659 ha, por lo que habría un excedente de 17790 ha (30%). Para cubrir la demanda del 2012, en que se hubiese precisado de un 71,43% más de etanol respecto a 2011, se necesitarían 71.4 M ha lo que exigiría a los ingenios azucareros ampliar la extensión de los sembríos de caña en 11.95 M ha

En el siguiente punto se determina el potencial de producción de alcohol de los proyectos anunciados cuyo objetivo es la obtención de etanol carburante para el transporte.

5.2.8 Potencial de Producción

El rápido crecimiento del sector de biocombustibles, la promulgación de la Ley N° 28054 (2003) y su Reglamento (2005), así como la reactivación económica del Perú y el fortalecimiento del sector azucarero, despertaron el interés de inversionistas para desarrollar proyectos de alcohol carburante, principalmente en la costa norte, a partir de la caña de azúcar. A partir de reportes e información en diarios de circulación nacional, los principales proyectos anunciados se citan en la Tabla 5.21

Del total de proyectos anunciados entre el período del 2005 al 2007, los de Caña Brava, MAPLE y COMISA, ubicados en Piura, y el del Grupo Gloria, en La Libertad, son los más representativos. Algunos proyectos, como los anunciados en la selva amazónica a partir de Caña de Azúcar y en la costa norte, a partir de sorgo azucarero, patata y batata, todavía no se han iniciado.

Para calcular el potencial de producción de etanol en Perú (Tabla 5.21) se definió un escenario con las siguientes características:

- **Materia Prima:** Caña de azúcar con un rendimiento igual a 130 t/ha. No se consideraron el sorgo, la patata, la batata o la remolacha debido a la poca experiencia en estos recursos.
- **Nuevas Instalaciones:** Las ubicadas en Piura (Caña Brava, Maple y COMISA) para la producción de alcohol a partir del jugo de caña, con un rendimiento igual a 90 litros de alcohol por tonelada de caña.
- **Instalaciones Existentes:** Las ubicadas en los principales ingenios azucareros, en los que se priorizaría la producción de azúcar para no perjudicar el consumo y suministro internos. El alcohol se obtendrá a partir de la melaza, con un rendimiento igual a 7,5 litros de alcohol por tonelada de caña.

Según este escenario, la demanda interna del 2011 se hubiese satisfecho con un 58,52% de la producción de Caña Brava. Se estima que los próximos años la demanda estará garantizada con la entrada en operación de otras plantas de etanol. Los niveles de producción previstos son elevados respecto a la demanda proyectada, lo que generará excedentes para la exportación del orden del 89% de la producción total. La estructura de la producción de etanol, en el período 2011 – 2016, será la indicada en la Tabla 5.22.

En 2005, el grupo Gloria proyectó la inversión de 60 millones de dólares, durante los 5 primeros años, para mejorar el rendimiento, la productividad, y ampliar el área cultivada. En 2006, sus 11500 ha de cultivo alcanzaron un rendimiento de 103 t/ha. En 2008, año en que se

cultivaron 18318 ha, se mejoró el rendimiento hasta las 166,78 t/ha. En su política de expansión y con el objetivo de adquirir mayor área de terrenos para la producción de bioetanol, el Grupo adquirió los ingenios agroindustriales de Casagrande, Cartavio, Chikito, Sintuco, San Juan y San Jacinto, alcanzando entre todas ellas un área de 47000 ha.

Tabla 5.21. Potencial de Producción de Bioetanol 2011 – 2016

REGIÓN	PROYECTO	Área aproximada ^ (ha)	Año ^ inicio	PRODUCCIÓN GRADUAL ESTIMADA (MBD)					
				2011	2012	2013	2014	2015	2016
Piura *	Caña Brava (Grupo Romero)	5931	2010	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
		4600	2012		0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	MAPLE	10680	2012		2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
	COMISA	22000	2013			4,44	4,44	4,44	4,44
Lambayeque**	Cayaltí y Bioterra	12000	2012		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Pomalca (Dedini)	7700	2012		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	Tumán	7400	2013			0,12	0,12	0,12	0,12
La Libertad**	Casa Grande – Cartavio - Chiquito - San Jacinto (Grupo Gloria)	47000	2012		0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
	Arena Dulce - Laredo (Grupo Manuelita)	10000	2012		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
TOTAL PRODUCIDO				1,20	5,57	10,13	10,13	10,13	10,13
TOTAL DEMANDADO				0,70	1,20	1,20	1,20	1,10	1,10
EXCEDENTES DE PRODUCCIÓN (Potencialmente Exportable)***				0,50	4,37	8,93	8,93	9,03	9,03
EXCEDENTES DE PRODUCCIÓN (%) ***				41,48	78,45	88,15	88,15	89,14	89,14

Referencia: Reportes de ingenios azucareros, años 2012 - 2013

^ Estimados según información de las empresas

* En Piura se producirá bioetanol en nuevas instalaciones, a partir del jugo directo de la caña

** En Lambayeque y Trujillo se producirá bioetanol en los ingenios ya existentes, a partir de la melaza. Las empresas prevén una mejora en sus instalaciones y procesos para aumentar rendimientos

*** Excedentes potencialmente exportables. Debido a que el marco legal no obliga a los productores a satisfacer la demanda interna, existe la posibilidad que toda la producción se exporte. En el escenario donde todas estas empresas estén funcionando, no estará regulado el mercado interno ni el de exportación.

Tabla 5.22. Estructura de la Producción de Bioetanol

Proceso de Obtención	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Directa - Jugo de caña (%)	100,00	76,84	86,04	86,04	86,04	86,04
Melaza (%)	0,00	23,16	13,96	13,96	13,96	13,96

Fuente: Elaboración propia

5.3 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO Y DE TIERRAS

La siembra y cosecha de materias primas para la obtención de biocombustibles, ha sido cuestionada respecto a los impactos generados. Los de mayor consideración son los relativos al uso y disponibilidad del recurso hídrico, al uso y cambio de la tierra, a la biodiversidad y a la seguridad alimentaria.

La Cordillera de los Andes, que cubre la mayor parte de la subregión conformada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, tiene un área aproximada de 470000 km², equivalente a un 26,5% de la región de América del Sur. Excepto Bolivia, estos países tienen 3 regiones geográficas (costa, sierra y selva) con características climatológicas diferentes. Las zonas costeras del Perú y de Ecuador son cálidas y secas, debido a la Corriente de Humbolt y a la influencia de la Cordillera de los Andes sobre las masas de aire húmedo y cálido provenientes de la cuenca del Amazonas. La sierra, con clima generalmente seco, es fría con temperaturas que varían según la altitud. La selva amazónica se caracteriza por tener temperaturas constantes todo el año, abundante precipitación y clima variado (seco, húmedo y tropical). A nivel regional, la precipitación se incrementa progresivamente hacia el norte debido a la menor altura que presenta la cordillera en esa dirección; así, cerca de la costa pacífica de Colombia la precipitación excede los 9000 mm/año, mientras que en la costa de Perú no supera los 25 mm/año [COELLO G. – CASTRO P. 2008]. La disponibilidad de recursos hídricos varía mucho dependiendo de la región; gran parte de Bolivia, Ecuador y Perú están en situación de escasez de agua, debido a que no disponen de la inversión económica necesaria para atender la demanda creciente de agua por las limitadas capacidades financieras, humanas e institucionales de estos países. La situación más crítica la presenta la franja costera de Perú, en la que más de un 60% del caudal de los ríos se utiliza para la agricultura, la industria y usos domésticos. Las Naciones Unidas señaló que la sobreexplotación de los recursos hídricos está dañando el medio ambiente en muchas de las principales cuencas, incluyendo la costa peruana y el sur de la costa ecuatoriana, en donde se ha superado el nivel necesario para mantener la integridad de sus cuencas fluviales.

De 180 países, a nivel mundial, el Perú ocupa el lugar 17 respecto a la disponibilidad hídrica; su costa representa la región más vulnerable. En relación a los cultivos de caña de azúcar, la costa norte tiene los valles en donde la escasez de agua es más crítica debido a prácticas ineficientes de riego y cultivo, a la limitada infraestructura existente, al mal aprovechamiento de los recursos existentes, a la elevada variabilidad estacional en el caudal de los ríos (fuertes sequías o grandes inundaciones) y a la deficiente gestión por parte de la administración pública.

La Figura del anexo 5.2 muestra que mientras la costa es la región que tiene mayor demanda y menor disponibilidad de agua, la sierra presenta un equilibrio entre estos parámetros y la selva se caracteriza por su elevada disponibilidad y baja demanda. Debido a que la producción del

etanol carburante y las plantaciones de caña de azúcar se concentran en Piura, es necesario determinar si el requerimiento de agua para regadío influye en la disponibilidad de agua.

Las cuencas de los ríos Chira y Piura constituyen los principales recursos de agua utilizada para riego en los cultivos. La cuenca geográfica del río Chira se ubica entre los paralelos 03°40'28" y 05°07'06" de latitud sur, y entre los meridianos 80°46'11" y 79°07'52" de longitud oeste; es una cuenca binacional con 17199.18 km², de los cuales el 41.93% están en territorio ecuatoriano y el 58.07% en Perú. El río Chira se interconecta con el río Piura mediante el proyecto "Chira – Piura", para aprovechar mejor los recursos hídricos a través de la regulación de las aguas en el reservorio de Poechos; de esta manera se puede satisfacer la demanda agropecuaria y agroindustrial de los valles del Chira, Medio Piura, Bajo Piura y Sechura. Poechos irriga el valle del Chira mediante el Canal Miguel Checa, la presa Sullana y los canales Norte y Sur; la derivación de las aguas desde Poechos a la cuenca de Piura se realiza mediante el canal de Daniel Escobar. En la Figura del anexo 5.3, se aprecia el sistema Chira – Piura.*

El Reservorio de Poechos, considerado como la obra central del proyecto Chira – Piura, que inició su funcionamiento en 1976, se diseñó para una capacidad de almacenamiento de 886 MMC. En 2006, después de 30 años de operación, se determinó que su capacidad disminuyó, como consecuencia de la sedimentación acumulada, en un 45.7% (403 MMC); el fenómeno del Niño en los años 1983 y 1998 contribuyó con un total de 151 MMC de sedimentos.*

El río Chira, uno de los más caudalosos de la costa norte del Perú, desemboca en el Océano Pacífico; en el territorio ecuatoriano sus aguas son poco utilizadas debido a la carencia de áreas agrícolas extensas. Inicialmente, la cuantificación peruana del recurso hídrico se hizo en la estación "La Ardilla", ubicada en el límite con Ecuador; con la construcción del reservorio de Poechos, la cola de éste inundó aquella estación, por lo que la entrada del río Chira al Perú coincide con el embalse, y el recurso se mide por el balance que resulta entre el volumen almacenado y las salidas por el aliviadero, el túnel y el canal de derivación. Los ríos Quiroz y Chipillico son afluentes del río Chira; sus aportes se realizan antes y después de la presa Poechos; estos ingresos de agua corresponden a los excedentes resultantes después de atender la demanda de los valles San Lorenzo, Quiroz y áreas menores; sus registros se incluyen en los aforos evaluados tanto en la presa Poechos como en la presa Sullana [ANA, 2001, 2011].

5.3.1 Aporte hídrico del río Chira

Para un 75% de persistencia, se tiene una masa mensual de 76.4 MMC (Figura 5.9) y un total anual de 1600.8 MMC (Figura 5.10); estos valores se obtuvieron considerando los registros desde 1976 de la estación “La Ardilla”

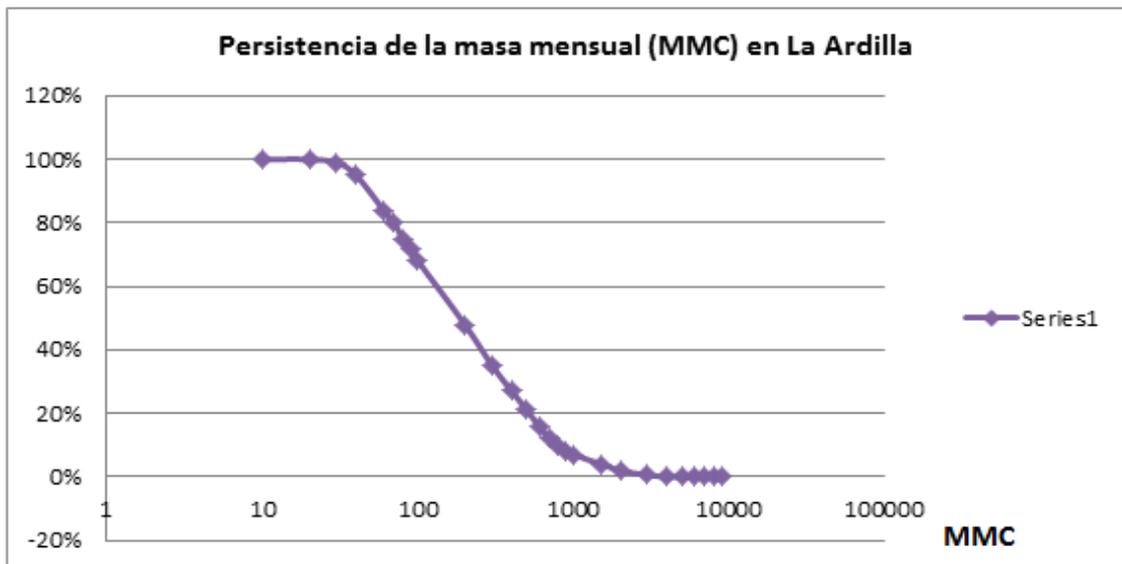


Figura 5.9. Persistencia de la masa de agua (MMC) del Río Chira en la estación “La Ardilla”. Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Base de datos del Proyecto Chira – Piura, años 1976 – 2006.

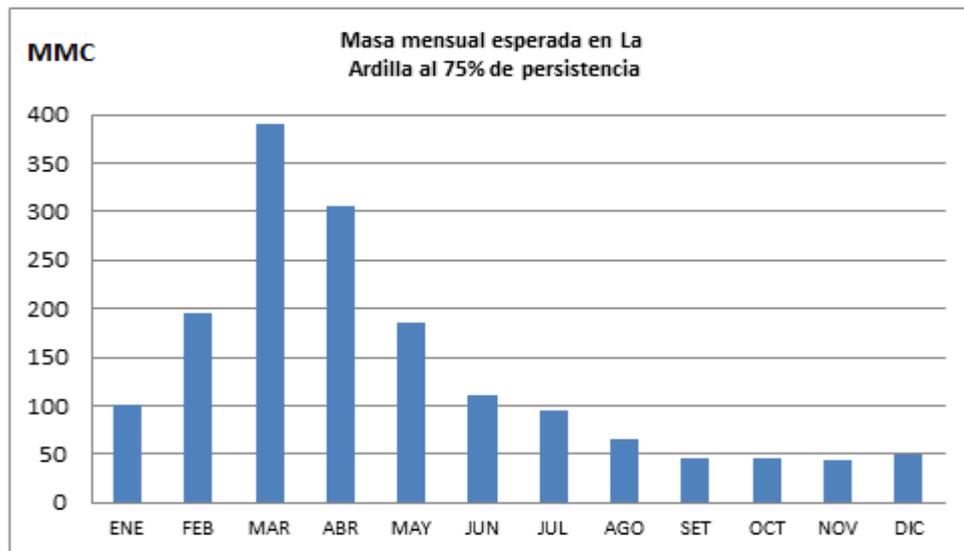


Figura 5.10. Masa mensual esperada a lo largo del año al 75% de persistencia en La Ardilla. Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Datos estadísticos estación “Ardilla” – Proyecto Chira – Piura..

La Figura 5.11 muestra la variación de la masa anual en época de máxima avenida (entre los meses de enero y abril). La masa anual promedio es de 3392 MMC; los máximos valores han sido de 16000 y 18000 MMC y se registraron en 1983 y 1998, respectivamente, como consecuencia de las intensas lluvias que presentó el fenómeno del Niño en esos años; además, se aprecia la existencia de años con masas anuales superiores a los 6000 MMC y que en promedio tienen 7045.1 MMC (Tabla 5.23a); para el resto de los años, la masa promedio anual disminuye a 2921 MMC (Tabla 5.23b).

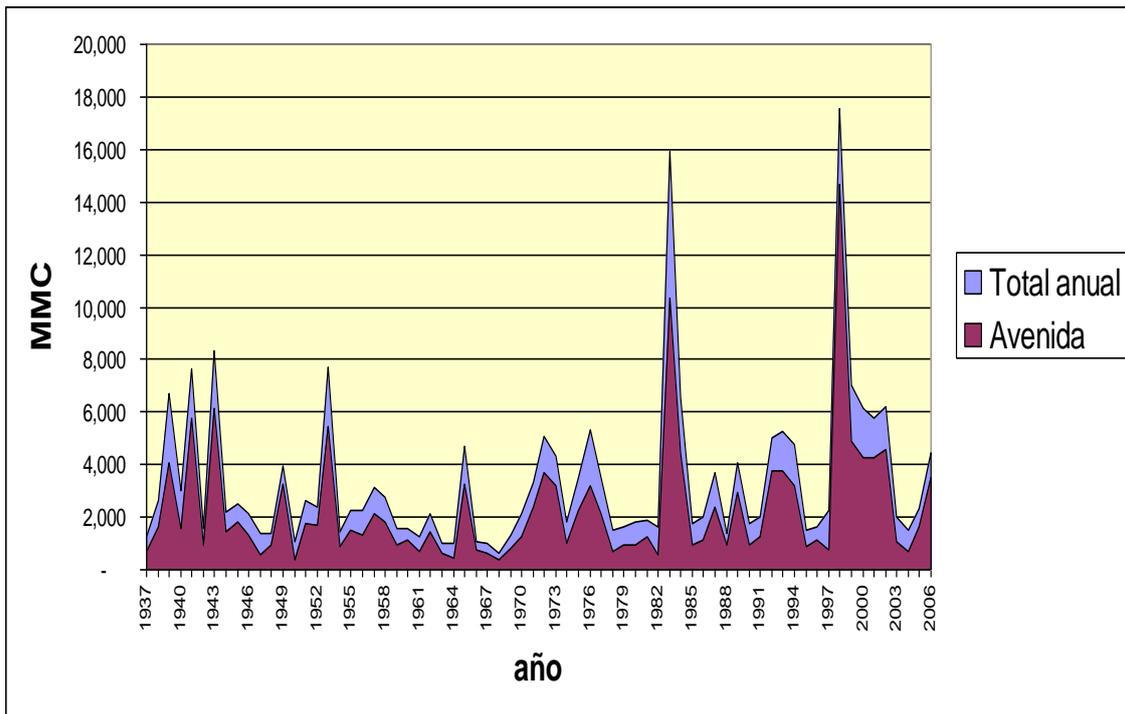


Figura 5.11. Variación de la masa anual del Río Chira en época de máxima avenida. Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Datos estadísticos estación “Ardilla”.

Tabla 5.23a. Registro de masas anuales

Año	1939	1941	1943	1953	1984	1999	2000	2002	Promedio
Masa (MMC)	6725.7	7644.2	8363.3	7683.5	6602.4	7017.4	6113.6	6210.7	7045.1

Fuente: Datos estadísticos estación “Ardilla”. Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Datos estadísticos estación “Ardilla”.

En la Figura 5.12 se ilustran las masas mensuales, promedio y mínimas, registradas sin años húmedos.

Tabla 5.23b. Masa promedio del Río Chira (MMC).

	Series totales incluyendo fenómeno del Niño y años húmedos		Sin fenómeno del Niño, ni años húmedos	
	Masa anual	Masa Avenida	Masa anual	Masa Avenida
MED	3392	2290	2921	1947
Desv. Est.	3003	2314	2855	2224

Fuente: Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Datos estadísticos estación "Ardilla".

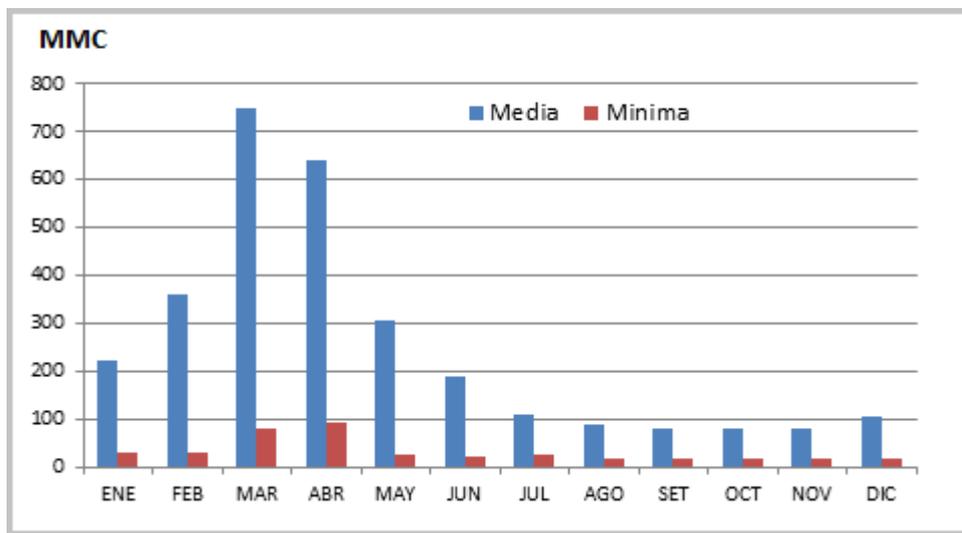


Figura 5.12. Masa mensual promedio y mínimas registradas en Estación Ardilla (1937 – 2006), sin años húmedos. Fuente: Fuente: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Datos estadísticos estación "Ardilla".

Para determinar los excedentes no aprovechados se consideran los recursos disponibles del sistema Chira – Piura, a saber:

- Río Chira al 75% de persistencia
- Río Piura al 75% de persistencia
- Aguas de retorno, estimadas en un 35% de la demanda atendida entre:
 - Poechos – Sullana: consideradas para satisfacer la demanda del Bajo Chira
 - Sullana – Monterón: no comprometidas y con libre disponibilidad
 - Monterón – El Arenal: no comprometidas.

Para determinar los requerimientos se consideraron las demandas históricas promedio siguientes:

- Valle de Piura: Medio Piura, Bajo Piura y Sechura
- Alto Chira, Cieneguillo y Poechos Pelados: irrigados por el canal Miguel Checa
- Bajo Chira.

Además, se consideraron las siguientes demandas hidráulicas:

- Consumo poblacional de la ciudad de Sullana: 0,5 m³/s
- Eje Paita – Sullana: 0,8 m³/s
- Consumo ciudad de Piura: 1m³/s
- Caudales ecológicos: río Chira (5m³/s) y río Piura (1m³/s).

La Tabla 5.24 recoge los datos mensuales que permite determinar el balance respecto a la demanda y disponibilidad del sistema Chira Piura, desde Poechos hasta la zona de Monterón.

Tabla 5.24. Balance de requerimientos y disponibilidad en la cuenca del Chira - MMC

	Ene	Feb	mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
REQUERIMIENTOS													
USO AGRÍCOLA	125.07	149.80	191.56	189.35	176.93	107.50	81.59	113.89	135.27	140.17	124.74	111.14	1647.0
Chira(Alto y Bajo)	63.74	77.55	103.25	106.32	99.54	66.86	57.19	81.75	92.28	97.98	91.21	75.34	1013.0
Piura	61.33	72.25	88.3	83.03	77.39	40.64	24.40	32.14	42.99	42.19	33.53	35.80	634.0
USO POBLACIONAL	6.16	5.61	6.16	5.96	6.16	5.96	6.16	6.16	5.96	6.16	5.96	6.16	72.6
Sullana o.5 m ³ /s	1.34	1.22	1.34	1.30	1.34	1.30	1.34	1.34	1.30	1.34	1.30	1.34	15.8
Eje Paita Talara 0.8m ³ /s	2.14	1.96	2.14	2.07	2.14	2.07	2.14	2.14	2.07	2.14	2.07	2.14	25.2
PAS 1m ³ /s	2.68	2.44	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	2.59	2.68	2.59	2.6	31.6
CAUDAL ECOLÓGICO	16.07	14.63	16.07	15.55	16.07	15.55	16.07	16.07	15.55	16.07	15.55	16.07	189.3
Chira 5m ³ /s	13.39	12.19	13.39	12.96	13.39	12.96	13.39	13.39	12.96	13.39	12.96	13.39	157.8
Piura 1m ³ /s	2.68	2.44	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	31.6
TOTAL REQUERIDO	147.3	170.03	213.78	210.86	199.16	129.01	103.82	136.12	156.78	162.4	146.25	133.37	1908.9
DISPONIBILIDAD													
Ríos al 75% persistencia	93.64	190.84	402.31	314.45	185.68	126.26	101.47	63.02	44.64	44.7	47.51	65.42	1679.94
Chira en Ardilla	93.6	182.2	373.8	292.5	175.5	120.9	96.5	61.9	44.4	44.6	47.5	65.4	1600.8
Piura en Ejidos	0.02	8.62	23.56	21.95	10.16	5.41	2.97	1.13	0.25	0.07	0.04		79.2
Aguas de retorno	10.32	23.98	34.74	47.69	50.40	34.19	24.33	20.62	24.57	23.50	19.74	16.49	230.56
Entre Poechos y Sullana	7.37	17.12	24.80	34.05	35.98	24.41	17.37	14.72	17.54	16.78	14.09	11.77	236.0
Entre Sullana y Monterón	2.95	6.86	9.94	13.64	14.42	9.78	6.96	5.90	7.03	6.72	5.65	4.72	94.6
Total disponible	103.96	214.82	437.05	362.14	236.08	160.45	125.80	83.64	69.21	68.20	67.25	81.91	2010.5
Excedente hídrico en el sistema													
Chira Piura	43.34	44.79	223.27	151.28	36.92	31.44	21.98	52.48	87.58	94.20	79.01	51.46	101.6

FUENTE: IHHS, UDEP 2008. Referencia: Base de datos del Proyecto Chira – Piura.

En la cuenca del Chira desde Poechos – Monterón, se estima un excedente anual de 101.6 MMC; el criterio utilizado es considerar la distribución del recurso sin incluir la capacidad reguladora de la presa de Poechos. Se aprecia que de agosto a enero hay déficit de recurso, por lo que la demanda es atendida mediante el caudal regulado. Además, el caudal estimado

de aguas de retorno asciende a 94.6 MMC anuales, con un valor mínimo en enero (2.95 MMC) y un máximo en mayo (14.42 MMC). Desde Poechos hasta El Arenal, se estima un exceso hídrico anual de 330.4 MMC. La Figura 5.13 muestra el total requerido, el total disponible y el exceso/déficit en toda la cuenca del Chira desde Poechos.

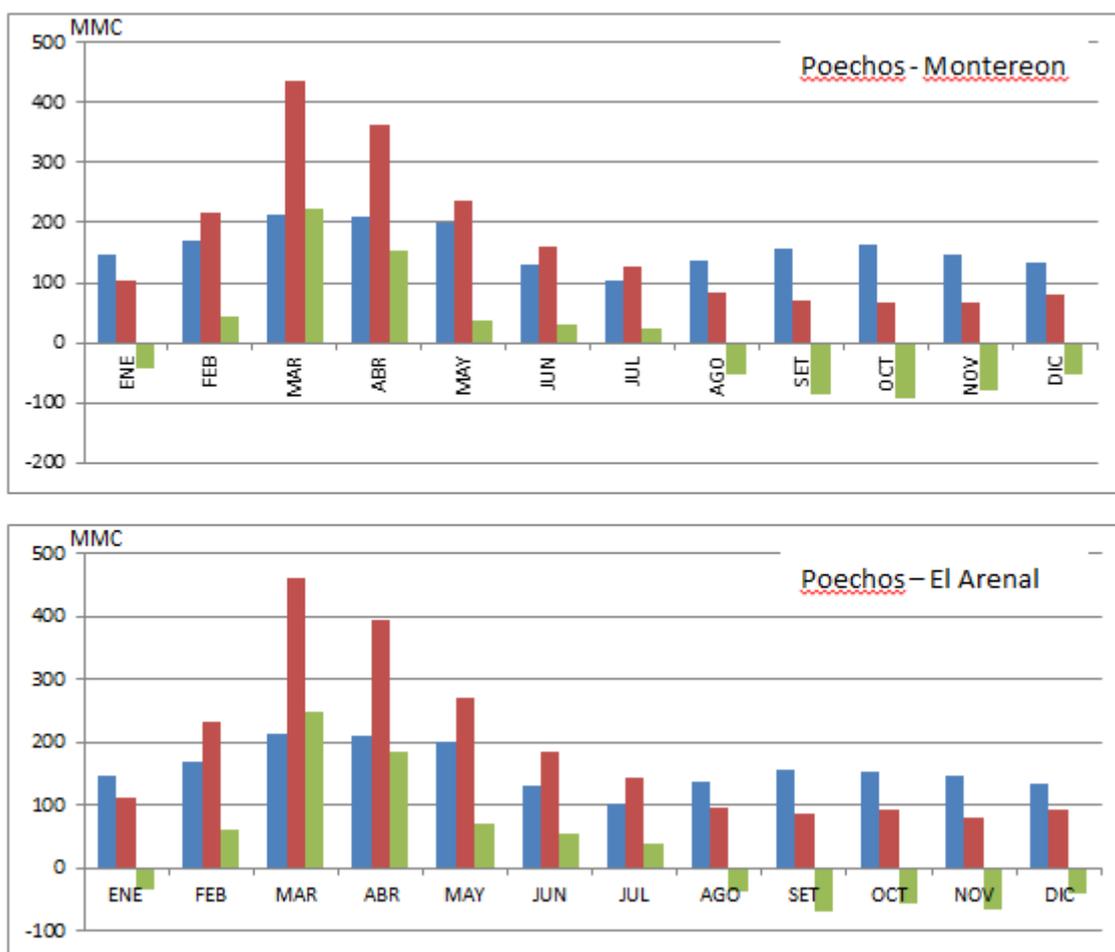


Figura 5.13 Caudales requerido (azul), disponible (rojo) y exceso/déficit (verde) en la cuenca del Chira, desde Poechos. Fuente: IHHS, Udep 2008. Referencia: Registros estadísticos estación “Ardilla”.

Para determinar la influencia de la demanda de agua para el riego de la caña de azúcar en la producción de biocombustibles, se presentan 3 escenarios (Tabla 5.25)

Escenario 1: Conservador

Considera la disponibilidad estimada en un 40% de la capacidad de embalse de la presa Poechos y la demanda hídrica de los proyectos de etanol previstos en Piura.

Escenario2: Intermedio

Considera la disponibilidad estimada en un 40% de la capacidad de embalse de la presa de Poechos, la mejora de un 10% en la eficiencia del riego y la demanda hídrica de los proyectos de etanol previstos en Piura.

Escenario 3: Optimista

Considera la disponibilidad de una mejora en un 10% en la capacidad del embalse de la presa, respecto del escenario 1, y la demanda de agua de los proyectos previstos.

En los 3 escenarios, la demanda de agua de los cultivos de caña de azúcar para los proyectos previstos de producción de etanol no vulneraría la disponibilidad del recurso hídrico del sistema Chira – Piura.

Se estima que el recurso hídrico disponible para ampliar la frontera agrícola, según el escenario 1, es de 234.89 MMC. Los escenarios 2 y 3, en los que la disponibilidad aumenta en un 77.17% y en un 37.72% respecto al escenario 1, consideran medidas de mejora en el uso y aprovechamiento del recurso hídrico. Algunas de las causas de la baja eficiencia en el riego son la reducida seguridad en los derechos de agua asignados, los deficientes sistemas de medición del consumo y del control de pagos, el desconocimiento y falta de inversión para sustituir los sistemas precarios existentes, la falta de medidas de mantenimiento, la existencia de sistemas de riego por gravedad e inundación, y la falta de incentivos para promocionar el uso racional de los recursos hídricos y energéticos.

La producción de biocombustibles también generó controversia por el uso y la disponibilidad de la tierra. En el caso de los proyectos de etanol carburante en Piura, a partir de la caña de azúcar, los terrenos para siembra y cosecha de ésta se caracterizan por ser eriales y no tener uso agrícola anterior por lo que no hay sustitución o reemplazo de cultivos para alimentación por otros con fines agroenergéticos.

Estos eriales se enmarcan dentro de la Ley de Promoción de Inversiones en el sector agrario, aprobada en el Decreto Legislativo N° 653 del 01 de agosto de 1991, en su Reglamento mediante DS N° 048-91-AG y en la Ley de Tierras N° 26505 (del 18 de julio de 1995). Además, el DS N° 026-75-AG (22 de enero de 1975) aprobó el Reglamento de Clasificación de Tierras, y estableció 5 clases de capacidad de uso mayor de las tierras.

Tabla 5.25. Escenarios de la demanda de agua

Demanda / Disponibilidad	Escenario 1: Conservador m3/s	Escenario 2: Intermedio m3/s	Escenario 3: Optimista m3/s
<u>DEMANDA</u>			
<u>Uso agrícola</u>			
Valle del Chira	1013	844	1013
Valle del Piura	634	528	634
<u>Uso poblacional</u>			
Sullana (0.5 m3/s)	15.8	15.8	15.8
Eje Paita - Talara (0.8 m3/s)	25.2	25.2	25.2
Piura (1 m3/s)	31.6	31.6	31.6
<u>Caudal ecológico</u>			
Chira (5m3/s)	157.8	157.8	157.8
Piura (1 m3/s)	31.5	31.5	31.5
Total: A	1908.9	1633.9	1908.9
<u>DISPONIBILIDAD</u>			
Ríos al 75 % de persistencia			
Río Chira	1600.8	1600.8	1600.8
Río Piura	79.2	79.2	79.2
Aguas de retorno	559.39	466.16	559.39
Total: B	2239.39	2146.16	2239.39
Diferencia "Naturalizada": C= B-A	330.49	513.26	330.49
Almacenamiento de Poechos: D (MMC)	40% (886) 354.4	40% (886) 354.4	50% (886) 443
Demanda proyectos etanol (MMC): E	450	450	450
DISPONIBILIDAD con embalse POECHOS (MMC): C+D-E	234.89	417.66	323.49

Referencia: IHHS, UDEP 2008

Perú tiene 128,5 millones de hectáreas disponibles de tierra, de los cuales un 12% está en la costa, un 28% en la sierra y el 60% en la selva. La promoción, uso y desarrollo de los biocombustibles debe enfocarse contemplando la gestión de los recursos (hídricos y de tierras) a un nivel multisectorial que permita tener una adecuada valoración sostenible de los mismos. El mantenimiento y desarenado continuo de las presas existentes, así como la construcción de nuevos embalses y presas, representan una solución para atenuar la limitación del recurso hídrico; según el Ministerio de Agricultura, existe un potencial de 157200 ha de eriales disponibles para la siembra y cosecha de caña de azúcar bajo riego presurizado ó 114723 ha con riego por gravedad; además, existe la posibilidad del aprovechamiento de fuentes hídricas subterráneas en épocas de máxima avenida; así, en la costa existen 26104 pozos de agua subterránea con un volumen de reserva de 11773 MMC y un volumen posible a explotar de 7618 MMC [TUJILLO J. 2007].

De los 128,5 millones de ha, un 6% (7,7 millones de ha) son aptas para cultivos agrícolas, un 14% para pastos y un 38% para explotaciones forestales. El 42% restante son tierras de protección, es decir, que son áreas con limitaciones económicas para la producción. De las áreas con disponibilidad agrícola, entre un 55% y un 60% están afectadas por la erosión; en la costa existen aproximadamente 300000 ha con problemas de salinidad [SÁNCHEZ F, ORREGO - R].

5.4 SEGURIDAD ALIMENTARIA

Las principales fuentes de la bioenergía son los cultivos energéticos, los residuos forestales y los desechos orgánicos. El crecimiento de la bioenergía está impulsado principalmente por el precio de los combustibles fósiles, los precios de las materias básicas agrícolas y las políticas adoptadas por cada país [FAO, 2008].

Los mercados de la energía y la agricultura están vinculados entre sí debido a que la agricultura consume y produce energía. El aumento en el precio del petróleo contribuye significativamente en el incremento del precio de los alimentos y de los productos básicos agrícolas, principalmente los de aquellos que consumen grandes cantidades de energía, fertilizantes y requieren procesos de mecanización para siembra y cosecha. El desarrollo y producción de biocombustibles líquidos generó, en la primera década de este siglo, un debate internacional sobre su influencia en la seguridad alimentaria.

El IICA define “la seguridad alimentaria” como la existencia de condiciones que posibilitan, a los seres humanos, tener acceso físico, económico y de manera socialmente aceptable a una dieta segura, nutritiva y acorde con sus preferencias culturales, que les permita satisfacer sus necesidades alimentarias y vivir de una manera productiva y saludable [IICA, 2009]. En 1996, en la cumbre mundial de la alimentación, la FAO estableció que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades y preferencias alimenticias, a fin de llevar una vida activa y sana. Esta definición comporta para los alimentos cuatro dimensiones: disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad. Para determinar cómo influye la producción del bioetanol (en el norte del Perú) en la seguridad alimentaria del país, se analiza cada una de estas dimensiones [FAO, 2008 (b)].

▪ Disponibilidad

La dimensión de disponibilidad hace referencia a la existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de la importación. Los 2 proyectos previstos para producir etanol carburante en la costa norte del Perú, al desarrollar el cultivo de la caña de azúcar en tierras eriazas, no ponen en riesgo la producción local y regional de otros cultivos destinados para la alimentación, ya que estos últimos se desarrollan en terrenos clasificados como agrícolas. Además, el uso de tierras para la producción de caña de azúcar, como materia prima del etanol, es insignificante respecto al área agrícola disponible en todo el país, ya que las 25000 ha previstas con este fin sólo representan un 0.34% respecto al total del área clasificada como agrícola.

Los impactos de los biocombustibles en la seguridad alimentaria se pueden diferenciar según su materia prima. De todos los biocombustibles líquidos, solo el etanol a partir de la caña de azúcar producido en Brasil ha sido competitivo de forma constante en los últimos años, pese a no recibir subsidios de manera continua; en los demás casos, las políticas de apoyo en los países de la OCDE⁵⁵ han sido determinantes para fomentar el cultivo de las materias primas de los biocombustibles. Así, una parte de los aproximados USD \$280 billones aplicados anualmente por estos países en subvenciones a los agricultores, que contribuyen con el 30% del rendimiento bruto de la actividad rural, han determinado una reducción de alimentos en los países en desarrollo. En este sentido, y a título de ejemplo específicamente representativo, tenemos que la gradual reducción en el cultivo de maíz en países de Iberoamérica (México, Colombia, Guatemala) productores tradicionales de este cereal se ha debido a los excedentes exportados a precios inferiores a sus costos, como resultado de las muy elevadas producciones de maíz de EEUU. También, los combustibles fósiles recibieron un subsidio de \$ 450 billones anuales (AIE, París)

- **Acceso**

El acceso hace referencia a que las personas tengan recursos adecuados para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva; además, depende de las condiciones de renta de la población y de la infraestructura de transporte, almacenaje y distribución. Los proyectos de producción de etanol carburante en Piura favorecen esta dimensión de la seguridad alimentaria debido a la generación de empleo (directo e indirecto) incrementando con ello el poder adquisitivo de los pobladores.

- **Utilización**

La utilización se refiere al uso biológico de los alimentos mediante una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica para lograr un estado de bienestar nutricional en el que se satisfagan las necesidades biológicas. Cabe aquí la misma valorización positiva que en la dimensión del acceso. Esta dimensión se ve fortalecida por las políticas de responsabilidad social que tienen las empresas productoras al implementar obras de infraestructura que mejora el acceso a servicios básicos (luz, agua, alcantarillado).

- **Estabilidad**

La estabilidad está relacionada al alcance de los alimentos en todo momento. En este sentido, la producción de biocombustibles puede afectar a esta dimensión cuando éstos desplazan la producción de alimentos o generan incrementos en su precio. Debido a que la caña de azúcar se siembra en terrenos eriazos, sin uso anterior, y a que los incrementos de precio se deben principalmente a las variaciones en el precio del petróleo, la producción de bioetanol no afecta esta dimensión. Los aumentos en los precios de las materias primas agrícolas pueden

⁵⁵ OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

atribuirse, mayoritariamente, a factores que no están relacionados con la producción de biocombustibles como son, por ejemplo, la creciente y continua demanda de alimentos para animales, la especulación financiera en los mercados internacionales de productos alimentarios, las pérdidas de cosechas causadas por eventos climáticos externos, los elevados precios del petróleo y los altos costos relacionados con los fertilizantes.

La Figura 5.14 nos muestra las toneladas de producción entre los años 2004 y 2010, de 5 artículos alimenticios representativos e importantes en el Departamento de Piura.

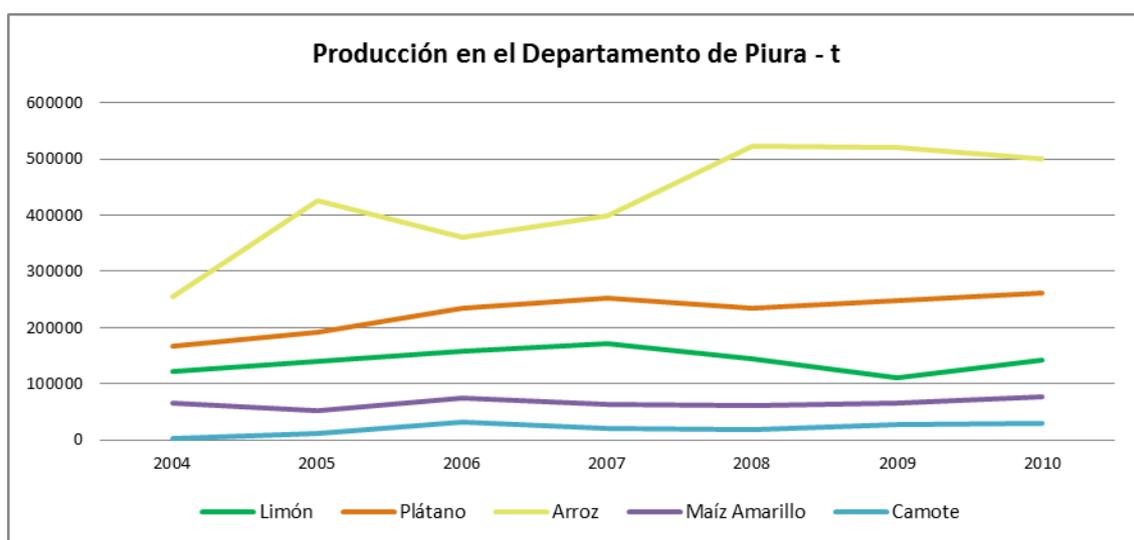


Figura 5.14 Producción de artículos representativos de Piura, en el período 2004 – 2010. Fuente: Dirección Regional de Agricultura, 2011. Elaboración propia.

Debido a la recuperación en la disponibilidad del recurso hídrico, tras la sequía sufrida en 2004, se aprecia un aumento de la producción en el período 2004 – 2006 de los 5 cultivos representativos de Piura indicados en la Figura 5.14. La misma evolución se observa entre 2006 y 2010 si se exceptúa la producción de limón, que disminuyó debido a que los productores destinaron parte del área de este cultivo a otros productos. Este comportamiento se debió principalmente al incremento de capitales de inversión, así como a la mayor apertura y demanda nacional. La producción del plátano experimentó una tendencia de crecimiento continua; en 2010 su producción se incrementó un 56% respecto a la del 2004. El camote registró el mayor porcentaje de crecimiento; respecto al 2004, su producción en el 2010 aumentó un 844%. El maíz amarillo, que en el 2010 aumentó en un 16 % respecto al 2004, es el cultivo que presenta menor variación en sus niveles de producción.

Un caso de interés particular es el comportamiento de la producción de arroz, un alimento considerado por la población como imprescindible en la canasta familiar. Después de la sequía, su aumento fue de un 41.4%; entre 2006 y 2008 creció un 45.3% debido a una mayor demanda

y disponibilidad del recurso hídrico y al incremento en los capitales de inversión; sin embargo, el aumento de los precios en los insumos agrícolas y la crisis del 2008, determinaron que la producción se redujera en un 4.3% entre el 2008 – 2010.

La adecuación de la tierra para la siembra y cosecha de caña de azúcar en terrenos eriazos, iniciada en el 2006, para la producción de bioetanol no influyó negativamente en los niveles de producción de otros cultivos de interés alimentario en el departamento de Piura. La disminución de la producción se debió principalmente a factores climatológicos (sequías o fenómenos del Niño) y a los mayores precios del precio del petróleo y de los insumos agrícolas.

La disminución en la producción de algunos alimentos también se relaciona con la reducción en su demanda debido a nuevos hábitos alimenticios y a los cambios sociales progresivos que adopta la población y que inciden en la incorporación de nuevos productos alternativos al consumo alternativo tradicional. Sin embargo, la seguridad alimentaria se ve influenciada positivamente porque la implementación de los proyectos de siembra y cosecha para la caña de azúcar ha permitido capacitar a los pequeños agricultores de la zona y tener cosechas con mayor productividad.

5.5 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO E IMPACTO AMBIENTAL EN LA ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA

Los dos proyectos dedicados a la producción de bioetanol, a partir de la caña de azúcar, son:

- El Proyecto Agroindustrial Caña Brava (PACB), de la empresa Agrícola del Chira, perteneciente al grupo inversor Romero de capital peruano.
- El Proyecto Agroindustrial de Producción de Etanol Automotor (PAME), de la empresa Maple Etanol SRL

Estos proyectos se ubican en las provincias de Sullana, Paita y Piura del departamento de Piura, en la costa norte del Perú. Las características técnicas de ambos proyectos se citan en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Características de los proyectos de producción de etanol en el Departamento de Piura

Proyecto / Empresa	Extensión Total (ha)	N° Fundos Lotes	Capacidad de Producción (t caña / día)	Producción Etanol (Litros / día)	Demanda de Agua Hm3/año	Potencia eléctrica de la Central Térmica (MW)
PACB	11342	4	4000	300000	(**)	6
PAME	10676	11	5000	400000	180	20 – 37

Fuente: Informes Corporativos para los PAME (2007) y PACB (2010)

** La demanda de agua estimada (m3/ha/año) es:

En dos de los fundos: 14000

En un fundo: entre 10000 y 12000

En un fundo: 17000

En el PACB, se estima que no todos los lotes tienen la misma demanda de agua debido a la diferente capacidad de retención del recurso hídrico que poseen los terrenos.

Las áreas agrícolas para la siembra, cultivo y cosecha de caña, así como las instalaciones industriales para la producción del alcohol, abarcan los distritos indicados en la Tabla 5.27 y definen las zonas de influencia directa de los proyectos considerados.

Tabla 5.27. Distritos de la zona de influencia directa de la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar en el Departamento de Piura.

Provincia	Distrito	Empresa	
		PACB	PAME
Sullana	Sullana	x	
	Ignacio Escudero	x	
	Miguel Checa		X
Paita	Tamarindo	x	
	La Huaca	x	X
	Paita	x	X
	El Arenal		X
Piura	Tambogrande	x	

Fuente: Elaboración propia. Referencia: empresas del sector

En estas zonas es donde se producirán de modo directo los efectos e impactos⁵⁶ (positivos / negativos) en las diferentes fases de realización de los proyectos y donde tendrá lugar la mayor afluencia y tránsito de vehículos (ligeros y pesados), personas y residuos.

⁵⁶ Para la descripción y caracterización medioambiental, así como para la evaluación de impactos se tomó como referencia el "Estudio de Impacto Ambiental – EIA", elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / "Estudio de Impacto Ambiental – EIA", elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A.

El acceso desde la ciudad de Piura hasta la ciudad de Sullana, distante 40 Km, es por carretera y se hace en unos 40 minutos. Desde Sullana se accede a las zonas de influencia por las carreteras asfaltadas “Ignacio Escudero – Tamarindo” y “Sullana – Paita”.

5.5.1 Descripción del Medio Físico

Clima y meteorología

En la costa, en el período entre los meses de diciembre y abril, la temperatura promedio es de 32 °C y el nivel promedio de lluvias de 13 mm; en los demás meses del año, carentes de lluvia, la temperatura promedio es de 25°C.

El clima en su área de influencia es del tipo desértico o árido tropical, y los valores de las temperaturas máximas y mínimas promedio son de 37°C y 19°C, respectivamente. La zona es seca, con precipitaciones promedio de 200 mm. En la Tabla 5.28 se indican los valores promedio para la temperatura, nivel de precipitación y humedad relativa, a partir de datos tomados en dos estaciones meteorológicas ubicadas en el área de influencia.

Tabla 5.28. Datos climatológicos de la zona de influencia directa del departamento de Piura.

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)		Humedad Relativa (%)	
	LE	MA	LE	MA	LE	MA
Enero	25.7	27.5	1.2 *	1.34 *	74	66
Febrero	27.2	28.7	1.4 *	4.2 *	74	69
Marzo	27.1	28.6	3.16 *	3.8 *	74	72
Abril	26.2	27.4	0.1 *	1.6 *	74	72
Mayo	24.2	25	0.2	3.1	75	72
Junio	22.2	23.2	0.2	0.5	78	74
Julio	21.5	23.1	0.2	0.1	77	73
Agosto	21.2	23.2	0	0	78	72
Setiembre	21.2	23.2	0	0.1	78	72
Octubre	21.8	23.8	0.3	0.6	78	72
Noviembre	22.5	24.2	0.4	1.8	76	72
Diciembre	24.3	25.9	3.1	6.1	74	70

FUENTE: Reportes de empresa Caña Brava, 2010. Informes empresa Caña Brava, año 2009

LE: Estación "La Esperanza" / MA: Estación "Mallares"

* Meses lluviosos

En las dos estaciones de la zona de influencia directa consideradas, las mayores temperaturas se registran en los meses de febrero y marzo, y las mínimas entre los meses de junio y setiembre. Los valores promedio de humedad relativa en la estación de “La Esperanza” oscilan entre un 74% y un 78%, mientras que en la de “Mallares” lo hacen entre un 66% y un 74%.

Ambos parámetros representan las ventajas principales para el desarrollo del ciclo vegetativo de la caña de azúcar, como materia prima para la obtención de etanol carburante, en Piura

Calidad de aire

Para determinar la calidad de aire en la zona de influencia directa, antes de la etapa de operación industrial de ambas plantas de producción de etanol, se realizó la medición y evaluación de parámetros característicos. Para ello, se definió la ubicación de la estación de medida; ésta se localizó en el distrito de la Huaca, por ser un lugar común en el funcionamiento de ambas empresas (Tabla 5.29). Las condiciones ambientales de medida fueron a 25°C y 760 mmHg. El equipo se dispuso en una superficie plana a 1.30 m del suelo y las medidas se hicieron de forma ininterrumpida durante 24 horas; se realizaron 4 medidas, una por semana. Los resultados se compararon con estándares nacionales, según el DS N° 074-2001-PCM, e internacionales (Banco Mundial).

Tabla 5.29. Parámetros de calidad de aire a la zona de influencia directa del Departamento de Piura.

Referencia de Medición	Parámetros medidos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	PM10	SO ₂	CO	NO _x	H ₂ S
"La Huaca"	38	2	800	<1	<1
ENCA (1)	150	350	10000	100	120
Banco Mundial (2)	150	125	-	200	-

(1) ENCA: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, según DS 074-2001 - PCM

(2) Environmental, Health and Safety Guidelines del IFC del Banco Mundial, abril 2007

Referencia: Informes para la empresa Caña Brava, ECSA Ingenieros, 2010

Las partículas en suspensión (PM10) justifican su presencia como consecuencia del polvo de la zona. Las concentraciones de SO₂ y CO se atribuyen a la actividad de hornos ladrilleros artesanales ubicados cerca de la zona de medición. Los niveles de NO_x y H₂S son inapreciables.

Los valores obtenidos de los parámetros característicos considerados son menores que los valores límites establecidos (Tabla 5.29).

Niveles de ruido

En las fases de construcción, operación y desmantelamiento del proyecto de producción de bioetanol se realizan actividades generadoras de ruido, que podrían afectar negativamente el medio ambiente si sus niveles superasen los valores permitidos por las normativas nacional e internacional (Tabla 5.30).

Tabla 5.30. Niveles de ruido

Referencia de Medición	Nivel de ruido (dBA)
Local	52
ENCA (1)	70
Banco Mundial (2)	70

(1) ENCA: Estándares Nacionales de Calidad de Ruido, según DS 085-2003

(2) Environmental, Health and Safety Guidelines del IFC del Banco Mundial, abril 2007

Referencia: Informes para la empresa Caña Brava, ECSA Ingenieros, 2010

Si bien el marco legal del Perú no contempla los niveles máximos permitidos en zonas rurales, se tomó como referencia los considerados en la normativa referida a los estándares para ruido en zonas de actividad industrial. En el período de medición, el valor promedio obtenido, en fase de operación, representó un 74% del máximo permitido.

Calidad de agua

Los cultivos de caña de azúcar son irrigados a partir de obras de captación y acumulación de las aguas provenientes del río Chira y de los canales “Norte”, “Sur”, “Miguel Checa” y “Daniel Escobar”. Con la finalidad de determinar si los parámetros físicos, químicos y microbiológicos estaban dentro de los márgenes o niveles permitidos, se realizó un control con 4 mediciones en determinadas partes del canal Daniel Escobar. En la Tabla 5.31 se citan los valores promedio; además, se incluyen valores determinados para la empresa Agrícola del Chira medidos en el Río Chira y en los canales “Norte” y “Sur”.

Los valores de los parámetros que caracterizan al recurso hídrico tanto en el río Chira como en los canales citados (Tabla 5.31) dependen principalmente de los siguientes factores: la estructura geológica del río; la temporada del año y sus condiciones climatológicas; el material de revestimiento de los canales, la geometría y las acciones de su mantenimiento y limpieza; los niveles de precipitación; y las actividades económicas productivas de la zona (agricultura, minería e industria).

Los valores de las medidas realizadas se encontraron por debajo de los valores límite establecidos por la ECCA; sin embargo, para el oxígeno disuelto y los aceites y grasas, los valores de las mediciones no cumplen la normativa nacional del DS 007-83-SA, para la clase III.

Tabla 5.31. Parámetros característicos de la calidad de agua.

Parámetros	Canal Sur	Canal Norte	Río Chira	Canal Daniel Escobar	Valores Limite Clase III	ECAA Grupo N° 3
pH a 20 °C [pH]	8,2	8,3	7.6	7.8	-	6.5 – 8.4
Conductividad Eléctrica [$\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$]	619	616	299.9	290	-	750
Turbidez [NTU]	3,91	2,70	121	200	-	-
Sólidos Totales [mg/L]	374	394	620	300	-	-
Sólidos Totales disueltos (180 °C) [mg/L]	365	384	240	162	-	-
Oxígeno disuelto [mg OD/L]	7,0	7,1	6.2	6.3	3	7,5 – 9,0
Demanda bioquímica de Oxígeno (5 días a 20°C) [mg DBO/L]	3	3	6	5	15	10 - 15
Demanda Química de Oxígeno [mg DQO/L]	5	5	15	16	-	-
Aceites y Grasas [mg/L]	1,0	0,9	1.1	1..3	0,5	0,5
Cobre [mg/L]	<0,003	<0,003	0.013	0.006	0,5	0,2
Plomo [mg/L]	<0,01	<0,01	<0.01	<0.01	0,1	5
Sulfuros [mg S-2/L]	0,008	0,005	0.006	0.003	0,002 ⁽¹⁾	0,005
Nitratos [mg N-NO ₃ /L]	0,26	0,25	0.48	0.49	0,1	<5
Nitrógeno Amoniacal [mg NH ₃ /L]	<0,01	<0,01	<0.01	<0.01	-	-
Cianuro Total [mg CN-/L]	<0,005	<0,005	<0.005	<0.005	-	-
Arsénico [mg/L]	<0,001	<0,001	<0.001	<0.001	0,2	0,1
Cadmio [mg/L]	<0,001	<0,001	<0.001	<0.001	0,05	0,01
Cromo [mg/L]	<0,01	<0,01	<0.01	<0.01	1,00	0,1
Mercurio [mg/L]	<0,0002	<0,0002	<0.0002	<0.0002	-	0,01
Coliformes Totales (35°C) [NMP/100 ml]	6,5x10 ²	6,2 x 10 ²	18 x 10 ²	16 x 10 ²	5 000	-
Coliformes Fecales (44,5°C) [NMP/100 ml]	2,1 x 10	1,8 x 10	8.5 x 10 ²	9.8 x 10 ²	1 000	-

Referencia: Informes para la empresa Caña Brava, ECSA Ingenieros, 2010
 ECCA (Estándar de Calidad Ambiental del Agua). Valores para Clase III, según DS N° 007-83-SA)
 Estándar de calidad ambiental de agua - grupo 3 de riego de vegetales y bebida animal
 DL N° 17750 y DS N° 007-83-SA: Modificación de Reglamento, Título II de la Ley General de Aguas

5.5.2 Descripción del Medio Biológico^{57*}

La información disponible y a la que se tuvo acceso así como el trabajo de campo realizado permitió tener conocimiento de la flora y fauna en el área de estudio.

La zona se encuentra en la ecorregión denominada Bosques Secos de Tumbes / Piura [DINERSTEIN, E.; D. OLSON; D. GRAHAM; A. WEBSTER; S. PRIMM; M. BOOKBINDER & G. LEDEC, 1995]. Las formaciones vegetales existentes corresponden a zonas de baja densidad, con árboles de poca altura dispersos sobre un terreno de relieve accidentado, correspondiente al tablazo del desierto costero con bajo índice de matorrales así como ausencia de grandes dunas y depresiones significativas.

Los bosques existentes, en los que escasean los matorrales y/o arbustos espinosos, son mono-específicos. Más del 95% de los árboles son algarrobos y el resto de especies típicas del bosque seco tropical.

Los suelos en la zona del proyecto son salinos y de calidad agrológica baja. En el área adyacente, la alta calidad agrológica de las tierras ubicadas en las riberas del río Chira hace que sea apta para el desarrollo de cultivos si se les puede proporcionar el riego que precisan.

A partir del Mapa de Ecorregiones [BRACK, A. 1986], que utiliza una escala regional muy amplia, y del Mapa Ecológico del Perú del Instituto Nacional de Recursos Naturales [IGN, 1987], que delinea una serie de hábitats, se identificaron los ecosistemas presentes en la zona objeto del estudio, los cuales se clasificaron de acuerdo al tipo de vegetación existente. En el trabajo de campo de verificación, realizado con este propósito, también se definieron quince estaciones en cinco sectores del área del proyecto*. Para el estudio de la flora, se establecieron cuadrantes de 30 x 30 m², y para el de la fauna, sectores lineales de 100 m*.

En el caso de la flora, se contó e identificó el total de individuos por especie, en cada cuadrante, según los siguientes parámetros de evaluación:

1. Composición florística: número de especies vegetales observadas.

⁵⁷ * . Se tomó como referencia los Estudios de Impacto Ambiental, elaborados para las empresas Maple y Caña Brava, elaborados por Buenaventura Ingenieros (2007) y ECSA Ingenieros (2010), respectivamente

2. Densidad: número de individuos por especie.

3. Abundancia: porcentaje de ocurrencia o presencia de una especie dentro de la comunidad. Se define según las siguientes categorías:
 - a. Abundante (A), cuando su presencia representa más de un 20%.
 - b. Común (C), cuando su presencia fluctúa entre un 11% y un 20%.
 - c. Medianamente abundante (M), si se presenta entre un 1.1% y un 10%.
 - d. Ocasional (O), si su presencia varía de un 0.1% a un 1%.
 - e. Escaso (E), si la especie no se identificó y, por tanto, no se cuantificó, pero forma parte de la comunidad vegetal.

La verificación en el trabajo de campo⁵⁸ permitió identificar en el área del proyecto las especies protegidas existentes según la relación establecida por el D.S. N° 043-2006, que aprueba la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre.

Para la fauna, la densidad y variedad de las aves se evaluó a partir de las medidas realizadas en los sectores lineales indicados. En cada uno de ellos se registraron las especies de aves vista u oídas a 50 m del centro del sector. Para los censos se utilizó un binocular y se contó con el apoyo y asesoramiento de pobladores de la zona. Los puntos de evaluación se ubicaron en los mismos cuadrantes que en el estudio de la flora.

La información sobre especies de reptiles y mamíferos silvestres, además de la proporcionada por personal de la zona, fue recogida por observación directa y búsqueda de huellas y excrementos.

Las listas de especies registradas en el área de estudio se compararon con la lista oficial de especies protegidas establecida por la legislación peruana mediante el D.S. N° 034-2004-AG, que aprueban la Categorización de Especies de Fauna Silvestre Protegidas, y las listas de la UICN y CITES, con el objetivo de inferir la vulnerabilidad de las especies con las actividades del Proyecto.

⁵⁸ Tomado de los estudios de Impacto Ambiental para las empresas Maple y Caña Brava

La evaluación de la vegetación identifica las especies y formaciones vegetales que podrían ser afectadas por las operaciones del Proyecto.

Se registraron 20 especies de flora silvestre citadas en el anexo 5.4. Las familias más representativas son las Fabaceae y las Poaceae, y la especie de mayor abundancia y que caracteriza este ecosistema de bosque seco es el algarrobo (*Prosopis pallida*).

A partir de la información de campo, revisión bibliográfica, características topográficas y de vegetación del área de estudio así como de la experiencia de los pobladores, se determinaron cuatro unidades de vegetación, las cuales se agruparon según su origen y cobertura vegetal.

La zona destinada a los proyectos de etanol tiene un bajo número de especies de flora silvestre. La diversidad de especies se incrementa en áreas adyacentes al monte ribereño; ésta es una característica típica de zonas desérticas y valles costeros.

Desierto con Vegetación - Bosque Seco

Es uno de los paisajes dominantes en el área que estudiamos. En él se observan grandes extensiones constituidas mayoritariamente por el algarrobo (*Prosopis pallida*), el faique (*Acacia macracantha*) y el sapote (*Capparis angulata*). El algarrobo constituye la vegetación más representativa, y específico de esta unidad. En general, la diversidad de esta unidad de vegetación es mínima debido al bajo número de especies y al dominio del algarrobo.

Cauces Secos de Escorrentía Temporal

En algunos tramos del tablazo se encuentran cauces secos que reciben escorrentías esporádicas, generalmente durante eventos del fenómeno de El Niño. Muchos de aquellos cauces presentan algunos arbustos dispersos. La cobertura y densidad de la vegetación de estos lugares puede modificarse a lo largo del tiempo dependiendo de las condiciones climáticas y la cantidad de agua de escorrentía.

Monte Ribereño

Formación vegetal compuesta por arbustos, hierbas y algunos árboles perennifolios, con hojas todo el año, que crecen en las proximidades y en la orilla del Río Chira. Debido a la dinámica estacional del caudal del río (estiaje y creciente), esta formación presenta una estructura compleja y dinámica.

En las áreas donde se inicia la colonización de especies, y que en su mayor parte se ubican al borde del río, se encontró vegetación herbácea de pequeño tamaño; la mayoría de los plantíos son de pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*) con una estructura simple.

En las áreas donde la vegetación reemplazó a los estadios tempranos, la asociación dominante está constituida por pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*) y carrizo (*Gynerium sagittatum*). Además, se observaron algunas gramíneas típicas de la zona como el crespillo (*Eragostris ciliaris*) y el falso cadillo (*Cenchrus pilosus*), así como campos de cultivo, intercalados en esta formación vegetal.

Zonas Cultivadas

En las áreas con cultivos, que se presentan en ambas márgenes del Río Chira e intercaladas con la vegetación ribereña, abundan los cultivos extensivos de arroz, ají pprika y maíz. En el área de operación del Proyecto no hay desarrollo de actividad agrícola.

En las unidades de vegetación, las especies de flora se distribuyen de forma heterogénea. Las más características del desierto con vegetación (Bosque seco) y del cauce con escorrentía temporal son: el Algarrobo (*Prosopis pallida*), el Faique (*Acacia macracantha*), el Sapote (*Capparis angulata*), el Palo verde (*Cercidium praecox*) y el Aromo (*Acacia huarango*).

Las gramíneas (*Poaceae*) y las especies de crecimiento herbáceo se encuentran, en mayor cantidad, en la formación de monte ribereño. Este hábitat alberga 14 especies que representa al mayor número de la zona. El anexo 5.5 presenta la lista de especies y su distribución en las diferentes unidades de vegetación.

La especie de mayor abundancia del bosque seco, en la zona de evaluación, es el algarrobo (*Prosopis pallida*).

Según el estudio sobre "Bosques secos y Desertificación", desarrollado por el Proyecto Algarrobo, se estima que el área de bosques en el departamento de Piura es de 2,165,814 ha; éstas se distribuyen en: bosques de llanura (1,119,814 ha), bosques de colina (942,406 ha) y bosques de monta (143,853 ha).

En el D.S. N° 043-2006-AG se definen las especies protegidas en el Perú. En la zona de estudio se identificaron los que se indican a continuación: el Palo Santo (*Bursera graveolens*), el Algarrobo (*Prosopis pallida*), el Faique (*Acacia macracantha*) y el Aromo (*Acacia huarango*). El primero está en peligro crítico (CR), el segundo en situación vulnerable (VU) y los dos últimos se incluyen dentro de las especies amenazadas (NT) del país

En el área se registraron 32 especies de aves, pertenecientes a 15 familias (anexo 5.6). Los “espigueros” (*Emberizidae*), con 7 especies, y las “palomas” (*Columbidae*), con 5 especies, representan las familias con mayor diversidad. Los algarrobos de la zona son determinantes para proporcionar a las aves un hábitat adecuado para anidar y alimentarse.

Según la lista oficial de especies protegidas, referidas en el D.S. N° 034- 2004-AG, y las listas oficiales de categorización de fauna silvestre, establecidas por la IUCN y CITES, ninguna de las especies presentes en el área del proyecto se encuentra en peligro de extinción.

La presencia de mamíferos se determinó con la colaboración de pobladores de la zona y con evidencias de su existencia derivadas de huellas, heces y madrigueras. Se registraron dos especies: el zorro de Sechura (*Dusicyon sechurae*), animal endémico de la zona, y la ardilla “nuca blanca” (*Sciurus sp*). (Anexo 5.7).

Estas especies no se encuentra en la lista oficial de especies protegidas, según D.S. N° 034-2004-AG, ni en las listas oficiales de categorización de fauna silvestre, establecidas por la IUCN y CITES.

Los reptiles constituyen el grupo de vertebrados de mayor sensibilidad a la alteración física de su hábitat, por tener rangos de distribución muy restringidos. La evaluación de este grupo se realizó mediante métodos directos, búsqueda por encuentro visual, registro de refugios y entrevistas con pobladores locales.

Se registraron ocho especies, distribuidas en toda la zona (Anexo 5.7). La Iguana (*Callopistes flavipunctatus*), está registrada como especie cuasi amenazada de extinción según la legislación peruana citada en el D.S. N° 034-2004-AG.

Los invertebrados terrestres, al ser fuente de alimento o participantes en los procesos de descomposición de la materia, constituyen el grupo de nexo entre la vegetación y los vertebrados superiores. Hay que señalar que poseen rangos de amplia distribución. La evaluación de este grupo en el área de estudio, que se realizó mediante observación directa en plantas y suelos, registró la existencia de doce especies (anexo 5.7).

5.5.3 Caracterización del medio socioeconómico de la zona del proyecto

En el análisis de los aspectos sociales, económicos y culturales se consideran, entre otros, los relacionados con la demografía, la salud, la educación, los servicios básicos, las actividades económicas y la herencia cultural para los distritos ubicados en el área de influencia directa del proyecto.

La información recopilada tiene como base los informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Ministerio de Educación (MINEDU), el Ministerio de Salud (MINSA) y el Ministerio de Agricultura, además de la información directa recopilada en el trabajo de campo.

Demografía

Según el último censo del INEI en el 2007, la población de los distritos en el área de influencia del proyecto se incrementó en un 41% respecto a la registrada en el censo del 2003. Tal como se aprecia en la Tabla 5.32, los distritos con mayor población son Sullana (156601 habitantes), Tambogrande (96451 habitantes) y Paita (72522 habitantes); las tasas de crecimiento, respecto a 2003, fueron del 28%, 52% y 70%, respectivamente. Los distritos de Ignacio Escudero, Tamarindo y La Huaca tienen el menor número de pobladores.

Un 79% del total de la población del área de estudio se concentra mayoritariamente en el área urbana y un 21% en la zona rural. El proceso de urbanización experimentado en el país durante las últimas décadas se sigue incrementado debido, entre otras causas, a los niveles de pobreza y problemática social que se mantienen y agudizan en el ámbito rural.

Tabla 5.32. Distribución poblacional por ámbito geográfico

Distritos	Rural	%	Urbano	%	Total
	Número de habitantes		Número de habitantes		Número de habitantes
Ignacio Escudero	660	3.69	17,202	96.31	17,862
Sullana	10,719	6.84	145,882	93.16	156,601
Paita	12	0.02	72,510	99.98	72,522
Tamarindo	266	6.04	4,136	93.96	4,402
La Huaca	1,991	18.32	8,876	81.68	10,867
Tambogrande	61,306	63.56	35,145	36.44	96,45
TOTAL					358,705

Fuente: INEI 2007, Censo Nacional XI de Población y VI de Vivienda.

En el área de influencia del proyecto, la población femenina es mayor que la masculina. Por grupos de edad, la mayor población (un 30% del total) se concentra entre los 10 y 24 años.

Vivienda

En el distrito de Ignacio Escudero, el material de construcción de uso común es el adobe (54%) combinado con ladrillo o cemento para un mejor acabado en la infraestructura. En el de Tambogrande también existen viviendas construidas con adobe o tapia (47%) y quincha (15%). En los distritos de Sullana y Paita, predomina la construcción a ladrillo y bloques de cemento (54% y 60% respectivamente), adobe (23%) y quincha (17%). Estos materiales de construcción son indicativos de una falta de políticas orientadas a la planificación urbana y a la mejora de las condiciones de vivienda de la población.

El material utilizado, ya sea a nivel rural o urbano, evidencia la precariedad e improvisación en la construcción e indica su vulnerabilidad ante eventos naturales como el fenómeno del Niño y seísmos de mediana intensidad, cuyas consecuencias acentuarían la situación de pobreza que se presenta en la región Piura.

En el trabajo de campo se han verificado los datos proporcionados en el Censo 2007 del INEI y se ha comprobado que los materiales de mayor uso en la construcción son el ladrillo, el adobe y la quincha.

El ladrillo o los bloques de cemento, que se utilizan en los distritos de mayor desarrollo social (Paita y Sullana), son reflejo de la infraestructura habitacional utilizada.

El material de mayor utilización en la construcción de los techos de las viviendas es la calamina o la fibra de cemento (con elevado contenido de asbesto). Los distritos en donde abunda más este material son: Ignacio Escudero, Paita (77%), La Huaca (85%), Sullana (77%), Tamarindo (83%) y Tambogrande (89%). Aunque en menor grado, en los techos de las viviendas también se utiliza el hormigón, la paja o las hojas.

Abastecimiento de agua

Según el Censo del 2007 y el trabajo de campo realizado, el abastecimiento de agua, en su mayor parte, se realiza a través de la red pública. Por los niveles de uso por distritos, Sullana tiene un 66%, Tamarindo el 61%, Paita el 54% y La Huaca el 47%.

A nivel rural, el suministro de agua se realiza durante pocas horas al día y sólo en algunos días de la semana, lo que no permite satisfacer las necesidades básicas de las familias. Sin embargo en la producción agrícola local, los agricultores se abastecen durante casi todo el año a través de los canales de riego del proyecto Chira-Piura.

Alcantarillado

El sistema de alcantarillado con conexión a la red pública está muy poco extendido en la zona del proyecto en donde mayoritariamente utilizan pozos ciegos o letrinas. Aproximadamente un 25% de la población carece de un sistema de evacuación de aguas y/o residuos. Además, un 42% de las viviendas del distrito de Ignacio Escudero, un 35% del de La Huaca y un 42% del de Tambogrande, usan pozo ciego o letrina.

El deficiente servicio de alcantarillado implica un ambiente poco saludable que, agravado por la escasez de agua para el consumo humano, puede generar la propagación de enfermedades y, con ello, disminuir la calidad y esperanza de vida de la población.

Electrificación

En la zona de estudio del Proyecto, la electricidad es la energía más utilizada por la población. Un 82% de las viviendas del distrito de Ignacio Escudero tiene energía eléctrica y el 14% restante usa mechero o lamparín. En los distritos de Paita, La Huaca, Sullana y Tamarindo, los porcentajes de residencias con electricidad son del 81%, 77%, 74% y 66%, respectivamente. En el distrito de Tambogrande, sólo un 31% de las viviendas tiene electricidad; la iluminación del 69% restante se hace con lámparas artesanales.

Salud

Según el Ministerio de Salud, existe un alto índice de enfermedades relacionadas a las infecciones respiratorias agudas (aproximadamente un 30% del total), las cuales afectan mayoritariamente a la población infantil.

La desnutrición es otro de los grandes problemas de la zona. Se registran unos 50000 casos al año los cuales inciden, de forma mayoritaria, en la población infantil y en las mujeres, sobre todo en las más jóvenes. Su principal consecuencia es la generación de enfermedades infecciosas; además, retarda el crecimiento infantil, causa fatiga, obstaculiza el desarrollo físico e intelectual y, en el caso de las mujeres, puede dificultar el normal crecimiento de los huesos pélvicos, lo que da lugar a partos dificultosos.

Educación

Según la información del Ministerio de Educación, las instituciones educativas del Sector Público representan aproximadamente un 78% del total y las del Sector Privado un 22%. El índice de preferencia de la población es de un 87% por los colegios públicos y de un 13% por los privados. En las escuelas rurales se practica la unidocencia, lo que ocasiona problemas de aprendizaje y un deficiente aprovechamiento de las capacidades; en zonas urbanas se practica la polidocencia.

En el trabajo de campo se comprobó que las escuelas de las zonas urbanas cuentan con los servicios básicos (agua, luz y alcantarillado), a diferencia de las zonas rurales que carecen de ellos y de las infraestructuras que requieren.

Según los informes del INEI 2007, un 29% del total de alumnos culminó sus estudios básicos y un 4% los superiores. De los distritos, Sullana y Paita tienen los mejores índices educativos debido a sus mayores porcentajes de población urbana y a que disponen de mejores servicios básicos, vías de comunicación interurbana e infraestructura educativa. Un 14% de la población estudiantil no cuenta con ningún tipo de estudios, porcentaje que asciende al 22% en Tambogrande.

Población Económicamente Activa (PEA)⁵⁹

En la zona de estudio, y según el INEI, Paita es la provincia con mayor población económicamente activa (48%). Las ciudades de Sullana y Piura tienen índices en el sector servicios del 39% y 43%, respectivamente. Por distritos, el sector extractivo es el predominante en Tambogrande (65%), Ignacio Escudero (51%), Tamarindo (49%) y La Huaca (45%). El sector servicios (comercio, transporte y educación) es mayor en los distritos de Sullana y Paita con un 51% y un 38%, respectivamente. En la actividad agrícola, las provincias de Paita y Sullana tienen una PEA del 31% y del 36%, respectivamente; en los distritos de Ignacio Escudero, La Huaca y Tamarindo, las PEAS de este sector son del 68%, 49% y 60%, respectivamente.

El sector secundario está constituido por la actividad industrial, agroindustrial y el procesamiento de la madera para la construcción. En Paita, este sector emplea el 20% de la PEA, y en Sullana y Piura el 14%. En cuanto a los distritos en el ámbito del proyecto, la actividad industrial emplea a un 8% de la PEA en Ignacio Escudero, a un 26 % en La Huaca y a un 10% en Tamarindo. En los centros poblados de la zona de estudio, la actividad principal es la extractiva, siguiéndole en importancia la transformadora (sector secundario); Paita constituye una excepción ya que en esta población predomina el sector servicios.

Agricultura

La agricultura, cuyo desarrollo se ve condicionado por los recursos hídricos disponibles, es la principal actividad económica en el área de influencia del proyecto por tratarse de una zona con amplia disponibilidad de terrenos. Los principales cultivos son: arroz, plátano, limón, maíz amarillo, y mango. Esta actividad es desarrollada por unos 20000 agricultores. En el distrito de Ignacio Escudero se cultiva arroz, maíz amarillo, sorgo escobero y frijol, debido a su clima seco y gran disponibilidad de tierras. En la provincia de Paita, y en menores cantidades de Sullana, se cultiva arroz, maíz amarillo duro, camote, betarraga y gran diversidad de legumbres. En el distrito de La Huaca se cultivan mayoritariamente el maíz amarillo, el maíz amiláceo y el sorgo; en Tamarindo, la actividad agrícola es limitada debido a la escasa disponibilidad de tierras. Los principales cultivos en el distrito de Tambogrande son: maíz amarillo duro, algodón, arroz, yuca, mango y limón.

Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Las provincias de Sullana y Paita tienen bajos valores de IDH (0.5936 y 0.58 respectivamente); estas provincias se sitúan en los puestos 49 y 64, de un total de 195 en el país.

⁵⁹ Población mayor de 15 años (ambos sexos) en condiciones de trabajar.

Los IDH de distritos también son bajos. Los menores valores son los de La Huaca, Tamarindo, Ignacio Escudero y Tambogrande; este último ostenta el menor IDH (0.522) debido al bajo índice de acceso a la educación (29%).

Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

Los niveles de pobreza y la existencia de más de una necesidad básica insatisfecha (NBI), el bajo nivel educativo, así como las condiciones precarias de viviendas y las carencias en el acceso a los servicios básicos de agua, luz y alcantarillado, influyen en el desarrollo de un entorno ambiental, social y psicológico que limitan la calidad y la esperanza de vida de la población.

Para determinar los niveles de pobreza en el Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) empleó, en los últimos censos, el método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), el cual considera las características físicas inadecuadas de la vivienda, el hacinamiento, la carencia de alcantarillado, la población infantil que no asiste a la escuela y la alta dependencia económica.

La población identificada como pobre presenta al menos una de las carencias indicadas en las NBI y la que tiene dos o más necesidades básicas insatisfechas se identifica como grupo en pobreza extrema o en la miseria.

En la región de Piura, más del 60% de los hogares presentan al menos una de las NBI referidas a vivienda inadecuada, hacinamiento y falta de servicios de agua y alcantarillado; más del 50% tiene una NBI relacionada con la calidad de la vivienda, el hacinamiento, y el acceso a los servicios básicos y la educación.

A nivel provincial, más del 57% de los hogares de Sullana y del 52% de los de Paita tienen al menos una de las NBI.

A nivel distrital, los mayores porcentajes de hogares con al menos una de las NBI se presentan en los distritos de Tambogrande (88.9%), Ignacio Escudero (64.9%), Tamarindo (61.1%) y La Huaca (60.8%).

Aspectos culturales

Además de los del Valle del Chira, los principales atractivos turísticos son las edificaciones coloniales de Piura, Sullana y Paita; actividades deportivas en las zonas próximas al mar; y los museos. Existen numerosas fiestas costumbristas, y la gastronomía de la región destaca como una de las más importantes del país.

5.6 IMPACTOS GENERADOS

En todo proyecto agroindustrial, la realización de cada fase (identificación, planificación, construcción, operación y cierre) genera efectos medioambientales y socioeconómicos. La evaluación de éstos sirve para definir medidas y planes de acción que permitan atenuar, mitigar y prevenir aquellos que sean negativos, así como fortalecer los positivos.

Los métodos utilizados para realizar estas evaluaciones dependen de las formas de ordenar y analizar la información. En los países de Iberoamérica es común el uso de métodos clásicos entre los que destacan el matricial, las listas de verificación, las hojas de campo, los diagramas causa – efecto, los flujogramas y la superposición cartográfica.

La información requerida se obtuvo de la siguiente manera:

- Visitas de campo a una de las empresas de producción de bioetanol en Piura, para conocer las actividades, agrícolas e industriales para la producción del carburante. La información fue directa, y se obtuvo a partir de entrevistas con técnicos y operarios de la planta, así como de estudios, informes, manuales y reportes de las empresas⁶⁰.
- Análisis de datos medidos y registrados por las empresas, además, de los obtenidos a partir de tomas de muestras representativas.
- Encuestas y entrevistas a personal cualificado: pobladores, autoridades, académicos, trabajadores y técnicos.

Una evaluación detallada debería considerar los siguientes pasos:

1. Identificación de las actividades y operaciones realizadas por personas, maquinaria y equipamiento, en todas las instalaciones del proceso productivo, y de los materiales que guardan relación con este último.

⁶⁰ Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A.

2. Identificación de factores ambientales susceptibles de sufrir impactos favorables o desfavorables con el medio físico, biológico y socioeconómico.
3. Descripción y evaluación de los impactos potenciales con el fin de cuantificar su incidencia. Para su desarrollo, se debe confeccionar la matriz de impactos ambientales potenciales; con frecuencia se utiliza la matriz causa efecto de Leopold (1981).

La valoración de los impactos se realiza para definir los planes de medidas, protección y mitigación. Para cada impacto se considerarán los siguientes criterios: extensión (área), acumulación (componentes afectados), persistencia (duración del efecto), reversibilidad (retorno a la condición de inicio), recuperación y signo.

5.6.1 Descripción de los Factores Ambientales afectados.

1. Medio físico

- a. Calidad de agua. Las características físico - químicas del río Chira, canales de regadío, reservorios de riego y acuíferos podrían verse alteradas por las actividades del proyecto.
- b. Calidad del aire. La calidad del aire varía por la presencia de diferentes elementos o compuestos, entre los que destacan las partículas, los gases y los compuestos volátiles.
- c. Calidad del suelo. Hace referencia a la capacidad de soportar, a lo largo del tiempo, los procesos biológicos del entorno. Las características físicas, químicas y biológicas del suelo podrían modificarse por el cambio de uso que se hace de él por las actividades del proyecto.
- d. Geomorfología. La geografía de la zona puede verse afectada al variar los relieves, las pendientes y la topografía
- e. Ruido. Las fases agrícola e industrial realizan actividades que modifican los valores naturales de los sonidos. Los nuevos valores pueden afectar al ser humano si superan los niveles estándares establecidos.

2. Medio biótico.

- a. Ecosistema. En el área geográfica del proyecto, las actividades de operación de éste comportan una interacción con los seres vivos que podrían dar lugar a su alteración.
- b. Flora. Las actividades del proyecto, mayoritariamente las agrícolas, pueden afectar las características biológicas de las unidades de vegetación que forman los hábitats; éstas se caracterizan por la cobertura vegetal, la diversidad de especies y la presencia de especies protegidas.
- c. Fauna. Es importante detectar los impactos del Proyecto en la diversidad de la vida animal, las especies consideradas protegidas y las de aquéllas que generan plagas.

3. Medio Socioeconómico y cultural.

- a. Demografía. La realización de actividades agroindustriales requiere la presencia de grupos humanos, tanto de la zona como de otros lugares, por lo que la tasa de inmigración se ve modificada.
- b. Servicios sociales. Los servicios sociales básicos (vivienda, luz, agua, alcantarillado, educación, salud) de las poblaciones del área del proyecto son atendidos, en su mayoría, por entidades gubernamentales aunque existe también el apoyo de otras de cooperación internacional y no gubernamental. En este proyecto, al ser de iniciativa privada, las inversiones económicas podrían repercutir indirectamente en los servicios sociales; estos beneficios podrían verse en la mejora de las comunicaciones, acceso a las nuevas tecnologías, incremento de las vías de transporte y mejora de las existentes, así como en el fortalecimiento de los servicios de salud y educación.
- c. Seguridad y salud ocupacional. Todas las tareas y actividades de operación requieren de la interacción de personas con máquinas, lo que comporta la posibilidad de accidentes o incidentes en perjuicio de los trabajadores o de las instalaciones.
- d. Economía. La operación y desarrollo del Proyecto incide en la zona que lo ubica en la generación de empleo (directo e indirecto), incremento de los niveles de ingresos familiares, aumento de productividad local y mayor dinamismo de los servicios y del comercio.

- e. Aspectos culturales. El departamento de Piura es reconocido por el desarrollo que en él se han dado de las culturas prehispánicas. El aspecto cultural hace referencia a los restos históricos, arqueológicos, antropológicos y paleontológicos. Se deberán tomar las medidas oportunas para que estos restos prehispánicos no se vean afectados por las actividades del proyecto. Además, al ser el proyecto de etanol una nueva industria, es probable que se produzcan cambios en las formas de convivencia y costumbres de la población.

5.6.2 Descripción general de los principales impactos

1. Alteración de la oferta de agua

El riego de las tierras de cultivo de caña de azúcar y el proceso industrial de las plantas de etanol demandan recurso hídrico. Este requerimiento disminuye la oferta de agua para otros cultivos o usos futuros; aunque el Proyecto respeta el caudal ecológico del río Chira y en él se utiliza un sistema de riego eficiente, es necesario que el gobierno realice la construcción y mantenimiento de obras civiles que garanticen la capacidad real de los embalses.

2. Alteración de aguas subterráneas

El cultivo de la caña de azúcar requiere de una serie de elementos complementarios, que normalmente son suministrados a través del suelo donde se asienta la plantación. Estos elementos pueden filtrarse a capas de agua subterránea y contaminarlas.

3. Calidad de aire

En la fase agrícola, los impactos de la calidad de aire se relacionan con la presencia de partículas sólidas en suspensión y humos de combustión de máquinas térmicas, vehículos y maquinaria pesada. Dependiendo del tamaño y de las condiciones climatológicas (velocidad del aire), estas partículas y humos pueden recorrer grandes distancias, afectando no sólo al área del proyecto sino también a comunidades vecinas. Las partículas en suspensión de tamaño menor a las 10 micras penetran en las vías respiratorias. La maquinaria emite hidrocarburos que se pueden considerar difusos e intermitentes.

La fase industrial demanda energía (eléctrica y térmica) que se genera utilizando bagazo como combustible. Ello comporta que se produzcan cenizas y emisiones gaseosas que tienen un impacto directo en la zona del Proyecto. En los subprocesos de

prefermentación, fermentación, destilación y deshidratación también se emiten gases que afectan a la calidad de aire; en la destilación se pueden producir fugas o pérdidas de vapores de hidrocarburos volátiles, y en el centrifugado la atomización de partículas que quedan en el aire en fase de suspensión.

4. Calidad de suelo

El cultivo de la caña de azúcar requiere actividades de siembra, mantenimiento de plantaciones, abono y cosecha; todas ellas pueden generar impactos negativos en la calidad del suelo si no se hace una gestión correcta de los residuos sólidos generados. En la siembra se retiran y excluyen semillas o tallos que no reúnen las características para su uso, y que pueden desecharse inadecuadamente en las zonas próximas de las áreas de plantación. En la etapa de fertilización, los envases de los abonos, podrían ser manejados defectuosamente. Además, para la realización de las actividades de la fase agrícola se necesita maquinaria y vehículos con un buen mantenimiento; éste podría afectar la calidad del suelo por el vertido de grasas, aceites y agua de lavados, así como por un inadecuado depósito final de estos residuos.

En la fase industrial se generan residuos sólidos y efluentes líquidos. El elevado contenido orgánico de los primeros exige que reciban un tratamiento adecuado antes de su vertido; de otro modo se producen malos olores y se corre el riesgo de generar focos infecciosos. Los efluentes líquidos se reutilizan en el sistema de riego una vez tratados en una poza de sedimentación.

La cachaza es un subproducto que se obtiene a partir del tratamiento y concentración del jugo de caña de azúcar. Por sus características físico-químicas, se aprovecha como abono para los campos de cultivo. La vinaza es otro subproducto que se diluye en las pozas de sedimentación para su posterior uso en el sistema de riego; por su contenido ácido, neutraliza la alcalinidad de las aguas del río Chira.

5. Paisaje

La conversión de grandes extensiones desérticas y de terrenos eriazos en cultivos de caña supone una mejora del corredor turístico de la costa norte del Perú, a la vez que crea un sumidero de CO₂.

6. Generación de focos infecciosos

La inadecuada manipulación y tratamiento de las semillas defectuosas y residuos de la cosecha son causas potenciales de la aparición de insectos transmisores de enfermedades locales. Así mismo, los terrenos de los cultivos deben tener pendientes que impidan que el agua de riego se estanque y forme pozas que favorecen el hábitat de mosquitos y zancudos.

7. Mejora en el bienestar social

La zona del proyecto, al igual que en otras comunidades rurales del Perú, carece de ofertas laborales. Con los proyectos de bioetanol, las tasas de empleabilidad aumentan, directa e indirectamente, lo que implica un mayor dinamismo de la economía local. El empleo directo se vincula al personal (profesionales, técnicos, operarios) que desarrollará las actividades propias de las fases agrícola e industrial, y el indirecto al relacionado con la demanda de bienes y servicios que el proyecto requiere de la población (alimentación, alojamiento, hospedaje, movilidad).

Desde su constitución y durante los tres primeros años de actividades, la empresa Caña Brava generó 2530 empleos directos y aproximadamente 4000 empleos indirectos.

Debido a que la actividad principal de la empresa está vinculada a la agricultura, el grupo mayoritario de trabajadores tiene la cualificación de obrero agrícola, y su participación, respecto al total de puestos de trabajo, representa un 90%.

En el proceso de contratación del recurso humano se incluye, como requisito indispensable, la evaluación y presentación de documentos personales que acrediten la mayoría de edad así como la indicación de sus funciones y responsabilidades dentro de la organización. La empresa cuenta con un programa “siembra de competencias laborales” destinado a la capacitación de jóvenes entre 16 y 17 años de edad y que cuenten con un permiso otorgado por el Ministerio de Trabajo y Promoción Social para realizar un trabajo remunerado bajo condiciones legales y seguras a jóvenes menores de edad.

El grupo mayoritario de trabajadores está formado por varones, debido a que su participación se concentra en tareas agrícolas.; las mujeres son un grupo reducido.

La política empresarial se basa en la contratación máxima (exclusiva si fuera posible) de personal de la zona de influencia del proyecto y en la que, por tanto, se produce un impacto económico directo. De esta manera, aproximadamente el 90% de los trabajadores pertenecen a las comunidades aledañas a los terrenos de la compañía. Un pequeño porcentaje del personal proviene de ciudades cercanas como Lambayeque, La Libertad y Lima. De la totalidad de trabajadores, el 51% son de Paita,

el 43% de Sullana y el 6% de Piura. Los trabajadores procedentes del resto de las provincias de Piura alejadas de la zona del proyecto representan un 0.7% del total.

8. Salud de los trabajadores

Las tareas y actividades de cosecha, en las que se utilizan herramientas manuales (hoz, machete, cuchillo) y tractores cortadores junto a otro tipo de maquinaria, podrían poner en riesgo la salud de los trabajadores. En la etapa de fertilización y control de plagas se corre riesgo de envenenamiento por ingesta, debido a la exposición innecesaria y manipulación inadecuada de las sustancias utilizadas con esos fines.

En la zona de generación de vapor y energía eléctrica hay un riesgo potencial de accidentes por quemadura e incendio. En las actividades de los subprocesos hay riesgo de accidentes laborales. El cumplimiento de los planes de seguridad e higiene en el trabajo, el adecuado y correcto uso de dispositivos y equipos de protección, el respeto a la normativa vigente y a lo estipulado en los planes de prevención de la empresa, disminuirá la probabilidad de ocurrencia de accidentes. Los trabajadores estarán expuestos al servicio continuo de máquinas y equipos con altos niveles acústicos, lo que podría afectar a su capacidad auditiva.

9. Recursos humanos y gestión de personal

En una de las empresas dedicadas a la producción de bioetanol, la gestión del personal está sujeta a políticas corporativas. Los salarios consideran las disposiciones de la normativa peruana en las áreas agrícola, industrial y administrativa. Además del cumplimiento de las convenciones internacionales y las normas nacionales respecto de la jornada laboral, la empresa procura la mejora permanente de la seguridad y salud en el trabajo, y respeta los derechos sindicales y de asociación de los trabajadores.

La gestión del personal está a cargo del departamento de recursos humanos, el cual organiza la capacitación y evaluación profesional de los trabajadores. Las actividades laborales de la empresa se enmarcan en un reglamento interno de trabajo, del cual se informa a los interesados al inicio del vínculo laboral. El reglamento contempla todos los aspectos y ámbitos de la organización, así como los derechos y obligaciones, tanto del trabajador como de la empresa, dentro del marco legal vigente. A los trabajadores se les ofrecen bonos de productividad, capacitación (dentro y fuera del país), alojamiento en campamentos, servicio de alimentación, préstamos directos y servicios de transporte.

La organización tiene definidos los mecanismos para mantener y fortalecer los vínculos entre el personal y la compañía (reuniones de coordinación, atenciones individualizadas, charlas informativas y buzones de sugerencias). El proceso de selección de personal se realiza considerando la formación académica, experiencia

profesional, trabajo satisfactorio y habilidades, y se basa en la igualdad de oportunidades para todos los solicitantes de empleo.

La seguridad de las instalaciones es uno de los objetivos prioritarios de la empresa. Anualmente utiliza medios impresos, electrónicos, charlas presenciales y señalización de la infraestructura para la difusión de prácticas de seguridad y salud en el trabajo. El Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, designado por los trabajadores y coordinando directamente con la Gerencia General, evalúa las recomendaciones para garantizar unos adecuados niveles de salud y bienestar, y las medidas de seguridad en el trabajo. La empresa imparte charlas de formación a los trabajadores y sus familiares con el fin de promover el respeto y la tolerancia en las relaciones de convivencia familiar.

En el año 2009, 2 trabajadores de empresas contratistas sufrieron lesiones. Ese año la empresa registró 72 accidentes en las actividades agrícolas que comportan la pérdida de 4772 horas – hombre de trabajo, equivalentes a 559 jornadas laborales. En las actividades industriales se produjeron 5 accidentes que supuso la pérdida de 136 horas hombre de trabajo, equivalentes a 7 jornadas laborales. En la planta de bioenergía no se registró ningún accidente de trabajo.

La salud laboral sigue una política preventiva que promueve la realización de exámenes médicos semestrales y la impartición de charlas sobre vida saludable y prevención de enfermedades. La empresa tiene un convenio con el Comité Local de Administración del Distrito de Ignacio Escudero, mediante el cual financia los honorarios del personal médico y técnico del centro de salud de Montelima; además, puso en funcionamiento un centro de atención temprana para los trabajadores y para la población local

5.7 ESTUDIO AGRONÓMICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR⁶¹

5.7.1 Biología de la Caña.

Las partes básicas que determinan la forma de una planta son la raíz, el tallo, la hoja y la flor. El sistema radical constituye el anclaje de la planta así como el medio para la absorción de agua y nutrientes del suelo. El número de raíces (cantidad), la longitud y el tiempo de vida, dependen de la variedad de la planta, del tipo de suelo y de la humedad.

Para describir el sistema radical del cultivo de caña de azúcar en Piura, se evaluaron tres zonas de siembra, caracterizadas por tener suelos de diferentes propiedades. Se comprobó que los de tipo arcilloso podrían reducir la longitud de las raíces, y que las plantas pertenecientes a variedades con sistema radical profundo y denso podían verse menos afectadas en períodos secos.

Las raíces superficiales, que son las de mayor presencia, alcanzan entre 50 – 60 cm de profundidad y entre 1.80 – 2.10 m de despliegue horizontal.

La Tabla 5.33 muestra los parámetros evaluados en un cultivo de caña entre 2 y 8 meses. En él se observó que del 80 al 85 % de las raíces experimentaron su mayor desarrollo entre el tercer y cuarto mes de crecimiento, desarrollo que se situó en torno a los 40 cm. Estos valores fueron determinados en las prácticas de preparación de la profundidad del suelo de cultivo. En dos campos adicionales, objeto de estudio, los valores obtenidos fueron similares.

El tallo representa el órgano más importante de la planta por encontrarse en él los azúcares; la aglomeración de los tallos se denomina cepa. Su formación se da en las yemas (tanto en las del material vegetativo de siembra como en las de los nuevos brotes subterráneos). Sus características principales (longitud, diámetro, color, cantidad y hábito de crecimiento) dependen de la variedad de la planta, del manejo del cultivo y de las condiciones agroecológicas de la zona donde crece.

De las inspecciones realizadas en diferentes zonas de los campos de cultivo se puede afirmar que el desarrollo vegetativo es uniforme con baja presencia de tallos débiles, caracterizados por su gran grosor; una de las razones de su aparición es la exposición de las yemas basales del

⁶¹ Los datos y cifras presentados son referenciales para uso académico

tallo principal a la radiación solar, normalmente por volcamiento o por hábito de crecimiento abierto.

Tabla 5.33 Parámetros del sistema radical de cultivos de caña de azúcar.

Días de siembra	Nº de raíces	Días de vida	Profundidad de raíz (cm)
68	2		8.3
70	1	70	12.2
83	13	63	15.5
98	3	49	32
115	85		36.5
125	39		40
151	13	19	47
168	2		50.7
207	3		67.8
210	1		69
222	1		75.3

Fuente: Elaboración propia. Datos de la empresa Caña Brava

Los tallos están formados por nudos que se encuentran separados por entrenudos en los que se desarrollan las yemas y las hojas. El nudo es la porción dura y más fibrosa del tallo de la caña que separa dos entrenudos.

Después de cosechar los tallos de la plantilla, las raíces mueren y, paralelamente, rebrotan las yemas y los primordios radicales de la cepa. La aparición posterior de la soca depende de las condiciones ambientales. El número de cortes del cultivo depende de la variedad, de las prácticas culturales, de las condiciones ambientales en el momento de la cosecha y de los requerimientos en el uso final del producto; generalmente, a medida que se incrementa el número de cortes, la producción tiende a disminuir.

La caña de azúcar se puede sembrar a partir de tallos semilla, los cuales pueden ser enteros o cortos. La acción de ciertas auxinas induce la germinación de las yemas superiores del tallo, a la vez que retarda el desarrollo de las yemas basales; esto podría generar una mayor frecuencia de espacios sin germinar cuando los trozos son muy largos o cuando provienen de la parte basal del tallo; por este motivo conviene realizar las siembras con tallos cortos (Figura 5.15).

Las hojas de la planta se generan en los nudos y se distribuyen de forma alternada a lo largo del tallo a medida que éste crece; cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina. La lámina foliar es la parte más importante para el proceso fotosintético y su disposición, que puede ser erecta o pendular, depende de la variedad de la planta. La vaina, de forma tubular, envuelve el tallo y es ancha en la base; suele ser de color verde en edades tempranas y cambia a rojo púrpura cuando alcanza su desarrollo.

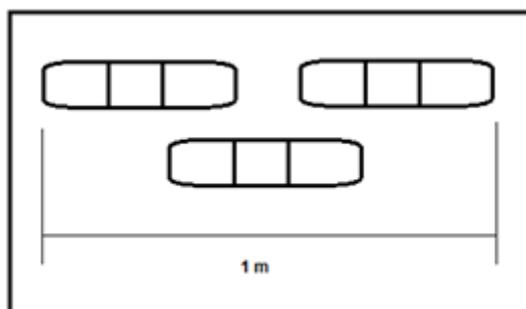


Figura 5.15 Siembra con tallos cortos.
Elaboración propia. Referencia: Sembríos de empresa Agrícola del Chira

La caña de azúcar tiene dos fases de desarrollo. La vegetativa, originada por la división celular en los puntos de crecimiento, y la reproductiva (llamada también de floración), que sigue a la vegetativa. Esta última se produce cuando se dan las condiciones ambientales y los niveles de agua y nutrientes adecuados.

5.7.2 Etapas fenológicas de la caña de azúcar.

Las fases fenológicas para el cultivo de caña de azúcar se dividen en 4 etapas generales para la caña planta y en 3 para la caña soca (Figura 5.16 y 5.17).

Fases fenológicas: caña planta

1. Fase de germinación o brotamiento

Tiene lugar entre los 15 y los 60 días después de siembra (dds); cuando ésta se lleva a cabo en el verano o a temperaturas altas, la precocidad de germinación puede darse entre los 10 dds y los 45 dds.

2. Fase de macollamiento o ahijamiento

En esta etapa, que se divide en dos sub-fases: la de máximo crecimiento y la de descendencia de macollos, se inicia el crecimiento vegetativo de la planta; dura entre 60 y 180 días, aunque en épocas de verano, al ser las temperaturas altas, el inicio del macollamiento se puede dar a partir de los 40 - 45 dds.

3. Fase de máximo crecimiento y uniformidad de tallos verdaderos

Esta fase, en la que se logra el máximo alargamiento de los tallos, dura entre los 180 dds y los 270 dds. En los últimos días de esta etapa se pueden determinar los tallos molenderos o verdaderos que servirán para la cosecha.

4. Fase de maduración y translocación

Se inicia a partir de los 270 días y se extiende hasta los 360 días (12 meses). En esta fase la planta comienza a translocar los fotosintatos de las hojas hacia los tallos, lo que significa la conversión de los azúcares simples (monosacáridos, como fructuosa y glucosa) en azúcar de caña (Sacarosa, que es disacárido). En Piura, estos azúcares se controlan a partir de los 8 meses de edad.

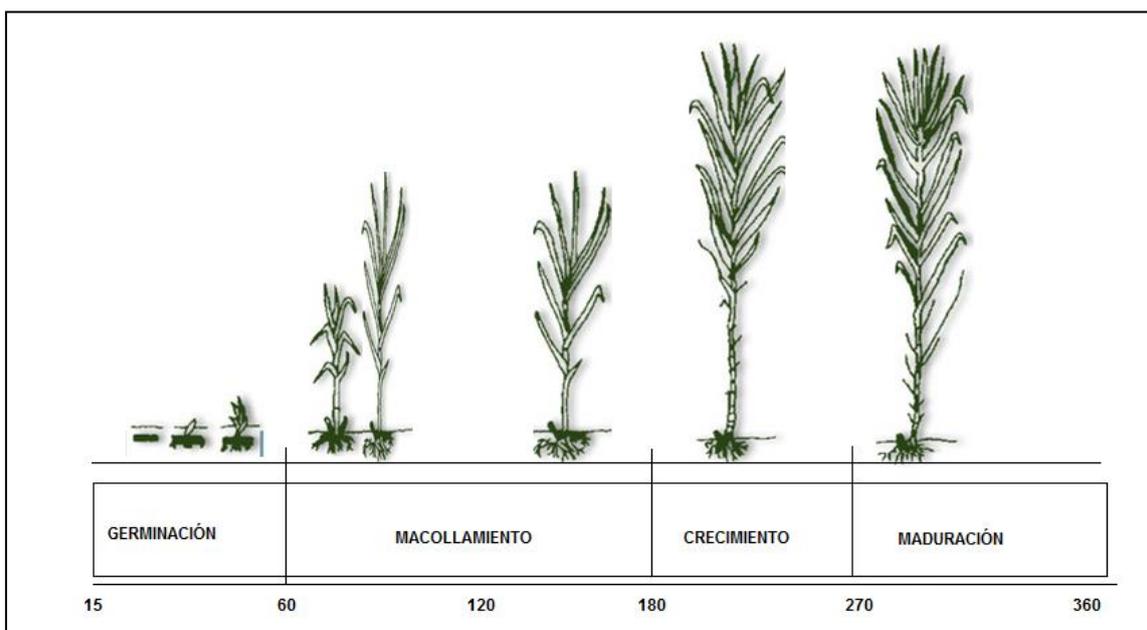


Figura 5.16 Fases fenológicas de la caña planta

Elaboración propia. Referencia: Informes empresa Agrícola del Chira y <http://www.sugarcane.com>

Fases fenológicas: caña soca

1. Fase de macollamiento

Presenta 3 sub-fases. La primera tiene lugar durante el primer año y, a diferencia de la caña planta (segundo año de cultivo), su comportamiento inicial pasa de la etapa de brotamiento a la de macollamiento; aparece entre los 15 a los 60 días después del riego. En Piura, donde la temperatura es alta y los suelos tienen una humedad adecuada, aparece entre los 8 y 10 días después del riego.

La segunda sub-fase se caracteriza por una estabilidad o mínimo incremento de macollos y ocurre, aproximadamente, entre los 60 y los 120 días.

En la tercera sub-fase hay una disminución de macollos o de la descendencia de éstos y en ella quedan los más vigorosos.

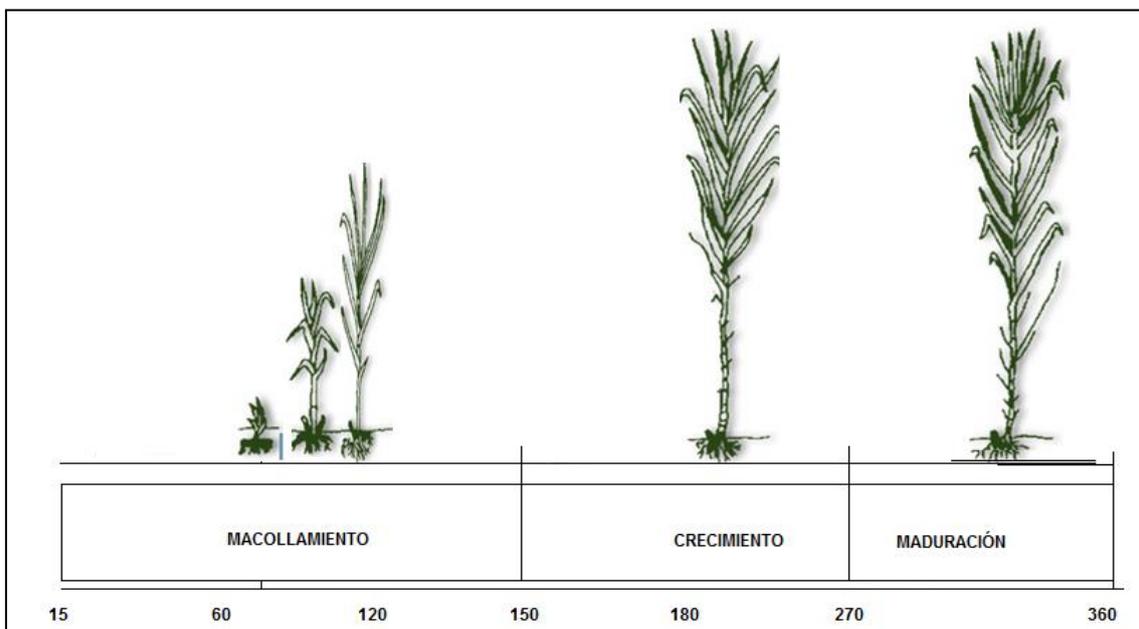


Figura 5.17 Fases fenológicas de la caña soca

Elaboración propia. Referencia: Informes empresa Agrícola del Chira <http://www.sugarcane.com>

2. Fase de crecimiento

Tiene dos sub-fases; la de máximo crecimiento, que abarca desde los 150 días hasta los 180 días, y la de macollamiento, que se da al final y en la que se observa la mortandad o disminución de los macollos. En la primera sub-fase, a partir de los 150 días se determina la uniformidad de los tallos, y aquellos aptos para la cosecha se denominan tallos molenderos. En la segunda sub-fase tiene lugar un crecimiento relativo pero continuo, en el que influyen la fertilización y la humedad. Se da entre los 180 y los 270 días.

3. Fase de maduración o translocación de azúcares

En esta fase la planta transloca los fotosintatos a las zonas de reserva, que en este caso son los tallos, a partir de los 270 dds.

5.7.3 Variedades

La variedad ideal de caña de azúcar es aquella que responde favorablemente a las condiciones climatológicas así como a las necesidades y requerimientos de los inversores y/o agricultores, de los trabajadores de campo y de las demandas agroindustriales.

En Perú, el cultivo de la caña de azúcar se ha desarrollado principalmente en los departamentos de Lambayeque y La Libertad para producir azúcar refinado. Debido a que los proyectos de obtención de bioetanol en el Perú son recientes, se carece de experiencia del cultivo con este fin; sin embargo, los propietarios de las empresas inversoras han adaptado las experiencias de países vecinos con características climatológicas y geográficas similares.

Las variedades utilizadas en los ingenios azucareros son: la “Brasileña”, la “Mexicana” y la “Azul Casagrande”. La participación de la primera es del 80% del total y el 20% restante se distribuye entre las otras dos. El período vegetativo para las tres variedades es de aproximadamente 360 días.

La Tabla 5.34 compara las características generales y valores promedios de estas tres variedades de caña. Si bien todas son de alto rendimiento, las características de la “Brasileña” le otorga mayores ventajas respecto a las otras dos; así, en la cosecha se cortan mayor número de tallos erectos que reclinados y en la molienda es más fácil triturar cáscara delgada que gruesa.

Tabla 5.34 Características de las variedades de caña en Piura

PARÁMETRO	MEXICANA	AZUL CASAGRANDE	BRASILEÑA
Brotamiento	Semitardío	Tardía	Precoz
Entrenudos	semilargos < 16 cm.	Largos > 16 cm	semilargos < 16 cm.
Número de tallos/ ha.	> 85 000	< 85 000	< 90 000
Longitud de tallos (cm.)	320	> 300	320
Diámetro de tallos (cm.)	3	3	3
Color de Tallos	Amarillo verdoso con pigmentación oscura	Púrpura azulado	Verde púrpura
Cáscara	Delgada	Gruesa	Delgada
Hoja	Ancha, verde intenso	Ancha, verde intenso	Angosta Lanceolada, verde claro
Crecimiento	Reclinado	Erecto	Erecto
Rendimiento de caña en t/ha.	ALTO (> 140 t)	ALTO (> 140 t)	ALTO (> 140 t)

Fuente: Elaboración propia. Referencia: Estudios biométricos de empresa Caña Brava. 2010

Para determinar, en función de la edad (días después de la siembra), la variación de las principales propiedades en las tres variedades de caña, se realizaron una serie de evaluaciones biométricas, cuyos resultados se indican en el anexo 5.8.

El número de tallos por metro lineal, en la “Brasileña” crece hasta el cuarto mes, donde alcanza su mayor número (aproximadamente 24); entre el cuarto y el sexto mes disminuye, y a partir de éste se mantiene constante en 14. La “Mexicana”, el máximo número de tallos que alcanza es de 30 y ello tiene lugar en el cuarto mes; luego disminuye hasta el sexto mes, en que se estabiliza en 14 tallos hasta el fin de su ciclo vegetativo. La “Azul Casagrande” a los cuatro meses presenta el mayor número de tallos (45 por metro lineal) y en los dos meses siguientes disminuye hasta aproximadamente 14, valor con el que es cosechada.

El crecimiento de la longitud de tallo en la caña “Brasileña” presenta tres etapas. En la primera el crecimiento es de tipo moderado, dura hasta los 5 meses y en ella se alcanza una longitud aproximada de 80 cm; en la segunda, el crecimiento es más pronunciado que en la anterior y dura hasta los 9 meses; la longitud máxima observada es de 250 cm; en la tercera, el crecimiento es lento, tiene lugar hasta unos 320 cm y dura hasta la cosecha. En la variedad “Mexicana” el crecimiento del tallo se divide en 2 etapas. La primera, de crecimiento continuo y lento, dura hasta los 9 meses y en ella se alcanza una longitud aproximada de 320 cm; la segunda, de crecimiento moderado, dura hasta la cosecha y en este período el tallo aumenta un promedio de 10 cm. El crecimiento del tallo de la variedad “Azul Casagrande” es continuo hasta los 11 meses y alcanza una longitud media de 3.5 m; en el último mes de su ciclo vegetativo crece hasta los 3.60 m

El diámetro de la caña “Brasileña” tiene dos etapas de crecimiento; en la primera, que dura hasta los 6 meses, alcanza un valor promedio de 3 cm; y en la segunda, que dura hasta la

cosecha, se reduce hasta 2.75 cm debido a la elongación de su tallo. El diámetro de la “Mexicana” crece hasta los 6 meses en que alcanza un valor promedio de 3.5 cm, valor que mantiene mientras el tallo aumenta de longitud hasta los 9 meses; en el momento del corte su medida promedio es 3.10 cm. La “Azula Casagrande” alcanza, entre los 6 y 9 meses, 3 cm de diámetro y no sigue una pauta de crecimiento determinada en los últimos 3 meses de su período vegetativo; en el momento de la cosecha mide 3.20 cm.

La longitud de entrenudos es variable en los 3 tipos de caña. En la “Brasileña” oscila entre 17.20 y 18 cm, y en el momento del corte tiene un valor aproximado de 17.5 cm. La “Mexicana”, a los 8 meses presenta la mayor longitud entrenudos (20 cm) y ésta disminuye con el crecimiento; a los 11 meses, la distancia entrenudos aproximada es de 18 cm. La “Azul Casagrande” varía entre 24 y 22 cm, y la distancia entre nudos tiende a disminuir.

Si bien las 3 variedades se adaptaron a las condiciones climatológicas de la zona, la “Mexicana” tiene un grosor que provoca un crecimiento poco erecto lo que disminuye su facilidad al corte; esto comporta unas pérdidas entre un 5 y un 10 % superiores a las de las otras variedades.

5.7.4 Rendimiento por hectárea.

En el anexo 5.9 se presenta la información referida a la producción de caña de azúcar y bioetanol para las 3 variedades de caña de azúcar cultivadas en diferentes sectores del área agrícola de uno de los proyectos para la producción de bioetanol. Los valores promedio que se presentan en la Tabla 5.35, por tanto, son bastante representativos.

La variedad “Brasileña”, ya sea en la de caña planta o en la de tipo soca, es la que presenta el mejor rendimiento, y éste tiende a disminuir al aumentar el número de cortes. En este proyecto se ha observado que el rendimiento promedio en la primera soca aumenta respecto al de la caña planta. La “Azul Casagrande” es la variedad con menor rendimiento, el cual se sitúa en, aproximadamente, un 50% de su valor ideal (140 t/ha). El rendimiento de la “Mexicana” es variable, situándose el menor valor obtenido en, aproximadamente, el 65% del rendimiento ideal (140 t/ha).

El ART⁶² (%) promedio fue de 14 obteniéndose para la variedad Azul Casagrande el menor valor (12.18%). La producción de bioetanol depende de la variedad de caña, de su rendimiento real por hectárea, y del proceso industrial; los resultados obtenidos se indican en la Tabla 5.35

⁶² El ART es un parámetro para evaluar la calidad de la caña de azúcar, e indica el porcentaje de azúcares reductores totales

Tabla 5.35 Parámetros de la caña de azúcar, según variedades

Variedad	BRASILEÑA			MEXICANA			AZUL CASAGRANDE		
	Planta	Soca 1	Soca 2	Planta	Soca 1	Soca 2	Planta	Soca 1	Soca 2
Rendimiento (t/ha)	131	149	120	105	130	91	60	74	.-
ART (%)	14.8	14.8	14	13.9	14.6	14.67	13.4	12.2	.-
Producción etanol (l/ha)	10544	12005	9189	8001	10422	7366	7578	4875	.-

Elaboración propia. Referencia: Estudios biométricos de empresa Caña Brava. 2010

De los tres tipos de variedades, la “Brasileña” es la que presenta mayores ventajas agroindustriales para la producción de bioetanol. Ello indica que se habituó al clima, al proceso de cultivo (siembra y cosecha) y a las diferentes condiciones de operación.

Se prevé que el número de cortes de caña de azúcar fluctúe entre 7 y 10. La investigación es limitada y mayoritariamente desarrollada por los trabajadores de las empresas debido a que los cultivos de caña existentes son relativamente jóvenes y, en algunos casos, no superaron las 2 socas. En Perú, se carece de institutos y centros dedicados exclusivamente a la investigación de estos cultivos; las políticas adoptadas desde la ley de reforma agraria limitaron el avance y desarrollo de nuevas variedades que se adaptasen a las diversas condiciones climáticas, que fueran resistentes a enfermedades, plagas y malezas, y que, además, tuvieran elevado rendimiento agroindustrial. Es pues de especial interés que el gobierno, la empresa privada y la universidad colaboren en programas de investigación y desarrollo como en Brasil en el Programa “Proalcohol” o en Colombia, en la década de los años sesenta del siglo pasado, al crear la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (ASOCAÑA).

Según el Ministerio de Agricultura del Perú, uno de los principales problemas tecnológicos que limitan el nivel competitivo de la industria azucarera nacional está en el uso de las variedades de caña ‘H32-8560’, ‘H37-1933’ y ‘PCG12-745’ que datan de la década de 1930 y que ocupan más del 90 % del área total sembrada en los ingenios azucareros. Además, los métodos agrícolas que se utilizan datan de la década de 1970 y son aplicadas de forma ineficiente y sin considerar un manejo integrado del cultivo con buenas prácticas agrícolas; tampoco se dispone de variedades adaptadas a las condiciones de la costa y de la selva, ni de su respectivo manejo técnico para la producción industrial del etanol.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), del Ministerio de Agricultura, realizó unos estudios experimentales referidos mayoritariamente al cultivo de la caña para producción de azúcar refinado. En lo que atañe a este cultivo, se inició un proyecto para evaluar 30 variedades, procedentes de EEUU, México, Australia, Perú y Filipinas, con el objetivo de encontrar las que se adaptasen mejor a las condiciones de la costa y que tuvieran los mayores

rendimientos para la producción de caña y etanol. Este proyecto de investigación, cuya duración prevista fue de 4 años, se desarrolló en un año. Los resultados indicaron que los mayores rendimientos correspondieron a las variedades PCG12-745 (185 t/ha), My55-14 (150 t/ha) y CP81-1254 (138 t/ha); el menor rendimiento a la variedad CP85-1382 (60 t/ha); el rendimiento promedio fue de 105 t/ha. Al comparar los rendimientos citados en la Tabla 5.35 con los de ese proyecto se puede afirmar que el correspondiente al cultivo de la caña “Brasileña” está por encima del promedio evaluado, que el de la “Mexicana” podría aumentar si se lograra evitar el amarillamiento o mejorar las condiciones de cultivo, y que el de la variedad “Azul Casagrande” debería sustituirse por otra de mejor rendimiento.

5.7.5 Semilleros

Las causas principales para la renovación de los cultivos de caña de azúcar son la disminución en los niveles de producción (rendimiento de toneladas por hectárea) y la capacidad para resistir el efecto de plagas, enfermedades y malezas. La mayoría de las enfermedades son sistémicas, por lo que pueden transmitirse en la siembra mediante material infectado. Es por ello que se precisa de una renovación frecuente con material libre de patógenos, provenientes de semilleros o de campos de multiplicación.

Un cultivo comercial que se aproveche durante varios cortes requiere desde su iniciación de un manejo adecuado; éste empieza con una buena preparación del suelo, la selección apropiada de la variedad, alta pureza genética de esta última, así como la utilización de semillas libres de plagas y enfermedades, con yemas sanas, funcionales y de buen vigor. En el caso del departamento de Piura se estima que el período de renovación se da después de alcanzar el máximo número de cortes (entre 7 y 10).

Para obtener semillas de buena calidad se deben establecer campos dedicados solamente a este fin, manejados y organizados con prácticas adecuadas que garanticen el material de siembra. Según información del personal de campo, el área destinada para plantaciones de semilla tiene la relación aproximada de 1:20; es decir, por cada 20 ha de cultivo se precisa 1 ha de campo de semilla para la siembra. El establecimiento del semillero lo define la época de siembra del cultivo comercial.

En el plan de renovación anual de las plantaciones comerciales es necesario considerar tres tipos de semilleros: el básico, el semi-comercial y el comercial; de éstos, el básico es la fuente para los otros dos. En los cultivos visitados, se determinó que existe un solo tipo de semillero que provee al resto del área de cultivo. En el semillero se encuentran las variedades de caña utilizadas para la producción de etanol (Brasileña, Mexicana y Azul Casagrande), pero también

cuentan con algunas variedades que están en evaluación para determinar su rendimiento y adaptabilidad (al clima y ataques de plagas y enfermedades).

Para el establecimiento del semillero⁶³, los trozos de tallo se colocan en el fondo del surco con una densidad promedio de 9 yemas por metro lineal; la distancia de surcos adyacentes varía entre 1.5 y 1.6 metros. El corte de semilla es manual cuando el cultivo tiene una edad entre 7 y 10 meses, y las yemas son turgentes.

El corte se realiza al ras del suelo, procurando la perpendicularidad respecto al eje longitudinal. El corte es de dos tipos: de semilla en tercios y de semilla entera. En el primer caso, cada trabajador realiza los cortes a lo largo de, aproximadamente, 156 metros; una vez que se corta la caña, se subdivide en estacas de aproximadamente 0.5 – 0.6 metros. Tras la realización de 10 procesos de corte, se determinó que el rendimiento promedio de un trabajador era de 80 tercios por jornal; cada tercio está formado por 30 estacas, las cuales se atan con las hojas del cultivo que quedan en el suelo.

Para facilitar el control y verificación de la tarea realizada, así como de la cantidad de caña transportada en camión hasta los campos de siembra, se forman rumas de 10 tercios. Los tercios se desinfectan aplicando en los extremos de las estacas una disolución al 0.2% de Vitavax en agua (Figura 5.18). Para la semilla entera, cada trabajador debe cortar 100 metros lineales por día, y los tallos cortados se disponen en paquetes a la derecha del lugar de corte para su control y transporte.



Figura 5.18 Cosecha de caña de azúcar y agrupamiento en tercios
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011

La primera actividad para la distribución de tercios, en el área a cultivar, es el marcado de campo (Figura 5.19). La realizaban dos personas definiendo segmentos de 8 metros a lo largo

⁶³ Las características de las actividades agrícolas y de cultivo citadas en este trabajo, así como sus valores representativos se han tomado del Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011

del surco y colocando en ellos los tercios. El rendimiento aproximado es de 5 hectáreas por jornal.

El transporte de la semilla, cortada en tercios, desde los campos semilleros hasta los de cultivo se realiza por medio de camiones. El proceso de carga lo realizan 10 operarios, de los cuales 6 se encargan de colocar los tercios en la plataforma del camión y los otros 4 de acomodar la carga en la plataforma del vehículo. El camión utilizado suele tener 12 toneladas y su capacidad de carga es de aproximadamente 1000 tercios. El rendimiento es de 400 tercios por jornal, el número de tercios por hectárea es de 780, y el rendimiento es de 200 tercios por jornal.

En la carga y transporte para la siembra con semilla entera, se precisa de cuadrillas formadas por 8 personas, de los que 2 se ubican en la plataforma del camión para acomodar los tallos de caña y las otras 6 son las responsables de cargar los tallos en las carretas; la capacidad de éstas es de 1.5 toneladas y son arrastradas por tractores de 106 HP. El rendimiento es de 3.3 t/jornal.



Figura 5.19 Marcado de campo y carga de caña de azúcar

Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011

5.7.6 Siembra

La siembra se realiza en las modalidades mecánica y manual. En el primer caso se utiliza una máquina sembradora de 2 tachos, con sistema de enganche de 3 puntos y avance de 4 hectáreas cada 10 horas. El arrastre de esta máquina es realizado por un tractor cuya potencia mínima es de 135 HP. Las cuchillas utilizadas para el corte se ajustan cada 2 días y se reemplazan cada 20 hectáreas. La sembradora es abastecida por un tractor que tira dos carretas por viaje y arrastra una carreta de 3.5 toneladas de carga como máximo. Durante toda la jornada de trabajo se precisa de 5 obreros; uno de ellos es el responsable de bajar y subir el marcador e informar, en caso de obstrucción, de la caída de caña, y los otros 4 son los encargados de alimentar los cubos recipientes (tachos) de siembra. Las principales actividades realizadas por la sembradora son: surcado y picado de semilla, tapado del surco e instalación de la manguera de riego sobre la superficie de la línea sembrada.

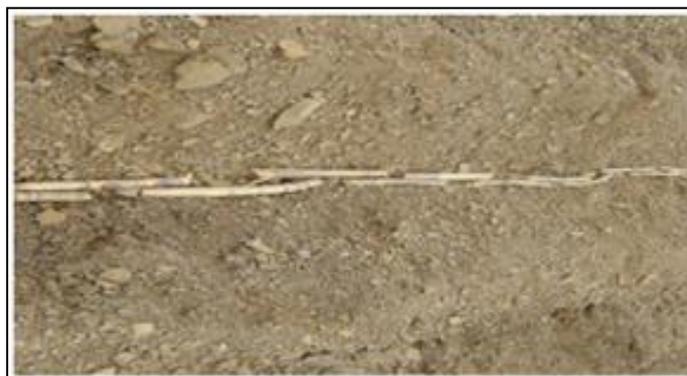


Figura 5.20 Disposición para siembra de caña
Referencia: *Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA,*
2011

5.7.7 Control de malezas y aplicación de herbicidas

La maleza es toda planta que invade el área de un sembrado o cultivo perjudicándolo. Se caracteriza por sobrevivir en condiciones ambientales adversas. La etapa más conveniente para su eliminación es la inicial, ya que en ella su desarrollo es lento. En caso de que los campos de siembra permanezcan libres de maleza hasta que el cultivo de caña de azúcar cubra la superficie del suelo, este último con su sombra y rápido crecimiento impedirá, durante la fase productiva o de crecimiento, la aparición de aquélla. De no ser así la producción del cultivo puede reducirse hasta en un 40%.

La capacidad de una planta de caña de azúcar para competir con la maleza depende de la variedad de la planta que se considere. En el caso del cultivo de caña para la producción de bioetanol, las tres variedades consideradas compiten favorablemente con las malezas debido a su rápido crecimiento y buen macollamiento; además, debido a que las tierras donde se lleva a cabo el cultivo eran eriazas y no tuvieron uso agrícola, la presencia de malezas es menor respecto a terrenos que sí lo tuvieron.

En las socas, la competencia con las malezas es más favorable que con la caña planta, debido a que el brote es más rápido y a que en la caña planta las prácticas de preparación de suelo y siembra favorecen el crecimiento de maleza, la cual suele proliferar antes que la caña. En los cultivos de caña de azúcar en otras zonas del Perú, las malezas aparecen en los cultivos de caña planta aproximadamente 15 días después de la siembra y pueden durar entre 5 y 6 meses; sin embargo, en las socas el tiempo de duración fluctúa entre 2 y 5 meses.

El control de la maleza suele hacerse mediante tres métodos: el manual, el mecánico y el químico. El manual se realiza con palas y se utiliza principalmente en la caña soca pues en la caña planta puede ocasionar daños a los tallos emergentes; el costo suele ser elevado y es menos efectivo que los otros métodos. El mecánico se aplica a grandes extensiones de área de cultivo y puede realizarse con rastrillo de discos; se caracteriza por su alta eficiencia y bajo costo; sin embargo, no es adecuado si la planta de caña aún no se ha desarrollado o cuando la humedad es baja, ya que por la compactación del terreno existe el riesgo de rebrote. El control químico forma parte de las labores comunes de los cultivos y se realiza con herbicidas que pueden ser de contacto, reguladores del crecimiento y esterilizadores del suelo.

La aplicación del herbicida se puede hacer en dos épocas: la pre-emergente y la post-emergente. En la primera, el control se realiza entre 10 y 15 días después de la siembra y antes de la germinación de la caña; además, requiere un alto grado de humedad del suelo y una aplicación a presión constante. La post-emergente se realiza después de la germinación de la caña y antes de que la maleza haya alcanzado una altura de 10 cm.

En los ingenios de cultivo de caña de azúcar de Piura, el tratamiento con herbicidas se realiza con un equipo de fumigación que consta de un tanque de polietileno de 800 litros, barras de 14 metros, una bomba de 75 l/min y boquillas que tienen 9 puntos de aplicación. El horario preferente de este tratamiento se sitúa entre las 17.00 y las 9.00 horas, debido a los efectos de viento y temperatura. En la modalidad pre-emergente, la aplicación se hace a los 10 dds con un herbicida de la siguiente composición: 3 litros de Ametrina + 3 litros de Atrazina y regulador de pH (0.2 l / ha); en presencia de maleza, entre los 60 y 70 dds, se aplica una segunda dosis con la siguiente composición: 3 litros de Ametrina y 3 litros de Atrazina. El rendimiento por la realización de esta actividad es de 3 ha/hora.

Culminado el surcado, se aplican nematicidas y enraizantes tanto en la caña planta como en la caña soca. Para la caña planta, la dosis de nematicida granulada es de 50 kg/h; como enraizante, 15 dds se utiliza Ácido Indol 3 Butírico con una dosis de suministro de 3.5 litros/ha. La primera aplicación del nematicida se realiza mediante sistema de riego, 15 días después de la aplicación del enraizante, utilizando Oxamylo en dosis de 3 litros/ha; la segunda aplicación (Carbofuran – 4 litros/ha) se realiza 20 días después de la primera. En la caña soca, la primera aplicación de nematicida (Oxamylo en dosis de 3 litros/ha) se realiza mediante sistema de riego, 15 días después de la cosecha; la segunda aplicación de nematicida (Carbofuran – 4 litros/ha) se realiza 15 días después de la aplicación del enraizante.

5.7.8 Riego y Fertilización

La adecuación de terrenos para el cultivo de la caña de azúcar fue relevante debido a que procedían de terrenos eriazos, sin uso agrícola anterior. Además, por su geografía y relieve accidentado, tuvieron que realizarse grandes movimientos de tierra, así como la correspondiente nivelación (fina y gruesa); estas condiciones determinaron que los terrenos tengan relieves y pendientes diferentes en toda el área de cultivo lo que constituye, en algunas zonas, un limitante para el riego por gravedad.

El desarrollo de la agricultura en el norte del Perú presenta barreras políticas, económicas, tecnológicas, sociales, y culturales. Debido a la carencia de lluvias en la zona, es necesario optimizar y racionalizar el uso del recurso hídrico disponible. Con este fin, en los sembrados de caña de azúcar se implementó un sistema de riego por goteo automatizado, cuya característica principal es tener alta eficiencia respecto a la del riego por gravedad.

La composición del suelo en el área de cultivo es variable. Básicamente, contiene partículas de diferentes tamaños y componentes, lo que da origen a la clasificación de arenoso, franco y arcilloso. La agrupación de partículas forma agregados y en los espacios vacíos de éstos se almacena agua; el potencial de acumulación es elevado en zonas con altas precipitaciones

anuales; en la zona de estudio, al ser de niveles bajos, la capacidad de almacenamiento es menor.

El agua disponible en las plantas depende principalmente de la fuerza con la cual el suelo retiene la humedad; cuando ésta es baja, el agua forma películas delgadas alrededor de las partículas, las cuales la retienen con tanta fuerza que las plantas no la pueden extraer muriendo por marchitamiento; cuando todos los poros se llenan de agua se llega al punto de saturación. En los sembrados de caña en Piura se presentan situaciones intermedias a las descritas; así, en ellos no se ha registrado el marchitamiento de plantas y, por tener bajos niveles de lluvia, se descarta la saturación.

Según las estadísticas disponibles de requerimiento de agua en las áreas de cultivo, el consumo anual es de 17000 m³/ha. Uno de los principales parámetros en la determinación de la demanda de agua es la evapotranspiración (agua que se pierde por evaporación directa desde la superficie del suelo más el agua que se pierde por transpiración a través del tejido foliar); depende de las características del suelo, del tipo de planta y del clima. Los factores de corrección⁶⁴ “K_c” promedio según la etapa fenológica de la planta son: 0.4 en el brotamiento, 0.91 en el macollamiento, 1.15 en el crecimiento rápido y 0.9 en la maduración.

Al tener registros de precipitaciones anuales bajos, el aporte de agua es de tipo superficial siendo el principal el del río Chira. En el ingenio de estudio, en la época de estiaje el agua se almacena en reservorios, diseñados y construidos por la empresa inversora, de tal manera que se asegura la continuidad de riego en los cultivos.

El sistema de riego por goteo es utilizado en regiones donde la disponibilidad de agua es baja. Consiste en la aplicación de agua en forma lenta y continua en la zona radical de la planta; el principal objetivo de este sistema es proporcionar un nivel de humedad, óptimo y constante, que garantice un buen desarrollo del cultivo. Se caracteriza por su alta eficiencia (> 90%), menor presión, mayor ahorro de energía y bajos caudales (Tabla 5.36). Cuando se aplica de modo conjunto con la fertilización “ferti-riego”, se facilita el control de maleza ya que disminuye la presencia de ésta. Su implementación requiere elevada inversión y mantenimiento continuo. El suministro es uniforme ya que todo el campo de cultivo recibe la misma cantidad de agua.

Según entrevistas y datos estadísticos de la empresa, el sistema de riego utilizado permite, respecto al riego por gravedad, un ahorro anual aproximado de 10000 m³ de agua (equivalente a un 60%)

⁶⁴ Datos determinados según análisis realizados por la empresa

Tabla 5.36 Parámetros de riego

Equipos	Área Sembrada(Has)	Kc	Rendimiento teórico	Proyectado	Registro	Dif. Teórica	Rendimiento real (%)	Eficiencia %
				Volumen a Regar (m3)	Volumen regado (m3)	Volumen (m3)		
7 Equipos De 6 turnos cada uno	41.74	0	0.9	0	19305	19,305		<u>107.56</u>
	82.87	0.4	0.9	12,677	9610	-3,068	119	
	248.77	0.9	0.9	85,627	91754	6,127	84	
	362.06	1	0.9	138,468	145480	7,012	86	
	119.43	1.2	0.9	54,810	47477	-7,333	104	
Resultados	854.87			291,582	313,626	22,044		
10 equipos de 6 turnos cada uno	128.79	0.4	0.9	19,702	39039	19,337	45	<u>79.36</u>
	244.29	0.7	0.9	65,399	66172	772	89	
	830.63	1.2	0.9	381,204	264850	-116,354	130	
	Resultados	1203.71			466,305	370,060	-96,245	

Referencia: Datos de la empresa Caña Brava. 2010

De los registros agrícolas, se citan en el anexo 5.10 los valores reales y teóricos de la eficiencia y el volumen de riego (m3) en dos fundos diferentes para una determinada semana de suministro de agua. La Tabla 5.36 presenta el resumen de dichos valores; según se aprecia, se agruparon todos los sembrados con igual factor “K_c”; y para cada área se determinó tanto el rendimiento teórico como el real; además, en función de la demanda teórica proyectada, se determinó la eficiencia de riego. El rendimiento real es igual o mayor al 84%, excepto en los sembrados correspondiente al área de 128.79 ha, con coeficiente “K_c”=0.4, que es del 45%; este bajo rendimiento se debió al tipo de terreno, a las actividades de adecuación de suelo, al clima, al sistema radical y a las filtraciones por efecto de drenajes.

5.7.9 Fertilización y Nutrición

La caña de azúcar se adapta a diversas condiciones climatológicas; sin embargo, tiene un mejor desarrollo en regiones tropicales cálidas con amplia radiación solar [HUMBER, R.P 1974]. Las altas temperaturas, conjuntamente con altas humedades en el suelo y en el aire, favorecen el ciclo vegetativo, mientras que el ambiente seco y cálido promueve la maduración de la planta [DE GEUS, J.G 1967].

En el anexo 5.11 se presenta los parámetros climatológicos, medidos durante un año, en cuatro fundos del ingenio azucarero en estudio; en la Tabla 5.37 se indican los valores de humedad relativa, radiación y temperatura.

Tabla 5.37 Datos climatológicos

Parámetro	Mínima		Máxima	
Temperatura (°C)	14.1	Noviembre	38.1	Febrero
T° Promedio (°C)	18.4		27	
Radiación (MJ-h/m2)	9.2	Junio	18.5	Febrero
Hum. Relativa (%)	66.82	Mayo	77.3	Junio

Referencia: Datos de la empresa Caña Brava, 2010

En la zona de estudio, los datos climatológicos se encuentran dentro de los valores recomendados, mientras que los requerimientos de clima y suelo difieren de acuerdo con las variedades de caña y de su manejo.

La caña de azúcar se adecúa a diferentes tipos de suelo; los más recomendados son los franco o franco – arcillosos; el pH óptimo para su desarrollo es 6.5 (ligeramente ácido), aunque tolera suelos ácidos e, incluso, alcalinos. Con un pH próximo o menor de 4.5, la acidez del suelo limita la producción debido principalmente a la presencia de aluminio intercambiable y de algunos micronutrientes, como hierro y manganeso, que pueden ocasionar toxicidad y la muerte de la planta.

En el anexo 5.12 se hace una descripción de los parámetros característicos del suelo en las áreas de cultivo; las propiedades se evaluaron a partir de calicatas realizadas en puntos aleatorios.

Tabla 5.38. Estado nutricional de la caña (Kg/t)

	Baja (B)	Suficiente (S)	Alta (A)
N	1.6-1.9	2.00-2.60	> 2.60
P	0.15-0.17	0.18-0.30	> 0.30
K	0.9-1.0	1.10-1.80	> 1.80
S	< 0.14	0.14-0.20	> 0.20

Fuente: Jones et al. (1991); Mills y Jones (1996).

Al comparar la composición de N, P, K, S en las 19 zonas de cultivo (Tabla 5.39), con los valores nutricionales de la Tabla 5.38, se concluye que en el 68% de los suelos el contenido de nitrógeno es bajo, en el 27% es suficiente y en el 5% es alto. Respecto al fósforo, en el 68% es bajo y en el 32% suficiente; para el potasio, en el 58% es bajo y en el 42% suficiente. En el caso del azufre, los valores bajo, suficiente y alto los tienen el 84%, el 10% y el 5%, respectivamente, de los cultivos. En general, para las 19 áreas de cultivo evaluadas, se puede considerar que en un 68% de las plantaciones el contenido de nutrientes es bajo, mientras que en un 32% es suficiente.

Las plantas absorben los elementos minerales de las proximidades de las raíces; no obstante, además de los macronutrientes (N, P, K y S) existen 13 elementos nutritivos que, en pequeñas cantidades (micronutrientes), son asimismo esenciales para las plantas.

Tabla 5.39. Comparación del contenido nutricional. (Kg /t)

Área	MACRONUTRIENTE				COMPARACIÓN			
	N	P	K	S	N	P	K	S
A1	1.59	0.14	0.75	0.03	B	B	B	B
A2	1.78	0.15	1.05	0.08	B	B	S	B
A3	1.62	0.16	1.22	0.11	B	B	S	B
A4	1.33	0.14	0.93	0.08	B	B	B	B
A5	1.36	0.11	0.65	0.07	B	B	B	B
A6	1.16	0.1	0.6	0.07	B	B	B	B
A7	1.32	0.12	0.97	0.09	B	B	B	B
A8	1.39	0.15	1.02	0.07	B	B	S	B
A9	2.15	0.19	0.94	0.09	S	S	B	B
A10	2.65	0.19	1.1	0.18	A	S	S	B
A11	1.42	0.13	1.01	0.09	B	B	S	B
A12	1.73	0.14	1	0.11	B	B	S	B
A13	1.83	0.15	0.97	0.1	B	B	B	B
A14	1.69	0.16	0.9	0.12	B	B	B	B
A15	1.58	0.17	0.93	0.11	B	B	B	B
A16	2.1	0.22	1	0.13	S	S	S	B
A17	2.43	0.23	1.45	0.25	S	S	S	A
A18	2.42	0.21	0.84	0.14	S	S	B	S
A19	2.36	0.22	0.81	0.15	S	S	B	S

FUENTE: Reportes de Área de Empresa Caña Brava, 2010.

B: bajo / S: suficiente / A: Alto

La cantidad de nutrientes que se extraen de un cultivo es diferente y depende de la variedad, del tipo de suelo, así como de las condiciones del clima y del proceso agrícola. El conocimiento de los requerimientos de los cultivos es una ayuda valiosa en la ejecución de los programas de fertilización, si se toma como base el resultado del análisis de fertilidad del suelo y sus características físicas más importantes.

El nitrógeno es un componente esencial de las células vivas y se encuentra principalmente en las partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento [MILLAR, C.E 1964]. En las plantaciones evaluadas se observó que aquellas con bajo contenido de nitrógeno presentaban una coloración verde - amarilla, mayoritariamente en las hojas inferiores y con escaso número de hojas secas en la punta. Los requerimientos de nitrógeno dependen del tipo de variedad, de las características del suelo y del número de cortes. Los mayores requerimientos suelen darse en suelos con bajos contenidos de materia orgánica, con dificultades en el drenaje y niveles freáticos superficiales. El suelo de textura arenosa (aproximadamente un 96% del contenido es

arena), tiene una categoría baja [QUINTERO DURÁN R, 1995]⁶⁵; hay que señalar, sin embargo, que en otros lugares del ingenio hay suelos francos y franco-arenosos; en este caso, los contenidos de nitrógeno (entre 0 y 0.01 %) y de materia orgánica (< 0.1%) son muy bajos, lo que implica la necesidad de fertilizarlos con adiciones de nitrógeno. La fuente utilizada en la zona de estudio es la urea (46% de N); sin embargo, en otros ingenios azucareros se utiliza el sulfato de amonio (21% de N).

Las plantas absorben mayoritariamente el fósforo en forma de $H_2PO_4^-$ y en menor proporción como HPO_4^{2-} [TISDALE, S.L. – NELSON, W.L.]. Es un constituyente importante de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos y del adenosintrifosfato; éste último es importante para los procesos metabólicos que requieren energía; es esencial para la síntesis de la clorofila y está íntimamente relacionado con la formación de la sacarosa. En plantaciones con bajo contenido de fósforo se observaron raíces de coloración marrón así como disminución del macollamiento y del desarrollo de la planta; en algunos casos se apreciaron hojas con manchas de color púrpura.

El potasio se absorbe en su forma elemental, K^+ ; es un elemento móvil dentro de la planta e importante en la formación de aminoácidos y proteínas. Es necesario, para el metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de proteínas, el control y la regulación de varios elementos esenciales, la neutralización de ácidos orgánicos, la activación de enzimas y el movimiento de estomas. En la caña de azúcar regula las actividades de la invertasa, la amilasa, la peptasa y la catalasa [Tisdale y Nelson, 1966]. Se observó que las plantas con bajo contenido de este elemento presentaban coloración amarillenta en las hojas y en las hojas de mayor edad se apreciaban puntos cloróticos de color carmelita. Los suelos con niveles bajos de potasio disminuyen la actividad fotosintética y son susceptibles a enfermedades y a estrés por sequía.

Los valores promedios de aplicación de nutrientes mayores (N, P y K), tanto para la caña planta como para la caña soca, según los responsables de la actividad agrícola de una de las empresas, son de 270 – 45 – 90 Kg/ha, respectivamente. En la caña planta, un 12% del total del suministro de nitrógeno se realiza en la germinación, el 58% en el macollamiento y el 30% en el crecimiento; el 15% del total requerido de fósforo se proporciona en la germinación y un 85% en el crecimiento; el aporte de potasio se distribuye entre un 7.5% en la germinación, un 44% en el macollamiento y un 49% en el crecimiento. En la caña soca, un 62,5% de nitrógeno se suministra en el macollamiento y el 37,5% en el crecimiento; el 93% del fósforo se suministra durante el macollamiento y el 7,5% restante en el primer mes del crecimiento; un 36% del potasio se entrega en el macollamiento y el 64% durante el crecimiento.

⁶⁵ Categoría de suelo según contenido de materia orgánica y contenido de fósforo: Baja (% M.O.<2 – mg P<5)), Mediana (% M.O entre 2 y 4 – mg P entre 5 y 10), Alta (%M.O. >4 – mg P>10).

5.7.10 Adecuación y Preparación de Tierras

Son las labores más importantes en el cultivo de la caña de azúcar pues permiten el suministro de agua para riego y el drenaje de los excesos; además, mejoran la eficiencia de riego, de los equipos y del personal involucrado en las labores de campo; también, incrementan la productividad del cultivo y acondicionan las vías para el transporte de caña.

Desbroce.

Es una labor que se ejecuta en terrenos eriazos o campos de cultivo abandonados con vegetación arbórea que dificulta la ejecución de labores en general; consiste en sacar de raíz y eliminar la vegetación existente, para su posterior secado y quemado. Se ejecuta, de día y con un trabajo promedio de 10 horas, con cargador frontal o tractor oruga. En su control se verifica el número de horas trabajadas y que los arrumes de material vegetal no contengan arena para facilitar el quemado posterior. El requerimiento promedio de esta labor es de 1.7 horas por cada hectárea.

Nivelación

La nivelación es la modificación del relieve superficial mediante cortes y rellenos, hasta conseguir pendientes uniformes que faciliten las labores de riego y drenajes superficiales así como la cosecha del cultivo de la caña. Se clasifica en nivelación gruesa (macronivelación) y nivelación fina (micronivelación).

La nivelación gruesa consiste en la realización de trabajos de corte (a diferentes profundidades que pueden variar entre 10 y 30 cm) y relleno de terrenos, tratando de alcanzar pendientes suaves (inferiores al 10%) para facilitar la mecanización de las labores; se ejecuta con Tractor Oruga. Su control se realiza con la ayuda de un operario, quien verifica el número de horas trabajadas. Esta labor se realiza en doble turno de 10 horas cada uno, y precisa de 10 - 18 horas por hectárea.

En la nivelación fina se llevan a cabo menores movimientos de suelo para uniformizar las irregularidades y rugosidades existentes; se ejecuta con Tractor articulado de 450 HP, que tiene acoplado un implemento agrícola, denominado rufa, de 17 pies de largo que transporta el material suelto realizando micronivelaciones. Para esta labor también se pueden utilizar tractores agrícolas de 110 HP con una rufa de 12 pies. La Figura 5.21 muestra las actividades de nivelación. Requieren de 1.7 – 2.0 horas por hectárea.



Figura 5.21 Labores de nivelación gruesa y fina.
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

Subsolado.

Es una labor frecuente en la preparación de suelos para siembra y es necesaria cuando la cosecha se realiza en épocas húmedas, y en suelos de texturas pesadas y media. En algunas zonas se encuentran capas duras en el subsuelo que impiden la infiltración de agua, por lo que ésta se pierde por escorrentía ocasionando un déficit de humedad en el subsuelo que incrementa la demanda de agua para riego en la época seca. El proceso de subsolado se realiza, a una profundidad promedio de 60 cm, con tractores articulados de 450 HP de potencia, que arrastran un subsolador de 3, 5 ó 7 puntas. El número de puntas depende de la dureza del terreno. Como labor eventual y complementaria al subsolado, y después de éste, las piedras mayores de 5 pulgadas son retiradas con la ayuda de un tractor de baja potencia (50 HP) articulado a una carreta (Figura 5.22).

Rastrillado

Es una labor que consiste en romper los terrones de tierra del campo después del subsolado con el fin de reducir su tamaño. La realiza un tractor articulado de 450 HP y, acoplado a éste, un implemento denominado “rastra” de 20x32 (20 discos de 32 pulgadas); de este modo se logra que el suelo quede completamente mullido. Cuando el suelo tiene terrones gruesos se utiliza una rastra “desterronadora” de 32x26 (32 discos de 26 pulgadas).



Figura 5.22 Labores de subsolado y rastrillado.
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

5.7.11 Labores de Cultivo

Estas labores son necesarias para atenuar los efectos de la compactación del suelo ocasionada por el trabajo de la maquinaria durante la cosecha; la profundidad afectada varía entre 25 y 35 cm, presentando los valores más altos en épocas lluviosas.

El principal proceso de compactación del suelo lo realizan las llantas traseras de los tractores. El nivel de compactación promedio de la maquinaria utilizada es de 30 cm, y entre 15 y 20 cm después de la primera compactación con esta maquinaria. Los principales objetivos de la compactación son el desarrollo de las raíces, la disminución del proceso de filtración y almacenamiento de agua, la reducción del tamaño de poros y con ello de la capacidad de aireación e intercambio de gases en la rizosfera creando, de este modo, condiciones anaeróbicas en la zona de las raíces.

Cosecha – alce - transporte

Las condiciones de clima y suelo de la región permiten la cosecha del cultivo de la caña de azúcar en cualquier época del año, (no hay cosecha estacional o zafra). En el área del proyecto se efectúa a los 12 meses de edad de la caña. El principal sistema de cosecha es el mecánico; utiliza máquinas que, además del corte, realizan labores de trozado, limpieza y alza de la caña (Figura 5.23).



Figura 5.23 Cosecha y alce de la caña.
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

La ventaja de los campos de cultivo es el crecimiento erecto de los tallos, lo que facilita el deshoje y permite el aporque del cultivo. La cosecha mecanizada también es beneficiosa por la escasa presencia de lluvias. Se utilizan cosechadoras autopropulsadas que cortan la caña a nivel de la superficie del suelo procurando no dejar tocones; el rendimiento promedio es de 25 toneladas por hora.

La caña, una vez cortada, se lleva a un transbordador (vehículo de recepción de 9 t de capacidad de carga) que se desplaza paralelo a la primera. Una vez lleno, la caña se deriva a otro vehículo denominado cuya capacidad de carga es de 8 a 32 toneladas, y que se utiliza para distancias mayores a 10 km.



Figura 5.24 Sistema complementario de transporte.
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

5.8 PROCESO INDUSTRIAL

El etanol, como producto final, tienen las siguientes características:

- Es Alcohol etílico con un 99.70%w/w de pureza.
- Se utiliza para satisfacer el mercado interno de alcohol carburante, una vez desnaturalizado al 2.5%. Los distribuidores lo mezclan en un 7.8% con la gasolina y lo comercializan como gasohol. En el mercado nacional también se consume en el sector industrial.
- La producción comercializada al extranjero cumple la norma europea EN15760.

El bagazo, subproducto del proceso de obtención de etanol, se aprovecha como combustible para generar vapor y electricidad. El vapor se consume en el proceso industrial y en la producción de electricidad. La energía eléctrica se utiliza en el abastecimiento de todo el sistema de riego, en el proceso de la planta industrial y para satisfacer la demanda de las viviendas del personal y de las oficinas administrativas.

La caña de azúcar tiene la siguiente composición: raíz (0.7%), tallo (88.5%), hojas (4.4%) y cogollo (6.4%). Las características de la que se destina el proceso industrial se indican en la Figura 5.25.

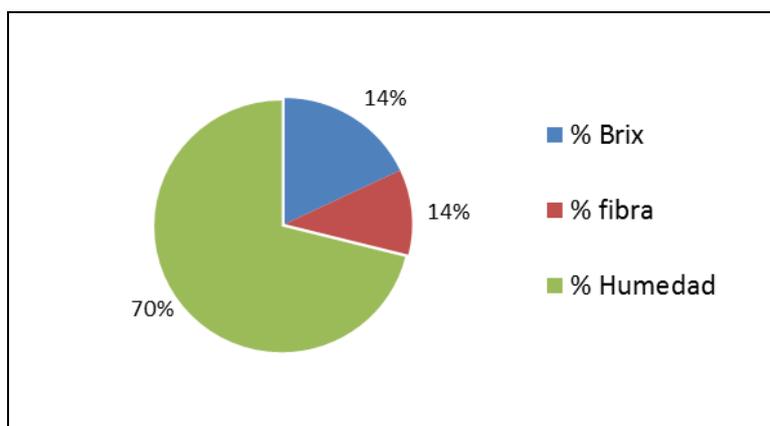


Figura 5.25 Composición típica de la caña de azúcar. Referencia: datos de calidad y producción de la empresa Caña Brava. 2011

Las empresas dedicadas a la producción de bioetanol en Piura, lo obtienen de forma directa a partir del jugo de la caña de azúcar, tal como se indica en el diagrama de bloques de la Figura 5.26. Según se aprecia en esta figura, la materia prima pasa por seis procesos, cinco destinados a la transformación progresiva del jugo para la obtención del alcohol (extracción, evaporación, fermentación, destilería y deshidratación) y uno para la generación de energía (eléctrica y térmica), mediante el aprovechamiento del bagazo en la caldera.

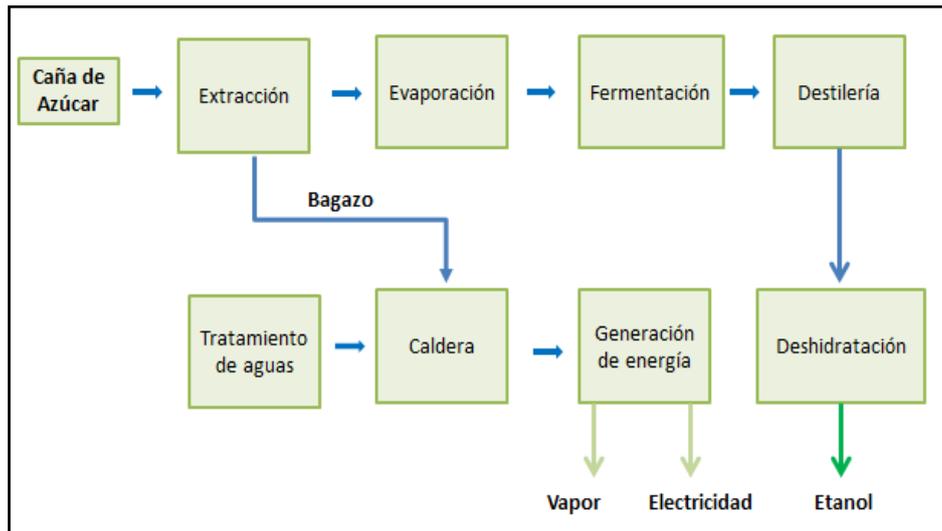


Figura 5.26 Proceso de obtención de bioetanol

Referencia: Informes y planos de empresas Caña Brava y Maple, respectivamente. 2011

La primera actividad en el proceso de producción es la recepción y descarga de la caña de azúcar. Ésta, después de cosechada, se transporta en vehículos tipo carreta, los cuales son pesados en una báscula; posteriormente, la carga pasa a un sistema automático de toma de muestras de trozos de caña, montado sobre una estructura fija, de donde se extrae una para su análisis en laboratorio.

Desde la báscula, las unidades de transporte disponen la caña en una mesa alimentadora de tipo simple. Para la descarga se utiliza un sistema que opera en régimen estacionario (tipo hilo) colocado encima de la sección de carga de la mesa alimentadora; este sistema está provisto de un conjunto de arrastre por cadenas y aditamentos especiales que transfieren la caña al conductor principal. En él, el flujo de la caña es regulado por un nivelador que rueda en dirección opuesta a la de las cadenas; la mesa alimentadora es accionada por dos motores eléctricos, con dispositivos reductores de velocidad y con sistemas de velocidad variable.

Las instalaciones disponen de un sistema de lavado de la caña con la finalidad de eliminar la materia extraña que suele oscilar entre el 8 y el 12% (restos de hojas, terrones y partículas

sólidas). El agua de lavado es enviada continuamente a un tanque de sedimentación, que también recibe agua de la mesa alimentadora. Mediante un sistema de bombeo, el agua limpia decantada retorna desde el tanque de sedimentación a la mesa de lavado.



Figura 5.27 Recepción, descarga y alimentación de la caña de azúcar
Referencia: *Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.*

5.8.1 Molienda y extracción.

Una vez en la mesa alimentadora, la caña se transfiere a un conductor de arrastre principal, que es accionado por un motor eléctrico de velocidad variable controlado por un sistema automático de alimentación; luego, la caña pasa por dos juegos de cuchillas y un desfibrador pesado, accionados por un motor eléctrico de bajo voltaje. A continuación, y mediante un conducto de alta velocidad, la caña pasa del desfibrador al difusor, que es un conductor de bagazo tipo tablillas con un fondo fijo provisto de planchas perforadas. Las tablillas están articuladas sobre hileras de cadenas continuas. Por debajo de las planchas perforadas, el difusor va provisto de varios compartimientos transversales semicilíndricos que actúan como captadores del jugo extraído de la caña; cada uno de ellos se conecta a una bomba de recirculación que lo suministra a un conducto (canaleta) alimentador de jugo situado encima del colchón de caña y dentro del cuerpo del difusor; la capacidad de éste es de 4000 t de caña/día. La sacarosa se extrae al exprimir y lavar el colchón de caña, el cual se transforma en bagazo. En el difusor de caña, la sacarosa es extraída exclusivamente por un proceso de lavado y pasa por dilución a una solución de menor concentración. Se procura que, en el difusor, el agua tenga el mayor contacto posible con la caña desfibradora.



Figura 5.28. Difusor

Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

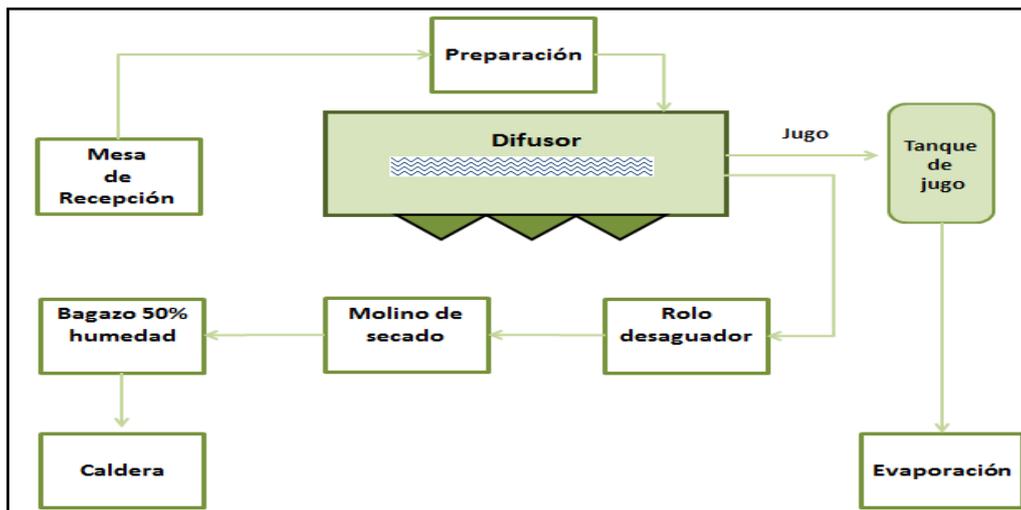


Figura 5.29 Esquema del difusor y obtención de jugo y bagazo.

Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011

El bagazo se mueve dentro del difusor hasta el punto de descarga y es fragmentado por un descargador rotativo; seguidamente, el bagazo pasa a un conductor de salida transversal. El lavado de éste se realiza mediante un proceso de “Imbibición compuesta” en el que se agrega agua condensada, entre 70 y 90 °C, en un punto próximo al de descarga del bagazo. La sacarosa contenida en la fibra se disuelve en el proceso de lavado y pasa a una solución a menor concentración. Desde el primer captador, el jugo es bombeado a un tamiz de tipo estacionario o rotativo, desde el que se envía a la sección de tratamiento. El bagazo (sólidos retenidos), con humedad promedio de un 50%, se utiliza para la generación de energía eléctrica y vapor de agua.

5.8.2 Evaporación

En esta unidad se recibe y almacena el jugo de caña, el cual se neutraliza con lechada de cal para bajar el grado de acidez y así evitar la inversión de la sacarosa; posteriormente, el jugo se calienta a 105 °C aproximadamente y pasa al clarificador, donde las impurezas son separadas mediante un tamiz rotatorio y el lodo obtenido es enviado a un filtro para recuperar el azúcar. La cachaza resultante de este lodo va al campo como abono y el jugo recuperado vuelve al proceso.



Figura 5.30. Conjunto de evaporadores
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

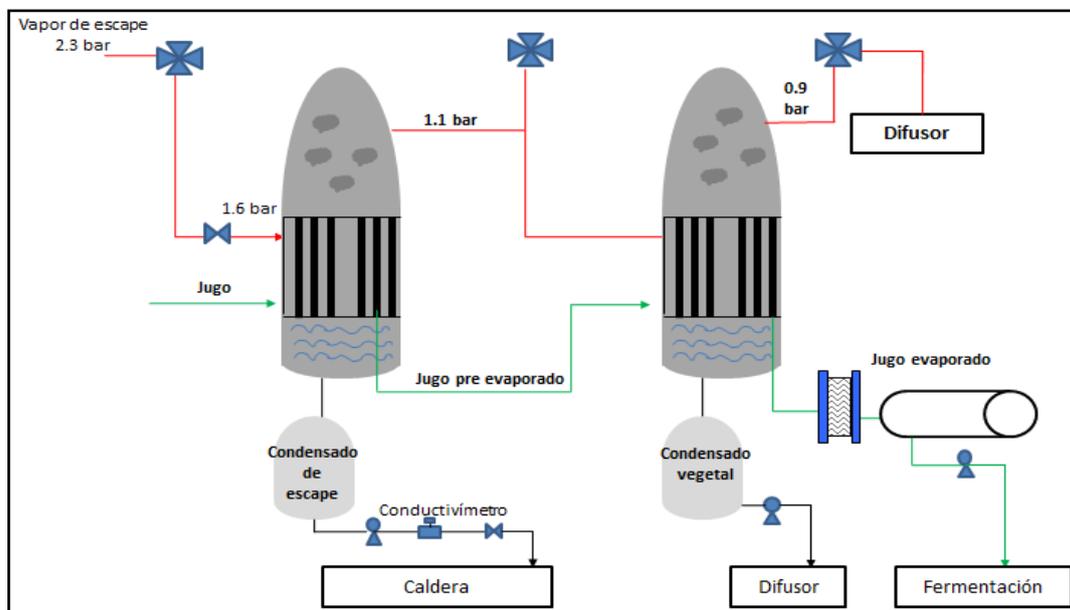


Figura 5.31 Esquema del sistema de evaporación.
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011

El jarabe resultante de la evaporación a partir del recalentamiento de parte del jugo, se mezcla con el jugo clarificado para obtener un mosto de entre 17 y 19 grados Brix; con este valor se garantiza la conversión de los azúcares en alcohol.

5.8.3 Fermentación

En esta etapa se recibe, enfría, diluye y homogeniza el jugo. Se precisa de módulos para la preparación del mosto, tratamiento de la levadura y fermentación. El jugo de caña clarificado a tratar tiene, como ya indicamos, una concentración entre 17 y 19 grados Brix.

La principal del proceso de fermentación es la recuperación de la levadura una vez finalizado el proceso en cada cuba. Las cubas son del tipo cerrado y tienen tubos colectores de CO₂ que envían el gas a una columna de lavado para la recuperación del alcohol arrastrado; por cada unidad de levadura se agregan dos unidades de mosto. En esta etapa se efectúa la transformación de los azúcares fermentables contenidos en el jugo, en alcohol etílico (vino), y se generan anhídrido carbónico y otros productos secundarios como alcoholes superiores, aldehídos y glicerina. El producto fermentado se envía a las centrifugas para la recuperación de la levadura y posteriormente a las columnas de destilación; la levadura recuperada se envía a los prefermentadores, provistos de agitador mecánico, para recibir un tratamiento de dilución con agua y adición de ácido sulfúrico para bajar el pH hasta el valor deseado; seguidamente, para revitalizar la levadura, a esta suspensión se le agrega nutrientes, desinfectantes y aire comprimido. Esta suspensión de levadura diluida y acidificada, conocida como “pie de cuba”, se mantiene en agitación por algunas horas y posteriormente se recircula a las cubas de fermentación. La temperatura de operación en las cubas de fermentación es de aproximadamente 34° C.



Figura 5.32 Tanques de fermentación

Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

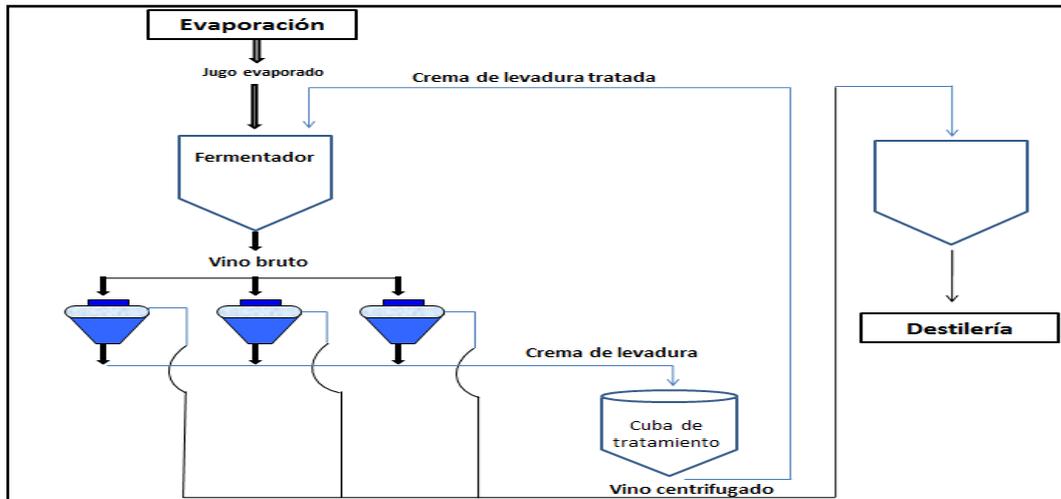


Figura 5.33 Esquema del sistema de fermentación
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011

5.8.4 Destilación.

El vino proveniente de la fermentación, con una concentración aproximada de 8° GL, contiene otros componentes líquidos, sólidos y gaseosos. En la fase líquida, el componente mayoritario es el agua, cuya concentración varía entre un 89% y un 93%; también hay presencia, en cantidades menores, de alcoholes superiores, aldehído acético, ácido succínico, ácido acético, furfural... Los residuos sólidos incluyen levadura, bacterias, azúcares no fermentables, sales minerales, materias albuminoides y otros. Los principales integrantes de la fase gaseosa son el CO₂ y el SO₂.



Figura 5.34. Torres de destilación
Referencia: Manual de Procedimientos Agrícola del Chira SA, 2011.

El proceso de destilación separa sustancias volátiles a diferentes temperaturas de ebullición. Estas columnas se conciben de tal forma que el vapor generado por una de ellas sirva como medio de calefacción para la siguiente.

El calentamiento de las columnas se lleva a cabo con recalentadores indirectos o por inyección directa de vapor; para la condensación del vapor que sale del tope de las columnas se utilizan condensadores como refrigerante u otra fase líquida fría que es reenviada al proceso.

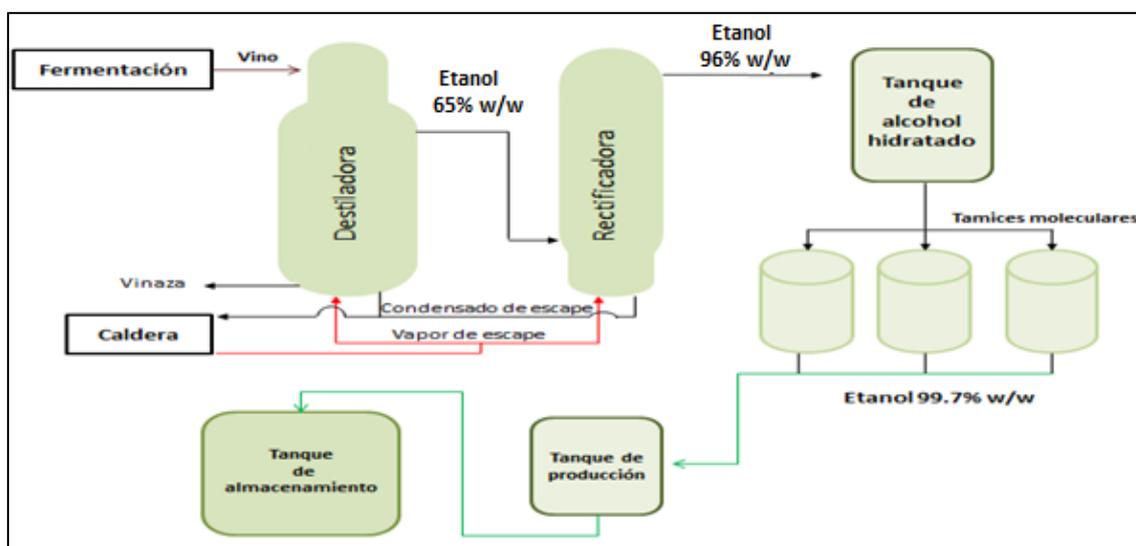


Figura 5.35 Esquema del sistema de destilación
Referencia: Instalaciones industriales, empresa Caña Brava, 2011

El alcohol hidratado de 96°GL se extrae en fase líquida, se deposita en el tanque pulmón y desde éste se bombea a la sección de deshidratación. La separación del etanol del agua se lleva a cabo en columnas donde la diferencia de temperaturas se logra adicionando vapor de caldera. En la primera columna, la destiladora, se obtiene un alcohol al 65% w/w, luego pasa por un proceso de rectificación a partir del que resulta un alcohol al 96% w/w y finalmente se realiza la deshidratación de este último en unos tamices moleculares los cuales retienen las moléculas de agua y dejan pasar las de alcohol lográndose así el etanol al 99.7 % w/w.

5.8.5 Deshidratación.

El alcohol proveniente (96°GL), es deshidratado hasta los 99.8°GL (etanol anhidro) con Glicol Etilénico (MEG), en una instalación que consta de dos secciones. La primera consiste en el módulo de deshidratación y la segunda incluye el módulo de recuperación del agente

deshidratante. Al finalizar se introduce en la columna de deshidratación, donde se alimenta por bombeo el agente deshidratante proveniente del tanque pulmón, después de pasar por un sistema de intercambio iónico de regeneración.

Desde la cabecera de esta columna se extrae una fase vapor que se lleva a los condensadores principal, auxiliar y final. La fase líquida resultante es parcialmente recirculada a la misma columna como reflujo; el resto se enfría en un intercambiador y se extrae como alcohol deshidratado, que se vierte por gravedad al tanque de medición de la cantidad y calidad del condensado obtenido.

La fase líquida, que contendrá glicol etilénico y agua, es extraída de la base de la columna de agotamiento y se bombea a la columna de recuperación; en esta última tiene lugar la separación del agua del agente deshidratante. El glicol sale en fase líquida por la base de la columna y, una vez enfriado en varios intercambiadores, retorna al tanque pulmón, desde donde reinicia el ciclo.

Las columnas de deshidratación y recuperación son recalentadas con hervidores de recirculación que reciben vapor de media presión proveniente del turbogenerador. El condensado limpio resultante es recogido en el tanque y luego se envía al desaireador, lográndose así el producto ideal para el uso automotriz. Por ley, el etanol debe ser desnaturalizado; para ello se agrega una pequeña cantidad de gasolina para hacerlo no apto para el consumo humano.

5.9 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

En la caña de azúcar, la producción del azúcar consume aproximadamente la tercera parte de la radiación solar absorbida y la fibra el 70% restante. Esta última está formada por celulosa, hemicelulosa y lignina, constituyentes del bagazo y de la paja de caña.

En la obtención de etanol, tanto en la fase agrícola como en la industrial son elevados los consumos térmicos (procesos de calentamiento y concentración de disoluciones, producción de vapor para la generación eléctrica...), y eléctricos (instalaciones de riego, procesos de molienda, funcionamiento de bombas, motores y ventiladores, sistemas de iluminación...)

El uso de la caña de azúcar como materia prima en la producción de etanol tiene la ventaja del aprovechamiento del bagazo⁶⁶ para generar agua caliente, vapor de proceso y electricidad; se satisface así, parcial o totalmente, la demanda energética de la planta. Según los responsables de esta última y de los del proceso de producción, en condiciones normales, el balance de vapor en la planta suele ser equilibrado, es decir, que la oferta satisface la demanda.

La energía producida depende del sistema de cogeneración⁶⁷ y del bagazo disponible. En la fábrica objeto de este estudio, la capacidad máxima de molienda es de 4000 t/día y la producción de alcohol proyectada de 350 m³/día (un promedio de 87.5 litros/t). El proceso de producción de etanol precisa de 3 turnos diarios, de 8 horas cada uno; en los datos detallados en la Tabla 5.40a (correspondientes a la producción mensual de 8 meses consecutivos), se aprecia que la caña de azúcar no se procesa todos los días sino sólo un promedio de 26 días al mes (que equivale a un 86% del total de días disponibles), que la planta no suele operar de forma continua todos los días del año y que el promedio de la molienda diaria es de 2235 t (un 55% de la capacidad máxima). Tal como se pudo verificar, en las visitas a la planta, y según entrevistas con los operarios las operaciones de mantenimiento en las instalaciones y los períodos de desabastecimiento de la materia prima son las causas determinantes que impiden que la planta opere de forma ininterrumpida.

La caña procesada tiene por valores promedio un 13% de ART y un 13% de fibra. El bagazo, con una promedio de humedad del 52%, tiene una producción mensual media de 17301 t y 665 t de producción media diaria. Respecto al total de caña procesada, el bagazo utilizado en la

⁶⁶ En la agroindustria de la caña de azúcar, es común el aprovechamiento del bagazo; sin embargo, pueden incorporarse también parte de los residuos de cosecha (paja de caña de azúcar).

⁶⁷ El sistema de cogeneración representa una ventaja importante de la caña de azúcar, respecto a otras materias primas utilizadas en la obtención del alcohol que necesitan aporte energético externo durante el proceso industrial. Al utilizar el calor liberado por la combustión del bagazo en las calderas se produce vapor de alta presión, para generación eléctrica y accionamientos mecánicos, y vapor de escape a baja presión para satisfacer los requerimientos térmicos

generación de energía es un 29 % del que se procesa diariamente; esto significa que por cada tonelada de caña procesada se obtienen 295 kg de bagazo⁶⁸.

Tabla 5.40a. Indicadores de producción de etanol.

Mes	Días de molienda	Molienda mensual de caña (t)	Promedio de molienda diaria de caña (t)	% ART	% Fibra	Bagazo (t) Mensual	Humedad Bagazo (%)	Producción de alcohol Mensual (m3)	Prod. de alcohol - media diaria (m3)	Pureza de alcohol (%)
1	30	80777	2693	13.92	13.86	26847.04	-	5318	177.27	99.71
2	24	29371	1224	13.26	13.92	9062.65	-	2372	98.83	99.64
3	18	39364	2187	13.31	13.71	8980.12	-	1599	88.83	99.77
4	16	35543	2221	13.29	13.61	10452.36	52.71	2051	128.19	99.71
5	29	79610	2745	13.11	13.56	23827.77	53.14	5507	189.90	99.75
6	30	53254	1775	13.01	13.34	15393.08	52.1	2964	98.80	99.75
7	31	72019.24	2323	14.44	13.54	21043	52.05	5202	167.81	99.72
8	29	78713.56	2714	15.01	13.57	22805.55	52.08	5818	200.62	99.7
Promedios	26	58581	2235	14	14	17301	52	3854	144	99.7

Fuente: Archivos de la empresa Caña Brava, 2011

La potencia eléctrica media mensual requerida para los procesos agrícola e industrial es de 7.86 MW con una media mensual de 7.86 MW; el sistema de cogeneración produce 5.14 MW, equivalente a un 65.4% de la demanda total y el 34.6% restante se abastece de la red eléctrica (Tabla 5.40b).

La producción de alcohol proyectada, sobre la base a la máxima capacidad de molienda, es de aproximadamente 87,5 litros / t (con una pureza del 99.7 %). De los valores de la Tabla 5.40c se concluye que el alcohol producido supera en un 28% al proyectado.

⁶⁸ Tal como indica Leal en el workshop "Alcohol de bagazo de la caña de azúcar" celebrado el año 2005 en Sao Paulo, los valores representativos de las plantas de producción de bioetanol en Brasil, y similares a las de otros países, indican que en el procesamiento de una tonelada de caña de azúcar se genera la disponibilidad de 250 kg de bagazo (con una humedad aproximada de un 50%).

Tabla 5.40b. Indicadores de la potencia requerida y suministrada.

Mes	Bagazo (t)	Sistema Cogeneracion (MW)	Demanda (MW)		suministro de la red (MW)	% autogene - ración
			Fábrica	Agrícola		
1	26847.04	6.81	4.18	4.74	2.11	76
2	9062.65	4.75	3.59	3.45	2.29	67
3	8980.12	3.74	3.34	3.11	2.71	58
4	10452.36	5.18	3.79	3.82	2.43	68
5	23827.77	5.57	4.1	4.77	3.3	63
6	15393.08	3.77	3.38	4.18	3.79	50
7	21043	5.33	3.88	4.45	3	64
8	22805.55	5.98	3.91	4.21	2.14	74

Fuente: Registros de la empresa Caña Brava, 2011

Tabla 5.40c. Comparación de valores de etanol proyectado/producido

Mes para un año típico	Litros de alcohol / t de caña procesada	
	Valor proyectado	Valor producido
1	60.58	65.84
2	27.54	80.76
3	49.21	40.62
4	49.98	57.70
5	61.77	69.17
6	39.94	55.66
7	52.27	72.23
8	61.07	73.91

Fuente: Registros de la empresa Caña Brava, 2011

5.10 PROGRAMA DE CONTROL AMBIENTAL.

Tiene por objetivo determinar los valores de parámetros característicos a partir de una serie de mediciones. Según el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), la frecuencia del control y su programación se indican en la Tabla 5.41

Tabla 5.41 Programación anual del control ambiental

Frecuencia	Parámetro	Programación Anual											
		E	F	M	A	M	Jun	Jul	A	S	O	N	D
Trimestral	Ruido ambiental	X			X			X			X		
	Calidad de agua	X			X			X			X		
	Efluentes industriales y vinaza	X			X			X			X		
Bimensual	Ruido ocupacional	X		X		X		X		X		X	
	Calidad de aire	X		X		X		X		X		X	
mensual	Emisiones atmosféricas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: empresa productora de bioetanol Caña Brava, 2011

5.10.1 Ruido Ambiental.

El nivel de ruido ambiental que se produce como consecuencia del proceso industrial de la obtención del etanol se mide en el exterior de la planta para así determinar la contaminación acústica que produce.

Los niveles de ruido máximo permitidos (estándares de calidad ambiental) se encuentran indicados en el DS N° 085-2003 (Tabla 5.42). Éstos consideran, como parámetro de medición, el nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A ($L_{A eq T}$), y sus valores dependen del tipo de actividad y del horario de medida.

En la Tabla 5.43 se citan los valores promedio, máximos y mínimos, para tres puntos de medición, además de los estándares.

Tabla 5.42. Estándares nacionales de calidad ambiental - Ruido

Zona de aplicación	Horario	
	Diurno (dB)	Nocturno (dB)
Zona protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Fuente: D.S. N° 085 – 2003 – PCM

Tabla 5.43. Resultado de las medidas de ruido ambiental

Turno -->	Diurno		Nocturno	
	Máx (dB)	Mín (dB)	Máx (dB)	Mín (dB)
1	78	53	80	50
2	75	63	82	51
3	77	55	79	50

ENCA*	80	70
-------	----	----

Fuente: Información de Empresa Caña Brava 2011. *DS N° 085-2003

Según se aprecia en la Tabla 5.43, todos los valores medidos en el turno diurno son inferiores a los límites permisibles; sin embargo, en el turno nocturno los valores máximos sobrepasan el límite estándar; generalmente estos valores se deben al ruido generado en la planta de generación de vapor y electricidad. Para mitigar los efectos del impacto acústico, los operarios y trabajadores disponen de instrumental de seguridad industrial.

5.10.2 Calidad de Aire.

Para determinar si la calidad de aire se ve afectada por las actividades agroindustriales de la planta, se establecieron puntos de medición y de toma de datos en las zonas de realización de dichas actividades. Los equipos e instrumentos utilizados tienen como referencia las indicaciones establecidas por la Dirección General de Salud Ambiental, del Ministerio de Salud (R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA).

Las mediciones se realizaron en tres fases: Pre-muestreo, Muestreo (M) y Post-muestreo (PM). En la primera, se prepararon los reactivos y materiales requeridos para cada tipo de análisis; además, se definieron los puntos de muestreo y se realizó la calibración de equipos. En el Post-muestreo se realizó la medición de los parámetros a controlar. En el apéndice 3 se presenta un sumario de los parámetros.

Mediciones y Valores Permisibles

La Tabla 5.44 muestra los valores de los parámetros analizados. Al comparar los resultados obtenidos con los estándares permitidos, se aprecia que todos ellos están dentro de los valores permitidos por la norma vigente.

Tabla 5.44. Resultados de monitoreo y valores estándares para el aire.

Parámetro	PM10		PM2,5		SO2		CO		NO2	
	Punto 1	Punto 2	Punto 1	Punto 2	Punto 1	Punto 2	Punto 1	Punto 2	Punto 1	Punto 2
Abril	127.9	27.4	5.6	3.1	9.6	6.4	890	1008	43.1	45.1
Junio	86	20	4.3	0.7	12.1	8.9	2497	3012	33	82
ENCA	150 (1)		50 (2)		80 (2)		30000 (1)		200 (1)	

Fuente: Estudio de monitoreo ambiental – Empresa Caña Brava, 2010.

(1): D.S. N° 074-2001

(2): D.S. N° 003 - 2008

5.10.3 Calidad de agua

Para determinar si las actividades agroindustriales del proyecto de producción de bioetanol generan impactos negativos en el agua, se consideró el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos según la Resolución Ministerial N° 026 – 2000 ITINC/DM. Los parámetros a controlar se agrupan en físico – químicos, orgánicos, inorgánicos, y microbiológicos.

Los resultados de las mediciones realizadas se citan en el anexo 5.13. Excepto el hierro y los fenoles, los valores de los parámetros analizados están dentro o muy aproximados de los límites permitidos por la normativa considerada; así, por ejemplo, en los Fosfatos y el Hierro se espera que con la incorporación de recursos hídricos antes de llegar a los centros de consumo alcancen valores aceptables.

5.10.4 Ruido ocupacional

Hace referencia a los niveles de ruido (contaminación acústica) a los que están expuestos los trabajadores de la planta industrial como consecuencia de las actividades diarias requeridas para la producción de etanol a partir de la caña de azúcar.

Los límites máximos permitidos establecen los niveles de ruido ocupacional, que no se deben exceder para proteger la salud humana. El parámetro de medida es el nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A (LAeqT) el cual es función del número de horas de exposición al ruido por día. Según el D.S. N° 046-2001-EM (Reglamento de Seguridad e Higiene Minera y Manual de Salud Ocupacional de DIGESA) y el D.S. N° 375-2008- TR (Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico) el nivel de ruido máximo, para una exposición continua de 8 horas, es de 85 dBA.

En las mediciones diurnas los valores permisibles se superan en las áreas de recepción y preparado de caña, en la de extracción de jugo, y en la del taller y maestranza, es decir en 3 de las 7 zonas de medición. Durante las actividades nocturnas, sólo tiene valores superiores a los permisibles la zona de evaporación, fermentación y destilación.

5.10.5 Emisiones Atmosféricas

La caldera es una componente importante en el proceso de generación de energía. Se controla mensualmente para determinar su impacto en la calidad de aire.

La concentración de los componentes de los humos de combustión se determina de forma directa mediante un analizador de gases que se conecta a la chimenea o al conducto por el que se emiten aquellos humos al ambiente. Este método se corresponde con el considerado en el ítem 40 del título 60 de la USEPA establecidos en el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos (CFR). Los parámetros evaluados, los métodos seguidos y el equipo utilizado se indican en la Tabla 5.45

Tabla 5.45. Monitoreo de emisiones atmosféricas

Parámetro	Método	Equipo	Exactitud	Resolución	Rango
CO	Electroquímico	AGC	5% de la lectura	1 ppm	0 - 4000 ppm
CO2	Electroquímico	AGC	5% de la lectura	0.10%	0 - 50 %
NOx	Electroquímico	AGC	5% de la lectura	1 ppm	0 - 2000 ppm
SO2	Electroquímico	AGC	5% de la lectura	1 ppm	0 - 5000 ppm
T° amb.	Electroquímico				0 - 250 °F
T° gas	Sensor tipo IC	AGC		± 5°F	0 - 112 °F
Oxígeno		AGC		0.20%	0 - 21 %
Partículas	Gravimétrico	Isocinético			

Fuente: R. M. N°026-2000-ITINCI/DM – Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas.
Referencia: Informe del Monitoreo Ambiental de proyecto Agroindustrial Caña Brava. Sucrealcoholera del Chira S.A., ECSA Ingenieros, 2011

La fuente de emisión es una chimenea de tipo vertical, sección circular y con dirección del flujo en forma ascendente.

Los límites máximos permitidos de los parámetros evaluados y los resultados de su evaluación se indican en la Tabla 5.46.

Los valores de dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) están dentro del rango permitido. Las partículas en suspensión y el monóxido de carbono (CO) superan los valores máximos permitidos; esos altos valores se debieron a que la chimenea fue diseñada para la combustión de caña de azúcar quemada y opera con caña de azúcar cosechada mecánicamente. Ello determina que se produzcan inquemados y combustiones incompletas de las hojas de caña de azúcar, lo que justifica el alto contenido de partículas en suspensión y las elevadas concentraciones de CO de los humos que se emiten por la chimenea de la instalación.

Tabla 5.46. Límites permisibles en chimenea

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Mes 1 2010	Mes 2 2010	Mes 3 2010
Partículas en suspensión	µg/m ³	350 (1)	3800	3520	935
Monóxido de carbono (CO)	µg/m ³	1150 (2)	2250	2865	2750
Dióxido de azufre (SO ₂)	µg/m ³	2000 (3)	480	630	390
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	µg/m ³	1000 (1)	75	35	9

(1) Norma Salvadoreña: NSO 13.11.02:01 – Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas

(2) República de Venezuela, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales: Decreto Presidencial 638 – Normas sobre la Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica.

(3) Environmental, Health, and Safety Guidelines –World Bank Group

5.11 IMPACTO DE EMISIONES

5.11.1 Eficiencia energética de la caña de azúcar como insumo del BIOETANOL

En un estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los biocarburantes, llevado a cabo por el CIEMAT por encargo del Ministerio de Medio Ambiente [CIEMAT 2005], se concluyó que, el gasóleo y la gasolina tienen una eficiencia energética negativa, y los biocarburantes, en la mayoría de los casos, positiva; es decir, la cantidad de energía requerida para su producción y distribución es inferior a la que contienen.

En el etanol producido a partir de caña de azúcar, la energía contenida en el producto final es aproximadamente 9 veces la energía utilizada para producirlo, mientras que en el obtenido a partir de maíz es 1.2 veces⁶⁹.

5.11.2 Reducción de emisiones de gases de Invernadero

Según la Directiva 2009/28/EC del Parlamento Europeo, el etanol producido a partir de caña de azúcar es el biocombustible que emite la menor cantidad de gases de efecto invernadero. En promedio, este alcohol emite un total de 24 gCO₂eq/MJ, un valor muy inferior a los 83,8 gCO₂eq/MJ que se liberan con los combustibles fósiles (Figura 5.36).

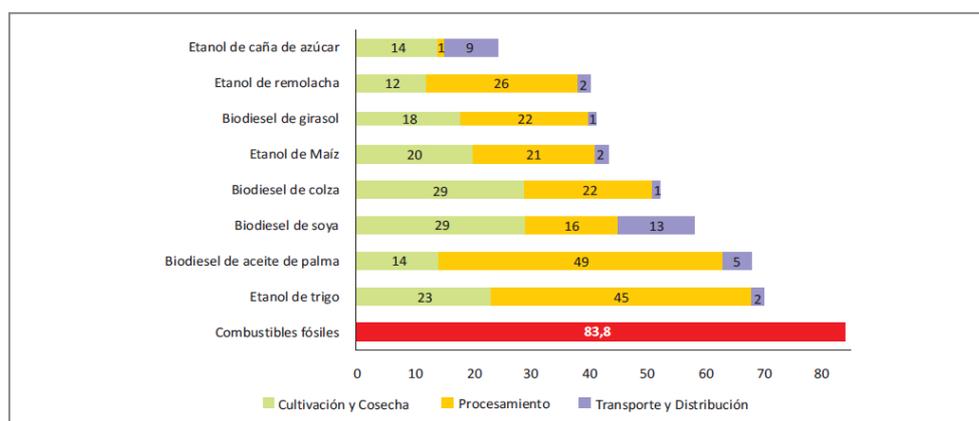


Figura 5.36. Emisiones de gases de efecto invernadero para biocombustibles.
Fuente: Worldwatch Institute 2006. Referencia: OSINERGMIN

⁶⁹ Bioetanol de Caña de Azúcar, Energía para el Desarrollo Sostenible. Río de Janeiro, 2008

Considerando que en el Perú las plantaciones de caña de azúcar ocupan tierras eriazas (sin uso agrícola anterior), las emisiones del etanol de esta plantación son aún menores e incluso podrían ser negativas. De esta manera, el uso de alcohol carburante producido con etanol peruano tendría un efecto favorable en la reducción de los gases de efecto invernadero.

La Directiva 2009/28/EC del Parlamento Europeo ya aludida, reconoce y otorga una reducción de 29 gCO₂eq/MJ en las emisiones de los biocombustibles cuya materia prima haya sido cultivada en tierras que no eran utilizadas para agricultura u otra actividad, que hayan estado severamente degradadas (aunque hubieran sido utilizadas previamente con fines agrarios), o que estén altamente contaminadas. Las tierras eriazas sobre las cuales se desarrollan las plantaciones de Caña Brava y Maple Energy son, por tanto, acreedoras de esta reducción de 29 gCO₂eq/MJ.

Según el MEM, en 2009, en el Perú se consumieron más de 50 mil MM de MJ de energía en gasolina (equivalente a 393 MM de galones de gasolina ó 403 MM de galones de gasohol). Por el consumo de gasolina se emitieron 4,32 billones de gCO₂; si la gasolina se hubiera sustituido por gasohol, las emisiones se hubieran reducido en aproximadamente un 6% (equivalente al 2% de las emisiones del sector transporte proyectadas por el MINAM para el 2010) (Figura 5.37)

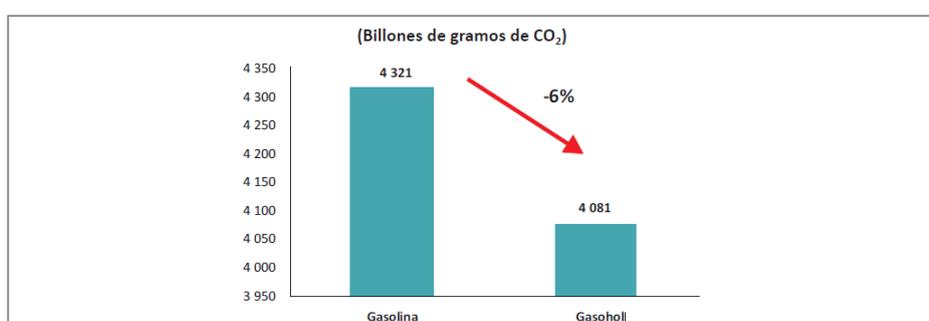


Figura 5.37. Emisiones del consumo de energía en gasolina en el Perú, 2009. Fuente: MEM; US DOE, Transportation Energy Databook, Apéndice B; Directiva 2009/28/EC del Parlamento Europeo.

El índice de nocividad (INC) de los gasoholes es aproximadamente un 6% menor al de la gasolina. De acuerdo al INC publicado (Figura 5.38) por CONAM (ahora MINAM), el gasohol emite menos gases nocivos que la gasolina convencional. Estos gases son tóxicos para los humanos y por ello deben también ser considerados para la medición de las externalidades negativas causadas por los combustibles. El INC de la gasolina es 1.55, mientras que el del gasohol es 1.45.

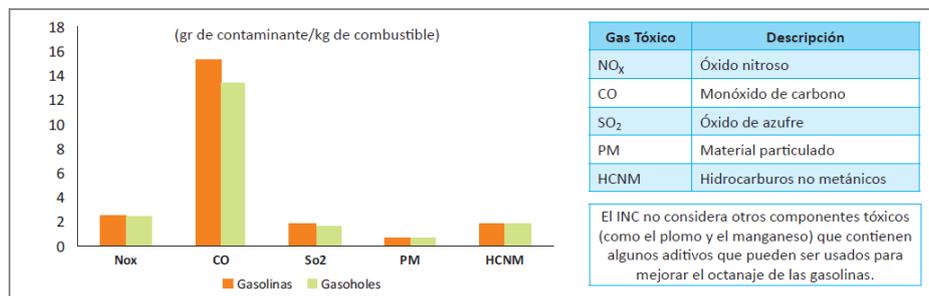


Figura 5.38. Factores de emisión por tipo de combustible. Fuente: CONAM 2005

5.12 COMERCIALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE BIOETANOL

5.12.1 Producción y Demanda

En los últimos años los biocombustibles se han convertido en un sector de gran importancia debido al continuo crecimiento en sus niveles de producción. En la década del 2000, el sector experimentó un crecimiento en su producción a un ritmo anual de 10%; así, en 2009 totalizó 90.187 millones de litros (Brown, 2009) de los que, un 82% le correspondió al bioetanol y el 18% restante al biodiésel. En el año 2008, los biocombustibles contribuyeron con el 1,5% al combustible total del sector del transporte (AIE, 2008a).

En los últimos años, muchos países industrializados y en desarrollo han implementado políticas y medidas, de objetivos ambiciosos, para promover el desarrollo de industrias de biocombustibles y con ello la difusión de su utilización, principalmente, en el sector transporte. En los países industrializados, ello se ha debido, principalmente, a la dependencia de otros países en el suministro energético (afán de tener una mayor seguridad energética), al elevado consumo de los recursos de origen fósil, a los inconvenientes socioeconómicos y medioambientales generados por el uso de estos recursos no renovables, a la promoción de sus sectores agrícolas y a la mitigación de gases de efecto invernadero. Para los países en desarrollo, incluyendo a los de América Latina y el Caribe (ALC), los biocombustibles además de las ventajas anteriores constituye una oportunidad para aumentar sus exportaciones, mejorar su balanza de pagos y, de este modo, contribuir a su desarrollo económico y social.

El crecimiento en los niveles de producción de los biocombustibles generó opiniones, a favor y en contra, vinculadas a sus efectos mitigadores del cambio climático para ciertos tipos de materia prima, a la contribución al desarrollo sostenible (impactos sociales, económicos y

medioambientales), a la potenciación de la agricultura a gran escala, a la seguridad energética y al uso de recursos (agua, suelo e insumos). Los objetivos indicados y las controversias señaladas, así como la crisis del 2008, afectaron al sector y, por ello, los planteamientos iniciales con los que muchos países apostaron por esta industria se tuvieron que replantear y modificar.

En esta parte del trabajo, se pretende dar una visión general del mercado de los biocombustibles, así como de los aspectos más importantes para su certificación.

El desarrollo de los biocombustibles se limitó por el uso progresivo y sustitución por la gasolina, debido a los bajos precios de ésta. Sin embargo, la crisis energética de los años 70 motivó a los gobiernos a diversificar sus matrices energéticas y buscar recursos alternativos para la energía. Bajo este marco, Brasil en 1975 creó el Programa Brasileño de Alcohol (PROALCOOL) a partir de la caña de azúcar, y muy pronto el etanol constituyó una alternativa competitiva a la gasolina; estos resultados fueron interesantes hasta el fin de la segunda crisis del petróleo (a inicios de los 80), en que disminuyó el precio del petróleo, y con ello la expectativa por los biocombustibles.

En esta última década, la comercialización y el mercado de los biocombustibles experimentaron un gran crecimiento. La causa principal de su expansión fue el afán de los gobiernos por tener mayor seguridad energética, disminuir la dependencia del exterior y reducir la demanda de los combustibles fósiles.

La producción mundial de etanol⁷⁰, en 2012, totalizó 87.709 billones de litros. La mayor producción, por continentes, la tuvo América con un 89.1% del total; le siguieron Europa y Asia con un 5.85% y un 4.36%, respectivamente; las menores contribuciones fueron las de Oceanía (0.46%) y África (0.19%).

Hasta el 2004, el predominio en la producción mundial de etanol la tuvo Brasil con un 47.6% del total, seguido por Estados Unidos con un 45.3%. A partir de 2005, EEUU se convirtió en el mayor productor mundial (47.3%), seguido por Brasil con un 44.3%. En el 2012, los porcentajes de producción de ambos países fueron del 60% y 25.65%, respectivamente. En América del Sur también tuvo lugar un rápido crecimiento de la producción de etanol de algunos países; así, por ejemplo, en Argentina se incrementó en un 616% en el período 2009 – 2012, en Colombia en un 287%, en el período 2005 – 2012, y en Perú en un 825%, entre 2010 y 2012; la

⁷⁰ La producción de etanol se caracteriza porque las materias primas son diferentes dependiendo del país; así, Brasil, Colombia y Perú utilizan caña de azúcar; Argentina lo obtiene a partir de sorgo azucarero y EEUU utiliza maíz; la mayoría de los países de la Unión Europea lo elaboran a partir de cereales. China, en sus 5 plantas de producción, utiliza maíz, trigo y mandioca.

participación de estos tres países en la estructura de producción mundial fue del 0.25%, 0.44% y 0.23%, respectivamente.

Los países de la Unión Europea con niveles de producción más representativos son: Francia (1.14% y 19.48%)⁷¹, Alemania (0.98% y 16.75%), España (0.55% y 9.35%) y Reino Unido (0.59% y 10.13%). Mientras que otras economías emergentes como China e India, que en 2012 su producción estimada fue de un 2.39% y un 0.86%, respectivamente, incrementaron su producción en un 110% y un 400%, respectivamente, entre 2004 y 2012.

Las causas del continuo crecimiento del consumo de etanol en EEUU son la seguridad energética nacional, la promoción del desarrollo económico rural, presión de los agricultores, la regulación del mercado de la gasolina, la disminución de emisiones y la reducción del MTBE. El crecimiento de su demanda es incierto, debido a la probable eliminación de los beneficios fiscales anunciados para finales del 2011 y que hasta el 2012 no se ejecutaron, así como a la demora en la autorización de la mezcla E15. Por otro lado, la Ley de Seguridad e Independencia Energética (EISA) y la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) garantizan la continuidad del crecimiento del consumo del bioetanol y de otros biocombustibles; además, el sector estadounidense de bioetanol ejerce una importante presión a favor de la Open Fuel Standart Act, Ley por la cual se exigirá que el 95% de los vehículos fabricados en EEUU en el 2017 se adapten a todas las mezclas de cualquier tipo de gasolina, etanol o metanol.

Desde 2007, el parque automotor brasileño se caracterizó porque el 85% de los vehículos vendidos eran del tipo Flex Fuel (FFV) y, del total de los vehículos en circulación, éstos representan un 45%. En la campaña 2010/2011, Brasil tuvo que importar etanol (1000 millones de litros) como consecuencia del déficit en la producción de la caña de azúcar.

El tercer consumidor de bioetanol en el mundo es la Unión Europea; los principales países de los que se abastece son Brasil y EEUU. Su consumo en 2012 fue de 5900 millones de litros, lo que supone un aumento del 9.26% respecto al 2011. Este incremento tiene su origen en la Política Energética Comunitaria; así, en enero de 2008, La Comisión Europea presentó unas propuestas impulsadas por la imposibilidad de controlar el precio del petróleo y la necesidad de diversificar las fuentes de energía, por la lucha contra el Cambio Climático, por la reducción de GEI y por la promoción de energías renovables⁷². Estas propuestas motivaron que los países establecieran medidas y políticas en los diferentes sectores económicos y productivos; así, en

⁷¹ Valores en paréntesis hacen referencia a la participación porcentual en el mundo y en la Unión Europea, respectivamente.

⁷² Ley "20-20-20": Reducción del 20% de emisiones de GEI (considerando a 1990 como año de referencia), fomentar la eficiencia energética en un 20% e incrementar en 20% la participación de las energías renovables. (http://www.emersonnetworkpower.com/es-EMEA/About/NewsRoom/Documents/ENP_EU202020_Report_ES.pdf). Acceso, julio 2011

el sector transporte se dispuso el uso obligatorio de biocombustibles líquidos, etanol y biodiésel, en mezclas con la gasolina y el diésel, respectivamente.

Con posterioridad a estas políticas, se cuestionó la demanda y producción de biocombustibles en la UE, principalmente en lo referente al incremento de cultivos agrícolas, a su impacto en la agricultura continental y a los orígenes o procedencia de los biocombustibles (materia prima), así como a las condiciones de producción y a los hábitos de consumo.

La UE carece de recursos propios para satisfacer las metas de consumo de biocombustibles establecidas debido a la limitación de su frontera agrícola y para no arriesgar su propia seguridad alimentaria; por tales motivos, se ve obligada a importar biocombustibles o materias primas para su producción, mayoritariamente de países de Iberoamérica y África. En el año 2000, el uso global de tierra de la UE15 superó en un 18% su propia tierra agrícola (Bringezu, 2007). El Agricultural Economics Research Institute, de la Universidad de Wageningen, evaluó en el 2008 las implicaciones sociales y sectoriales de la Directiva de la UE y concluyó que, sin políticas obligatorias de mezclas con combustibles fósiles o subvenciones para estimular el uso de cultivos para biocombustibles en el sector del petróleo, las metas establecidas no se alcanzarán en el horizonte del 2020. Además, con la política de mezcla obligatoria, la demanda de cultivos tendrá un fuerte impacto en la agricultura mundial y europea. Hay que tener en cuenta que la superficie productiva de la UE no es suficiente para producir la cantidad de biocombustible requerido. El desarrollo de los biocombustibles en la UE llevará a un aumento en el uso de la tierra, a una disminución de la diversidad biológica y frenará el proceso de disminución real a largo plazo de los precios agrícolas; además, los incentivos para aumentar la producción de biocombustibles en la UE comportará el aumento en el precio de la tierra. No sólo la UE precisa del incremento adicional de tierras agrícolas para satisfacer su demanda de biocombustibles, América del Norte y China también necesita extender las áreas de este cultivo energético.

En otro estudio realizado en EEUU en 2006, se concluyó que si se destinara toda la producción de maíz y soja para la elaboración de biocombustibles (etanol y biodiésel), sólo se lograría satisfacer un 12% de la demanda interna de gasolina y un 6% de la del gasóleo. En el mismo año, la OECD resaltó el papel de América Latina en el abastecimiento de biocombustible para atender la demanda mundial; además, en él se constataba que EEUU incluso destinando el 30% de sus tierras de cultivo a productos bioenergéticos para el sector del transporte sólo podía abastecer el 10% de los biocarburantes demandados.

Este contexto convierte a EE.UU y a la UE como demandantes de biocombustibles mientras que a la mayoría de los países de Iberoamérica, por la disponibilidad de sus recursos, en productores – exportadores. Estos países se caracterizan por tener sus economías

dependientes de la producción de materias primas y de recursos naturales, además de una gran vulnerabilidad de sus ecosistemas a los efectos producidos por el cambio climático.

En los países de la UE, la producción de biocombustibles se centra en la preocupación por garantizar la demanda energética, reducir la dependencia del exterior y diversificar la matriz energética. En los de Iberoamérica hay que sumar, además, la preocupación por la conservación de los recursos naturales, la preservación de la biodiversidad, así como por los impactos socioeconómicos y culturales en sus comunidades.

En algunos países de Iberoamérica, África y Asia, la producción de biocombustibles generó el cambio en el uso del suelo; a título de ejemplo cabe señalar la deforestación en zonas amazónicas y de la selva para la producción de palma aceitera y caña de azúcar, lo que llevó a cuestionar el balance positivo en la reducción de emisiones de GEI. Además, el mercado creado para la comercialización de biocombustibles generó otros impactos, como por ejemplo los considerados en el Informe Marco para la Biomasa Sostenible (Informe “Cramer”)⁷³ para el gobierno holandés en 2007 y desarrollados por una comisión liderada por la Ministra de Ambiente Jackeline Cramer. En este informe se formuló la necesidad de considerar, además de la reducción de emisiones de GEI, la competencia y el riesgo con la seguridad alimenticia, así como los impactos que los biocombustibles tendrían en la biodiversidad, el medio ambiente, el desarrollo y el bienestar social.

A partir de los cuestionamientos en el informe “Cramer”, la UE-27 estableció criterios de sostenibilidad para los combustibles en los que incluían los aspectos legal, social, económico y medioambiental (Tabla 5.47); esto exigía a los países de Iberoamérica a cumplir las disposiciones y requisitos de los países demandantes de biocombustibles. Como respuesta a esta disposición, en noviembre de 2008, Colombia, Argentina, Brasil, Indonesia, Malasia, Mozambique y Sierra Leona enviaron un documento a la Comisión Europea, al Consejo de Ministros de la UE y al Parlamento Europeo, en el que manifestaron su disconformidad por las restricciones al comercio de biocarburantes. En dicho documento, los ocho países manifestaron que las exigencias impuestas limitarían la expansión de la producción de biocombustibles y sólo permitirían la obtención de materias primas en desiertos y prados; además, sólo algunas regiones de África y de América del Sur se podrían utilizar para este fin.

En el contexto presentado, los países de Iberoamérica seguirán produciendo biocombustibles a medio plazo, ya sea para su consumo interno o para exportación. Este crecimiento dependerá en cada país de su política energética, de la diversidad de las tierras de cultivo y de sus materias primas, así como de los criterios de sostenibilidad y desarrollo asumidos, objetivos

⁷³ Lobato Texeira, Virginia. Aportes a la discusión sobre la sostenibilidad de los biocombustibles. 2010. <http://www.arsps.com.ar/unr/biocombustibles/Resumen%20Lobato.pdf>. Acceso: Julio 2011

socioeconómicos e iniciativas vinculadas a proyectos (locales, nacionales e internacionales, entre otros).

Tabla 5.47. Criterios de sostenibilidad

1	Inmediata reducción en al menos el 35% de la emisión de GEI, y 60% a partir de 2017 en adelante (plantas antiguas 50%)
2	Reducción al mínimo de las consecuencias negativas del cambio directo o indirecto en el uso de la tierra
3	Preservación de la biodiversidad y de los hábitats con alto valor de conservación de la naturaleza
4	Mantenimiento de los sumideros de carbono, como los humedales y los bosques
5	Protección de suelo, agua y aire
6	Incentivos para la producción en las zonas degradadas, para prevenir la expansión de la producción a otras zonas valiosas
7	Incentivos para las prácticas de producción sostenible, con énfasis en el almacenamiento de carbono
8	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de una mejora de la práctica agrícola
9	Análisis de los aspectos socioeconómicos y verificación del cumplimiento de las normas sociales

Fuente: Propuesta de Directiva del Parlamento y del Consejo Europeos relativa a la promoción de la utilización de energía procedente de fuentes renovables, diciembre 2008.

La tendencia mundial en el sector de biocombustibles se ha centrado en la viabilidad de la sostenibilidad en su producción; bajo este enfoque, el papel de la certificación es importante ya que sirve, como un mecanismo de ayuda, para evaluar, revisar y corregir iniciativas ya existente, locales e internacionales, así como establecer los requerimientos de sostenibilidad en la formulación de nuevos planes, programas y proyectos. Por lo tanto, el proceso de certificación debe incluir, además de la cadena productiva del biocombustible, los principios a partir de los cuales se desarrolla el sistema de producción y consumo, la definición de indicadores, parámetros y criterios de evaluación, y la selección de las herramientas necesarias y adecuadas para esta evaluación; este proceso culmina con la emisión del certificado correspondiente. Un ejemplo ilustrativo de Certificación local es el desarrollado por el Instituto de Ecología Política de Chile⁷⁴ referenciado por el Instituto del Bien Común del Perú; en él se citan los prerrequisitos y los pasos para alcanzar la certificación. En la actualidad hay una tendencia a que los sistemas de certificación consideren todas las fuentes de biomasa, los diferentes tipos de biocombustibles y las regiones de producción.

Algunos de los esquemas empleados en certificación de biocombustibles tales como el FSC, RSPO, EUREPGAP, UK ACCS, LEAF, FSR, RRSO, ECOFYS 2006, RSPO 2005, fueron utilizados para certificar productos que no lo son. Inglaterra, Holanda y Suiza fueron los países con mayor compromiso en la implementación de criterios de sostenibilidad; sus principios son similares en todos los casos y consideran tanto el aspecto ambiental (consumo de recursos, pérdida de biodiversidad, emisiones de GEI, suelos, aire y agua) como el social (relación laboral, trabajo de menores, prosperidad y salubridad).

⁷⁴ (<http://www.ibcperu.org/doc/isis/5939.pdf>). Acceso Julio 2012

5.12.2 Situación en el Perú

La exportación de alcohol etílico sin desnaturalizar se realizó de forma continuada a partir de 1999, como resultado del inicio de operaciones comerciales por parte del Complejo Agroindustrial Cartavio S.A. y Quimpac S.A. El destino de estas exportaciones fue el sector industrial (licor y farmacéuticos). Las exportaciones de los años 2000 y 2001 se dirigieron solamente al mercado ecuatoriano; en 2002, el mercado exportador contempló los siguientes países: Chile (12.2%), Colombia (13.6%), Ecuador (39.6%), España (22%) y Francia (14%); y en 2003: Holanda (56.8%), Chile (27.9%), Colombia (12.3%) y Ecuador (3%).

El comportamiento de las exportaciones de éste se indica en la Figura 5.39. Holanda es el país de la UE al que Perú exportó alcohol; de los países iberoamericanos Ecuador, que en 2010 fue el tercer país en los niveles de exportación, en 2012 se convirtió en el segundo destino del alcohol carburante y Colombia el de mayores importaciones de bioetanol peruano entre 2010 y 2012.

En el mes de agosto de 2012, y respecto al mismo mes del año anterior, la exportación de etanol se incrementó en un 103%. En la estructura porcentual (Figura 5.40), Ecuador, Colombia y Holanda, con un 33%, 30% y 27% del total, respectivamente, son los principales países destinatarios del alcohol carburante. Finlandia, con un 6%, y Chile, con un 3%, completan los niveles de exportación.

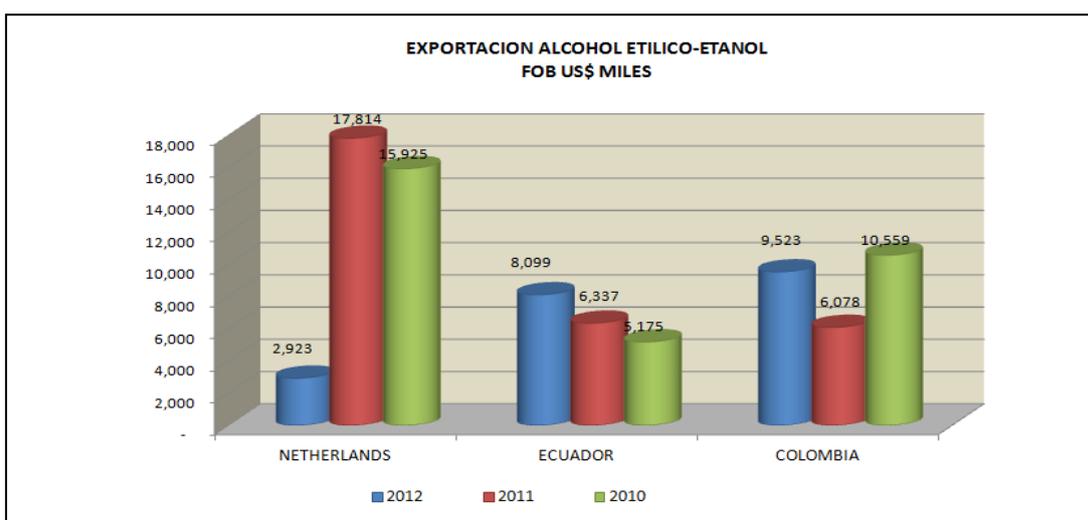


Figura 5.39. Exportación de Etanol, Perú 2012

Fuente: <http://www.agrodataperu.com/wp-content/uploads/2012/06/00alcohol2.png>. Acceso: mayo 2013

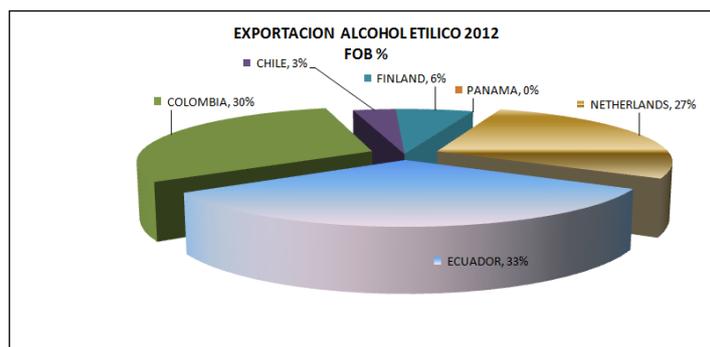


Figura 5.40. Estructura de exportación de etanol, Perú - agosto de 2012.

Fuente: <http://www.agrodataperu.com/wp-content/uploads/2012/09/000alcohol2.png>. Acceso: mayo 2013

La estructura de participación de las empresas peruanas en la exportación del etanol, en el período 2010 – 2012, es la que se indica en la Figura 5.41.

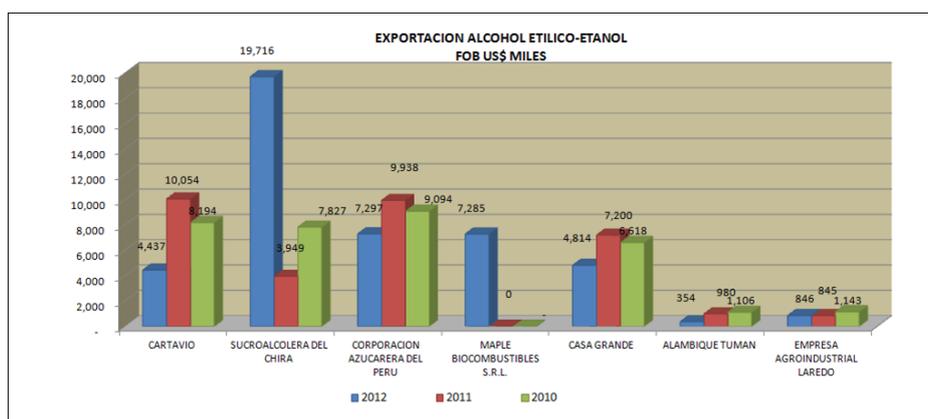


Figura 5.41 Exportación de alcohol etílico (período 2010 – 2012).

Fuente: Agrodataperú 2013

Las principales ventajas que tiene el Perú para participar del mercado mundial de etanol, como biocombustible, son:

- Los altos rendimientos (t/ha) obtenidos en el cultivo de la caña de azúcar
- Haber logrado una producción sostenible de acuerdo a la zona de producción y comercialización.
- Tener empresas ya certificadas
- La ubicación estratégica de plantas de producción (cerca de los puertos)
- Tener una economía en crecimiento
- Pertener a las naciones integradas en el Tratado de Libre Comercio
- Tener excedentes en la producción que satisface el mercado interno.

Si bien, la mayor cantidad de etanol se exporta en la actualidad a Ecuador, Colombia y Holanda, existe una gran expectativa en el mercado brasileño y en el de los EEUU; así, el Embajador de Brasil en Perú, Carlos Lazary Texeira⁷⁵, manifestó que el Perú tiene en el norte de Brasil (las zonas de Acre, Rondonia y Manaos, que tiene una población de 2.2 millones de habitantes) un amplio mercado al cual proveer de etanol, mercado que actualmente se abastece de carburante procedente de las regiones sureñas de Brasil. A su vez, Flavio Castelar, Ejecutivo de “Arreglo Productivo Local de Alcohol” del Brasil, manifestó que EE. UU y Europa van a necesitar en los próximos 5 años unos 40 mil millones de litros de etanol, lo que constituye una interesante oportunidad para países con alta productividad en caña de azúcar como el Perú.

Para Flavio Castelar, Ejecutivo de la Asociación de Productores de Etanol de Brasil (APLA⁷⁶)⁷⁷, Brasil ve con interés al Perú como plataforma para la exportación de etanol a Estados Unidos debido a sus ventajas arancelarias con ese mercado, lo que está impulsando alianzas con empresas productoras peruanas. Además, indicó: “Muchas empresas brasileñas del sector azucarero-etanolero están viendo la posibilidad de producir etanol en el Perú y ayudar a convertirlo en una importante plataforma para exportaciones a Estados Unidos”. El dirigente resaltó que las propiedades del clima, suelo y características de la economía convierten al Perú en un país ideal para la producción de etanol.

La economía peruana ha experimentado en los últimos años un gran crecimiento. Una de las mayores fortalezas se ha basado en el sector exportador. En los años noventa el Perú empezó a exportar muchos más productos a otros países y abrió su mercado para poder importar, a menor costo, materias primas, equipos y tecnología que sus empresas necesitaban para ser más competitivas. Así, Perú comenzó a exportar a EEUU y a la UE aprovechando los acuerdos comerciales preferentes ofrecidos por estos países. Sin embargo, aunque estos acuerdos eran buenos, resultaron insuficientes. Las exportaciones peruanas siguieron aumentando, pero sin la seguridad de que esas preferencias continuarían. Eso impidió a los peruanos empezar proyectos de exportación más ambiciosos y a más largo plazo. Para consolidar la venta de sus productos a esos mercados, Perú decidió negociar acuerdos comerciales con los países con mayores movimientos comerciales. Así, con los Tratados de Libre Comercio (TLC) todos los beneficios que Perú tenía para exportar ya no serían temporales ni limitados, sino que estarían

⁷⁵ Inauguración de la III edición de las rondas de negocio entre empresarios brasileños y peruanos promovidas en el marco del proyecto Brazil Sugarcane Bioenergy. Chiclayo, Perú. Diciembre 2012.

⁷⁶ Declaraciones en el marco de las ferias Fenasucro y AgroCana 2010, desarrolladas en la ciudad de Riberiao Prieto, Sao Paulo – Brasil 2010. http://www.agronegociosperu.org/noticias/091212_n1.htm Acceso: junio 2013

⁷⁷ APLA Brasil congrega a más de 80 empresas productoras de tecnología para la industria azucarera de Brasil y busca expandir sus ventas al mercado peruano. Muchas de sus empresas tienen negocios con agroindustriales peruanas como Laredo, CasaGrande, Maple, Corporación Miraflores S.A. Además, aglutina a empresas e instituciones públicas y privadas vinculadas al sector sucroenergético, cubriendo toda la cadena agroindustrial de la caña de azúcar, desde el desarrollo de tecnologías industriales y agrícolas, pasando por la fabricación de máquinas y equipos, el desarrollo de variedades de caña de azúcar y la prestación de diversos servicios, hasta la participación efectiva en el desarrollo y la estructuración de mercados. Entre sus asociados hay un número considerable de plantas procesadoras de caña de azúcar, responsables de un porcentaje significativo de la producción del sector

consolidados en acuerdos amplios y permanentes. Ello ha permitido que Perú ya tenga un mercado potencial consolidado en la industria del etanol, el cual se potenciará a medida que se pongan en funcionamiento nuevas plantas de producción. Los Acuerdos Comerciales en Perú, se clasifican en los tres grupos⁷⁸ que se indican a continuación.

Grupo I. En vigor:

- Organización Mundial del Comercio
- Comunidad Andina
- Mercosur
- Cuba, EEUU, México, Chile
- Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC)
- Canadá, Singapur, China, EFTA
- Panamá, Japón, Tailandia, Corea del Sur

Grupo II. Pendiente de entrar en Vigor:

- Unión Europea
- Costa Rica
- Venezuela
- Guatemala

Grupo III. En fase de negociación:

- Programa DOHA para el desarrollo
- Acuerdo de Asociación Trans-Pacífico
- Honduras
- El Salvador
- Alianza del Pacífico

5.12.3 Certificaciones.

- La empresa Caña Brava cuenta, desde 2010, con las siguientes certificaciones⁷⁹:

Certificación ISCC: Caña Brava es la primera empresa en el Perú y en Sudamérica en recibir la certificación ISCC (International Sustainability and Carbon Certification), importante acreditación europea de Biomasa y Biocombustibles, que permite un uso sostenible de la

⁷⁸ Accesible en <http://www.acuerdoscomerciales.gob.pe> Acceso: Junio 2013

⁷⁹ <http://www.cañabrava.com.pe/certificaciones> Acceso: junio 2013

tierra, la protección de biosferas naturales y la reducción de gases del efecto invernadero. Caña Brava demostró una reducción no menor del 106% de gases de efecto invernadero. (Certificado obtenido el 21 de febrero del 2011)

Certificación ISO 9001: Certificado que garantiza la buena calidad de los procesos y del producto final y de todas las etapas de la fábrica para la obtención del etanol. (Certificado obtenido el 28 de enero del 2011)

Certificación LEAF MARQUE: El sistema LEAF (Linking Environment And Farming) promueve una agricultura ambientalmente responsable, y que produce cultivos ambientalmente amigables. (Certificado obtenido el 02 de junio del 2011).

Certificación DNV: Es un sistema de gestión que permite controlar los riesgos de seguridad y salud en el trabajo, previniendo lesiones, enfermedades ocupacionales y pérdidas materiales. (Certificado obtenido el 30 de noviembre del 2010).

Certificación Fundo Verde: Certificado que garantiza el manejo responsable de los campos agrícolas a través del control biológico de plagas utilizando insectos benéficos para combatirlos. (Certificado obtenido el 20 de diciembre del 2010).

Certificación Campo Limpio: Certificado que asegura la eliminación y reprocesamiento de los residuos generados en las actividades. (Certificado obtenido el 06 de enero 2011).

- La empresa MAPLE ETANOL recibió, en 2012, la certificación Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) para su planta de etanol y sus plantaciones de caña de azúcar ubicadas en Piura.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

El principal aporte de este trabajo de investigación es que se presenta un estudio integral de la producción de etanol carburante en el norte del Perú. La información disponible permitirá al lector comprender las potencialidades, bondades, ventajas, limitaciones e inconvenientes que se tuvieron para dar inicio sector de biocombustible, de manera específica el del bioetanol. Una de las principales características en el Perú es que la información se encuentra dispersa y, en la mayoría de los casos, inaccesible; en este sentido, la forma secuencial, sistematizada y conjunta con que se presenta este trabajo permitirán al lector comprender y entender el escenario en el que se han desarrollado los biocarburantes en el Perú, así como su relación con otros sectores.

El trabajo desarrollado determinó que la producción de etanol biocombustible en Piura se realiza de manera sostenible. En él, además del uso del recurso hídrico y de la tierra, así como del proceso agrícola se ha considerado la calidad y eficiencia en los procesos industriales que comporta, la seguridad y salud en el trabajo, el control de plagas y enfermedades, y los impactos sociales y económicos que genera, también de los que produce en el suelo, aire, agua, ruido, biodiversidad, y especies protegidas. Sin embargo, se recomienda el desarrollo de estudios particulares que permitan, en este sentido, implantar programas de mejora en aquellos aspectos que se consideren críticos; en este sentido, se propone la realización de un estudio de Análisis de Ciclo de Vida, utilizando el SIMAPRO como herramienta informática, para evaluar y cuantificar, con mayor aproximación, el equivalente de emisiones generadas y definir programas de mejora en el proceso de producción de este biocarburante.

Este estudio, también nos muestra que el principal inconveniente para que el programa de etanol carburante en el Perú sea exitoso, y para que la producción y uso del bioetanol sean masivos es la carencia de un programa sólido de biocombustibles, que se caracterice por disponer de un marco legal y normativo que respalde y avale a los inversores.

La investigación resalta la importancia que tendrían los biocombustibles, como energía renovable, para la diversificación energética del país así como en la modernización del parque automotor. Para cuantificar el rol de los biocarburantes, en ambos sectores, se recomienda la realización de estudios actualizados y sectorizados (regionales) en los que se puedan definir los recursos disponibles, las reservas existentes y la demanda energética; así como de un estudio integral y actualizado de cómo está constituido el sector transporte (según tipos de vehículo, de combustible) y de su infraestructura terrestre. De esta manera se podrá definir un horizonte de actuación y políticas que potencien ambos sectores.

De manera general se puede concluir que se cumplieron los objetivos propuestos; sin embargo, la información dispersa, la falta de datos actualizados, el acceso a la información, y la carencia de programas conjuntos entre gobierno – empresa – universidad, representaron limitaciones para su realización; ello influyó, principalmente en determinar con exactitud la demanda y producción de bioetanol; por lo que se recomienda, que con alianzas estratégicas de los actores involucrados y con incentivos para la investigación se pueda establecer todos los canales para disponer de datos actualizados para un análisis del mercado interno y de

exportación de los excedentes de producción al mercado internacional. De manera particular se puede precisar que:

- El Perú es un país importador de energía y dependiente en el uso de los combustibles fósiles. Uno de los objetivos de la política peruana es la diversificación de la matriz energética; cabe esperar que el gas natural (tanto de Camisea en el Cuzco como de Sechura en Piura) sea la base de esta diversificación. Por otra parte, las abundantes fuentes renovables autóctonas permitirían reducir significativamente su dependencia energética si contase con un marco legal, normativo e institucional que avale y garantice su incorporación progresiva al mercado energético. Para determinar la influencia de estos recursos en el sector energético nacional es necesario la realización de balances energéticos regionales y desarrollar con mayor exactitud los nacionales; también, se precisa de una información más exhaustiva y fidedigna de estas fuentes de energía renovable. Su sectorización y cuantificación permitirán proponer, elaborar y desarrollar políticas locales, regionales y nacionales para difundir y promocionar su aprovechamiento así como planes y programas que fomenten su uso de un modo eficiente y racional.
- El desarrollo de las energías renovables disponibles en el Perú tiene muchas barreras y limitaciones; las principales son la falta de información actualizada y de planes con una apuesta clara y ambiciosa para el fomento, promoción, formación y capacitación en el uso de estos recursos. Una de las alternativas para impulsar su implantación se debe basar en proyectos de investigación, desarrollo e innovación en los que participen de forma coordinada el gobierno, la empresa privada y la Universidad.
- En los últimos años, y con la finalidad de mejorar la productividad de las empresas, el gobierno incrementó el presupuesto para proyectos de innovación y desarrollo tecnológico orientados al uso de las energías renovables y a la mejora de la eficiencia energética. Para el crecimiento progresivo de estas energías se recomienda activar los proyectos de investigación y realizar estudios que actualicen su potencial.
- En la práctica, el aprovechamiento de la biomasa en el Perú se ha limitado al uso de la leña, bagazo, bosta y yareta para satisfacer las necesidades energéticas en el ámbito rural y en zonas aisladas. Aunque el potencial bioenergético del país abarca todo el territorio nacional, es de esperar que su desarrollo tomará mayor fuerza en la costa norte por sus condiciones climatológicas y geográficas, por la estructura logística y características del mercado de este territorio y por el crecimiento que en él han experimentado los sectores económico-productivos. En este sentido, el bioetanol a partir de la caña de azúcar representa una alternativa para el aumento de la cuota de participación de la biomasa en la canasta energética del país.
- En el norte del Perú, el potencial de la biomasa vegetal está basado en la disponibilidad de tierra y recurso hídrico. Los proyectos agro-energéticos permitirán aumentar las reservas nacionales de energía. La producción y uso en gran escala de los

biocombustibles cambiará la estructura de la energía comercial respecto a las reservas probadas incrementando la contribución de las de origen renovable.

- El aumento del uso de la biomasa para la producción de bioetanol se verá reflejado en una mayor participación del bagazo en la generación de electricidad. De este modo, se fortalecerá el sistema eléctrico nacional mediante la generación con recursos autóctonos y también permitirá ampliar en las zonas rurales el coeficiente de acceso a la red por la inyección en esta última de los excedentes de electricidad producidos en los ingenios azucareros.
- En los vehículos a gasolina, la sustitución de ésta por su mezcla con el etanol comporta un beneficio económico en el usuario final. Las referencias de otros países indican que la energía consumida para la producción del bioetanol es 9 veces superior que contiene este si procede de la caña de azúcar y 1.2 veces si se obtiene del maíz. En el gasóleo y la gasolina, la cantidad de energía requerida para la producción y la distribución es inferior a la que contienen. Sin embargo, para determinar el impacto y el beneficio energético real del uso del bioetanol es necesario analizar el Ciclo de Vida del producto e incluir todos los consumos de energía que comporta su obtención (combustibles de origen fósil para el transporte de materia prima, insumos y producto final para el funcionamiento de la maquinaria en las fases agrícolas e industriales). Esta metodología del análisis del Ciclo de Vida, también permitirá cuantificar con mayor precisión las emisiones de gases de efecto invernadero
- El transporte es y seguirá siendo el sector más representativo en el consumo de hidrocarburos líquidos; su elevada demanda, lo mantendrá como el mayor responsable de contaminación al medio ambiente. En este sentido, los biocarburantes son una alternativa para disminuir la dependencia de los combustibles convencionales, tanto propios como importados, y para atenuar las emisiones no deseadas a que dan lugar. La renovación progresiva del parque automotor y, con ello, la modernización del sector transporte así como la implementación continua de programas de ahorro y eficiencia energética, el incentivo de estos últimos y la mejora de la infraestructura terrestre permitirán en un horizonte cercano incrementar el porcentaje del bioetanol en las mezclas con gasolina y generarán mayores márgenes de ahorro en el usuario final. El éxito de estos programas dependerá del fortalecimiento de las políticas gubernamentales en toda la cadena de valor, desde la siembra y cosecha de materias primas hasta la transformación, producción, transporte, distribución y uso final del producto. La implementación de un Programa Nacional de Biocombustibles precisa de un estudio minucioso del uso del bioetanol en el sector transporte, el cual incluya el impacto técnico-económico, la problemática en los vehículos de transporte y las alternativas de solución, así como la evaluación de los mercados interno y exterior para definir los incentivos y aranceles más adecuados para potenciar su consumo
- El Marco Legal y Normativo permitieron el inicio de las actividades para la producción de etanol carburante, pero no lograron que el programa de biocarburantes alcanzara

el dinamismo y desarrollo deseados. Así, por ejemplo, los vacíos legales y los incumplimientos normativos pospusieron los plazos y cronogramas establecidos inicialmente, limitaron la mezcla de bioetanol con gasolina a un porcentaje fijo y no se consideraron un incremento progresivo del alcohol para de este modo, aumentar el consumo de este último. Las políticas arancelarias y de incentivos no promovieron una producción en gran escala del bioetanol lo que disminuyó el interés de productores e inversores para la ejecución y desarrollo de los proyectos anunciados y, por último, hay que señalar que los programas de promoción y difusión no lograron en la población el nivel de conocimiento y conciencia deseados.

- Si bien la costa norte del Perú es una zona que presenta estrés hídrico, el cultivo de caña de azúcar, como materia prima para la producción de bioetanol, no representa amenaza o riesgo para la utilización del agua en el desarrollo de actividades agrícolas (nuevas o existentes) ya sea con fines alimentarios, agroindustriales o energéticos. El Valle del Chira (Piura) cuenta con recursos hidráulicos; es un territorio con retorno de agua proveniente de regadíos en zonas de siembra y cosecha, y con excedentes no utilizados que son vertidos al mar. Las mejoras en los actuales sistemas de riego, el mantenimiento de la infraestructura existente, la inversión pública y privada en obras de captura, almacenamiento y distribución hidráulica, así como la implantación de planes de riego más eficientes incrementarán la disponibilidad de este recurso.
- En la zona objeto de este estudio, la infraestructura y las obras civiles de almacenamiento de agua presentan un alto grado de colmatación por sedimentación. Poechos, por ejemplo, sólo conserva el 46% de la capacidad de almacenamiento inicial. Hay que considerar, también, las limitaciones estacionales; así, entre enero y abril, el río Chira sólo alcanza el 67% de su capacidad promedio de almacenamiento anual. Por tanto, los nuevos proyectos agrícolas deberán dotarse de una infraestructura de almacenamiento propia.
- Los sistemas de procesamiento de la base de datos y de medición hidráulica utilizados están obsoletos. Debido a la importancia del desarrollo económico regional es necesario modernizar las centrales de medición para tener datos más precisos, procesar adecuadamente la información e implementar programas eficientes de riego en las áreas de cultivo para mejorar la evaluación de los excedentes y retornos disponibles, y también la gestión del recurso hidráulico.
- La siembra y cosecha de caña de azúcar en el norte del Perú se realizó en terrenos eriazos, por lo que no representa una amenaza para el desarrollo de la agricultura. Además, hay que señalar que la cantidad de tierras dedicadas a este cultivo para la producción de bioetanol es insignificante respecto al área agrícola disponible en todo el país. Perú tiene 7,7 millones de ha disponibles para cultivos agrícolas, y en Piura se proyectó un requerimiento, aproximado, de 48000 ha.
- La ampliación del área de los ingenios azucareros existentes y la incorporación de nuevas explotaciones agro-energéticas permitiría satisfacer la demanda nacional de

bioetanol. Hay que señalar, sin embargo, que para que ello se realice se deberá contar con el apoyo gubernamental. En la medida que los productores reciban las garantías legales y normativas pertinentes, los inversores podrán apostar por proyectos más ambiciosos. Otro de los principales elementos para el desarrollo de los biocarburantes en el Perú será tomar en consideración el modelo seguido en Brasil y su programa Proalcohol, cuyo éxito se basó tanto en las buenas prácticas agrarias introducidas como en las mejoras logradas con los planes de investigación y desarrollo tecnológico realizados con este fin.

- Los terrenos disponibles para la producción de bioetanol precisan de altas inversiones en maquinaria, instalaciones de riego y fertilizantes para adecuarlos y convertirlos en terrenos cultivables. Ello se debe al bajo contenido de nutrientes que tienen por su origen eriazos y no haber recibido en el pasado ningún uso agrícola.
- La siembra y cosecha de la caña de azúcar para la producción de bioetanol no ponen en riesgo la seguridad alimentaria (local, regional y nacional) ya que ninguna de las cuatro dimensiones, definidas por la ONU y que la garantizan, se ven afectadas por esta industria. Una de las principales actividades económicas de la zona norte del Perú es la agricultura; el desarrollo de ésta asegura la producción de alimentos, en cantidad y calidad, que requiere la población. Hay que tener en cuenta, además, que la caña de azúcar se explota en zonas diferentes a las destinadas para fines alimentarios. Por otra parte, los proyectos de obtención de bioetanol comportan una mayor capacidad de acceso a los alimentos ya que la creación de puestos de trabajo, directos e indirectos, genera mejoras económicas y de los servicios básicos (luz, agua, alcantarillado y atención sanitaria) en la zona de influencia directa de los proyectos los cuales impactan positivamente en la población que reside en ella.
- La seguridad alimentaria podría estar en riesgo por otros factores como los desastres naturales y climatológicos (por ejemplo, el Fenómeno del Niño), así como por la volatilidad en el precio del petróleo. La producción de los biocarburantes en el norte del Perú no afecta, como ya se indicó, a la disponibilidad de otros productos agrícolas regionales básicos en la cesta familiar.
- Los proyectos agrícolas de siembra y cosecha de caña de azúcar, como materia prima para la producción de bioetanol carburante, se han desarrollado en zonas eriazas, las cuales, al no tener un uso agrícola anterior, no ponen en riesgo el cultivo de productos con fines alimentarios. Además, la zona norte del país tiene una amplia disponibilidad de tierras para el desarrollo de proyectos agro-energéticos.
- El Perú es un país que tradicionalmente se ha dedicado a la siembra y cosecha de la caña de azúcar; históricamente se tiene experiencia en la obtención de azúcar pero no en la de los biocarburantes. Las recientes plantaciones de caña para la producción de etanol en la costa norte del país con labores agrícolas eficientes (Tratamientos de fertilización y nutrición utilizando las mejores técnicas disponibles, control de malezas, sistemas de riego, variedades de caña de características fenológicas que garantizan

una materia prima de calidad y acertada preparación del terreno) y la excelente climatología de la zona (radiación solar, humedad y temperatura) han permitido elevados rendimientos del cultivo. Sin embargo, son necesarias inversiones en I+D que permitan obtener nuevas variedades con características más ventajosas que las actuales.

- Al igual que en el proceso industrial, la fase agrícola también se realiza de forma eficiente y sostenible, tal como viene garantizado por la certificación internacional concedida.
- Las medidas y parámetros medioambientales indicados en este trabajo son los que se realizan en otros países en los procesos de obtención de bioetanol ya que Perú carece de una legislación específica para esta actividad agro-energética.
- En las emisiones atmosféricas de los ingenios azucareros se superan algunos valores máximos permitidos en la normativa energética peruana debido a la combustión incompleta del bagazo; ello justifica las elevadas concentraciones de CO₂ y partículas en los humos que son evacuados por la chimenea.
- La calidad de aire no se ve afectada por las actividades de producción del etanol carburante, en el agua se observa presencia de hierro y coliformes. Estas mediciones se realizaron en las fuentes del recurso hídrico, por lo que se ve necesario un control frecuente en los suministros de agua potable.
- En la actividad industrial, se puede afirmar que se superan los valores de emisiones permitidos en las etapas de evaporación, fermentación y destilado. Para neutralizar esto, la empresa cuenta con planes y programas que garantizan el cumplimiento de la normativa peruana en materia de seguridad e higiene industrial.
- La sostenibilidad en la industria del bioetanol en Perú, y de toda su cadena de producción, distribución y comercialización, está avalada por certificaciones internacionales. Se espera que en los próximos años estos criterios de sostenibilidad cumplan los criterios y las exigencias requeridas.
- La producción nacional de etanol carburante satisface la demanda interna y genera excedentes para la exportación. Así por ejemplo, para satisfacer la demanda nacional se necesitan, aproximadamente, 7500 ha, y se tienen disponibles, aproximadamente, 18000 ha; por lo que el excedente de producción es de aproximadamente un 60%
- La demanda externa de etanol carburante, los excedentes del mercado interno, las ventajas agrícolas (elevado rendimiento de caña de azúcar, disponibilidad de agua y tierra), la producción sostenible, la certificación con estándares y criterios internacionales, la ubicación estratégica de las zonas con gran potencial para la siembra y cosecha, el crecimiento económico del país y los Tratados Internacionales, fueron las principales determinantes para la consolidación del sector. Con ello, Perú

se ha convertido en una plataforma de exportación en el mercado del bioetanol, a pesar de que sólo algunos de los proyectos anunciados se han ejecutaron.

- El estudio presentado en este trabajo de investigación, condicionado por limitaciones al acceso de información, presenta como conclusión general que la producción de bioetanol en Piura, región del norte del Perú, se realiza de forma sostenible y que ha generado impactos positivos en diferentes sectores. Si bien los criterios de sostenibilidad son cada vez más rigurosos (principalmente, por parte de los países importadores), su cumplimiento no sólo permitirá garantizar procedimientos adecuados de obtención del bioetanol (desde la materia prima hasta el producto final) sino que asegurará un producto de alta calidad. Hay que resaltar que el etanol carburante en el Perú está en una fase inicial y que para su eficaz desarrollo es necesario tomar en consideración, como ya se indicó, la experiencia de aquellos países que han logrado una industria floreciente de este biocombustible.
- Los proyectos de biocombustibles han fortalecido la agricultura y ganadería tradicionales de su área de influencia directa y han dado paso a nuevas actividades de bienes y servicio. Las empresas dedicadas a la producción del bioetanol, mediante sus programas de apoyo social, las condiciones de vida de la población y, con ello, el acceso y disponibilidad de los servicios básicos.

ANEXOS Y APÉNDICES

Anexo 5.1. Medios de transporte Urbano en la ciudad de Piura



Vehículos utilizados en el transporte



Vehículos, modelo "Tico" para el servicio de taxi



Motocicletas. Capacidad: 1 pasajero



Unidades trimóviles, llamadas "moto-taxi". Capacidad: 3 pasajeros



Modelo tipo "VAN", llamadas combi. Capacidad: 12 – 16 pasajeros

Anexo 5.2.

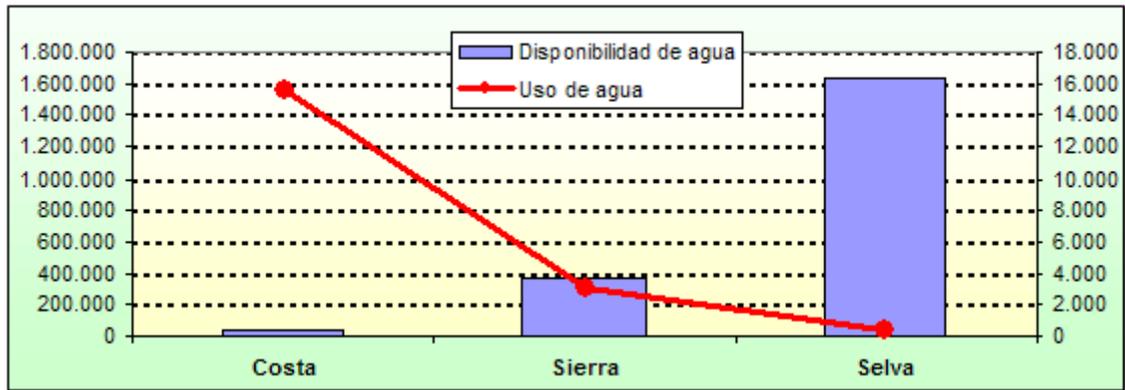


Figura. Disponibilidad y uso de agua, según regiones en el Perú. Fuente: INRENA (citado en Sánchez y Orrego, 2007)

Anexo 5.3.

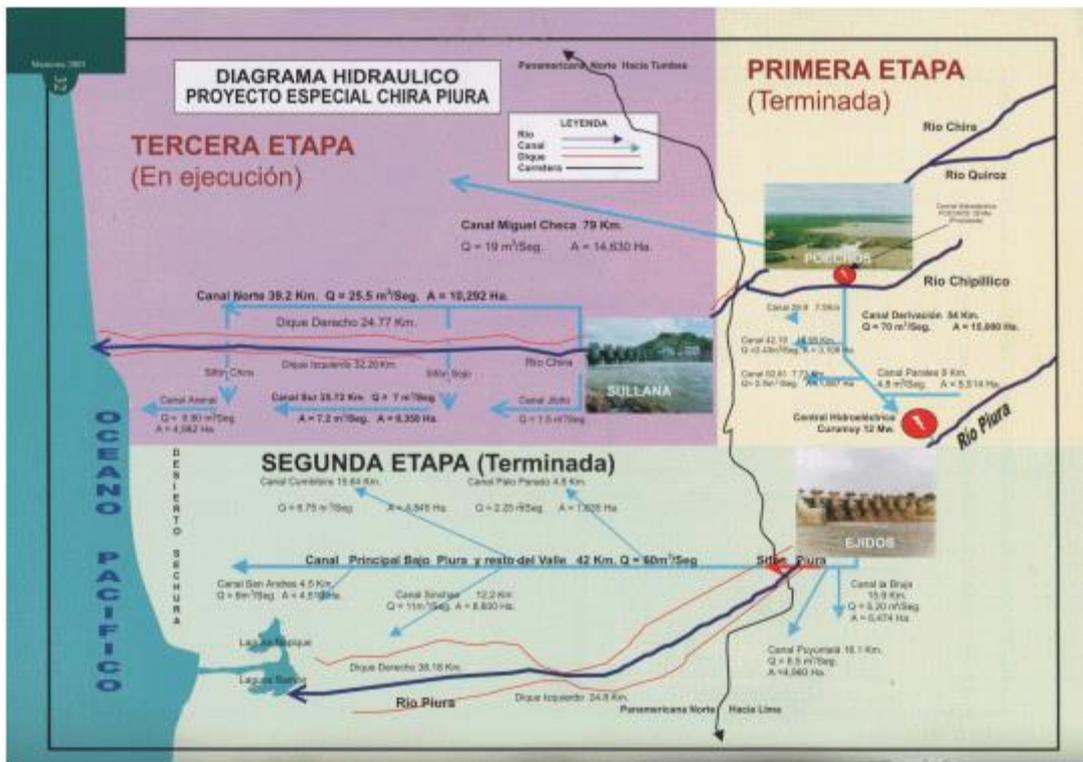


Figura. Sistema del Proyecto Chira – Piura
Referencia: <http://www.cipca.org.pe/cipca/perurural/temas/proeschirapiu.htm>. Acceso: Julio 2013

Anexo 5.4. LISTA DE ESPECIES DE LA FLORA SILVESTRE

N°	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA DE CRECIMIENTO	ABUNDANCIA
1	Asteraceae	Tessaria integrifolia	Pájaro bobo	Arbustivo	Medianamente abundante
2	Asteraceae	Bacharis lanceolata	Chilca	Arbustivo	Común
3	Boraginaceae	Tiquila dichotoma	Manito la largartija	Arbustivo	Escaso
4	Boraginaceae	heliotropium sp	Hierba de alacrán	Arbustivo	Escaso
5	Burseraceae	Bursera graveolens	Palo santo	Árbóleo	Escaso
6	Caesalpinaceae	Cassia sp	Matasama	Árbóleo	Escaso
7	Capparidaceae	Capparis angulata	Sapote	Árbóleo	Común
8	Capparidaceae	Capparis ovalifolia	Bichayo	Árbóleo	Medianamente abundante
9	Compositaceae	Cosmus caudatus	Clavero	Arbustivo	Escaso
10	Compositaceae	Wedelia latifolia	Botencillo	Arbustivo	Escaso
11	Convolvulaceae	Ipomonea comea	Borrachera	Arbustivo	Medianamente abundante
12	Fabaceae	Prosopis pallida	Algarrobo	Árbóleo	Abundante
13	Fabaceae	Erythrina smithiana	Porotillo	Árbóreo	Escaso
14	Fabaceae	Leucaena canascens	Shapra	Árbóreo	Escaso
15	Fabaceae	Caesalpinea coruimbosa	Charán	Árbóreo	Escaso
16	Fabaceae	Phaseolus vulgaris	Frijol	Herbácea	Común
17	Fabaceae	Acacia macracantha	Faique	Árbóleo	Común
18	Fabaceae	Cerdidium praecox	Palo verde	Árbóleo	Común
19	Fabaceae	Acacia huarango	Aromo	Árbóleo	Medianamente abundante
20	Poaceae	Cenchrus pilosus	Falso cadillo	Herbáceo	Escaso
21	Poaceae	Eragostris ciliaris	Crespillo	Herbáceo	Escaso
22	Poaceae	Paspalum sp.	Pastos	Herbácea	Escaso
23	Poaceae	Agrostis sp	Pastos	Herbácea	Escaso
24	Poaceae	Broma sp	Pastos	Herbácea	Escaso
25	Poaceae	Sacharum officinalis	Caña de azúcar	Herbácea	Común
26	Poaceae	Zea mais	Maíz	Herbácea	Común
27	Poaceae	Phragmites australis	Carrizo	Caña	Medianamente abundante
28	Poaceae	Panicum stramineum	Crespillo salado	Herbáceo	Escaso
29	Poaceae	Gynerium sagittatum	Carrizo (Caña Brava)	Herbáceo	Medianamente abundante
30	Solanaceae	Datura stramonium	Chamico	Arbustivo	Escaso

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010

Anexo 5.5. LISTA DE ESPECIES DE LA FLORA SILVESTRE, según unidades de vegetación

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	Desierto con vegetación	Cause con escorrentía temporal	Monte ribereño	Zona cultivada
1	Tessaria integrifolia	Pájaro bobo			x	
2	Bacharis lanceolata	Chilca			x	
3	Tiquila dichotoma	Manito la largartija		x		x
4	heliotropium sp	Hierba de alacrán			x	x
5	Bursera graveolens	Palo santo			x	x
6	Cassia sp	Matasama				x
7	Capparis angulata	Sapote	x	x		
8	Capparis ovalifolia	Bichayo		x		
9	Cosmus caudatus	Clavero			x	
10	Wedelia latifolia	Botencillo	x		x	
11	Ipomonea comea	Borrachera			x	x
12	Prosopis pallida	Algarrobo	x	x	x	x
13	Erythrina smithiana	Porotillo				
14	Leucaena canascens	Shapra				
15	Caesalpinea coruimbosa	Charán				
16	Phaseolus vulgaris	Frijol				
17	Acacia macracantha	Faique	x	x	x	x
18	Cerdidium praecox	Palo verde	x	x		
19	Acacia huarango	Aromo	x	x		
20	Cenchrus pilosus	Falso cadillo			x	
21	Eragostris ciliaris	Crespillo			x	x
22	Paspalum sp.	Pastos			x	x
23	Agrostis sp	Pastos			x	x
24	Broma sp	Pastos			x	x
25	Sacharum officinalis	Caña de azúcar			x	x
26	Zea mais	Maíz			x	x
27	Phragmites australis	Carrizo			x	
28	Panicum stramineum	Crespillo salado			x	x
29	Gynerium sagittatum	Carrizo (Caña Brava)			x	
30	Datura stramonium	Chamico			x	x

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010.

Anexo 5.6. LISTA DE AVES PRESENTES EN EL AREA DEL PROYECTO

N°	Familia	Especie	Nombre Común
1	Aedeidae	Egretta thula	Garza
2	Accipitridae	Buteo polyosoma	Aguilucho común
3	Bhurinidae	Burhinus superciliaris	Huerequeque
4	Cathartidae	Cathartes aura	Gallinazo cabeza roja
5	Cathartidae	Coragyps atratus	Gallinazo cabeza negra
6	Columbidae	Zenaida auriculata	Paloma
7	Columbidae	Columba fasciata	Paloma de collar
8	Columbidae	Columbina cruziana	Tortolita
9	Columbidae	Zenaida meloda	Paloma peruana
10	Columbidae	Zenaida auriculata	Paloma rabiblanca
11	Cuculidae	Crotophaga sulcirostris	Guardacaballo
12	Emberizidae	Zonotrichia capensis	Gorrión americano
13	Emberizidae	Poospiza hispaniolensis	Dominiqui
14	Emberizidae	Volatinia jacarina	Saltapalito
15	Emberizidae	Sicalis olivacens	Chirigue oliváceo o jilguero
16	Emberizidae	Sporophila teslasco	Espiguero corbatin
17	Emberizidae	Sporophila peruviana	Espiguero pico de loro
18	Emberizidae	Sicalis flaveola	Botón de oro
19	Furnariidae	Geositta peruaviana	Pampero peruano
20	Furnariidae	Fumarius leucopus	Homero
21	Hirundidae	Notiochelidon cyanoleuca	Santa Rosita
22	Hirundidae	Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina
23	Icteridae	Sturnella belicosa	Huanchaco
24	Icteridae	Molothrus bonariensis	Tordo parásito
25	Icteridae	Dives warszewiczi	Tordo negro
26	Passeridae	Passer domesticus	Gorrión europeo
27	Strigidae	Athene cunicularia	Lechuza de los arenales
28	Trochilidae	Amazilia amazilia	Colibrí
29	Troglodytidae	Troglodytes aedon	Cucarachero / Ratona común
30	Troglodytidae	Mimus longicaudatus	Chisco
31	Troglodytidae	Campylorhynchus fasciatus	Choqueco
32	Tyrannidae	Pyrocephalus rubinus	Putilla

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010.

ANEXO 5.7. LISTA DE MAMÍFEROS, REPTILES E INVERTEBRADOS EN LA ZONA DEL PROYECTO

MAMIFEROS PRESENTES EN EL ÁREA DEL PROYECTO

N°	Familia	Especie	Nombre Común
1	Canidae	Dusycyon sechurae	Zorro de sechura
3	Mustelidae	Eira barbara	Hurón
2	Sciuridae	Sciurus stramineus	Ardilla nuca blanca

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010.

REPTILES PRESENTES EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Nº	Familia	Especie	Nombre común
1	Teiidae	Callopestes falvipunctatus	Iguana
2	Teiidae	Dicrodon guttulatum	Cañan
3	Iguanidae	Iguana iguana	Pacaso
4	Tropiduridae	Microlophus peruavianus	Iguana
5	Tropiduridae	Microlophus toraxicus	Lagartija
6	Tropiduridae	Microlophus occipitalis	Lagartija
7	Gekkonidae	Phyllodactylus sp	Geko
8	Elapidae	Micrurus tschuelii	Coralillo

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010.

INVERTEBRADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Nº	Orden	Familia	Especie	Nombre común
1	Scorpanida	Caraboctonidae	Hadruioides lanatus	Escorpión
2	Araneae	Sicariidae	Sicarios peruensis	Araña chata
3	Araneae	Salticidae	Salticidae sp	Araña
4	Odonata	Aeshinidae	Sp	Libélula
5	Coleptera	Scarabeaeidae	Sp	Escarabajo
6	Hymenoptera	Pompilidae	Pepsis sp	Avispa
7	Hymenoptera	Apidae	Apis sp	Abeja
8	Hymenoptera	Formicidae	Sp	Hormiga
9	Diptera	Muscidae	Sp	Mosca
10	Diptera	Culticidae	Cutex sp	Zancudo
11	Diptera	Dolichopodidae	Sp	Mosquito
12	Lepidoptera	Gelechiidae	Sp	Polilla

Referencia: Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para MAPLE ETANOL S.R.L por Buenaventura Ingenieros S.A, Lima octubre, 2007 / Estudio de Impacto Ambiental – EIA, elaborado para Agrícola del Chira – Caña Brava por ECSA Ingenieros S.A. 2010.

ANEXO 5.8. Parámetros biométricos, según variedad de caña de azúcar

MEXICANA	TALLOS/ML				LONGITUD DE TALLO(cm)				DIAMETRO (cm).				LONGITUD ENTRENADOS(cm)				N° DE ENTRENADOS			
	Mediciones				Mediciones				Mediciones				Lo Actual				Lo Actual			
Edad (Dds)	172	187	201	216	172	187	201	216	172	187	201	216	172	187	201	216	172	187	201	216
N° de medición																				
1	12.2	12.2	12.19	12.17	117.8	136.7	154.0	170.0	3.1	3.1	3.1	3.1	11.7	10.8	12.6	12.7	0	0.0	12.1	13.4
2	13.8	14.0	14.1	13.9	116.2	131.5	150.0	166.0	3.0	3.1	3.1	3.1	12.1	10.4	12.3	12.3	0	0.0	12.2	13.4
3	13.9	13.9	13.84	13.95	90.8	104.6	120.0	133.0	3.1	3.2	3.2	3.2	11.1	9.2	10.7	10.8	0	0.0	11.3	12.4
4	13.2	13.2	13.27	13.27	103.8	116.4	131.0	146.0	3.2	3.3	3.2	3.2	11.2	10.5	11.4	11.6	0	0.0	11.5	12.7
5	14.1	14.1	14.1	14.1	100.9	113.6	131.0	144.0	3.3	3.3	3.2	3.2	11.0	11.5	12.0	12.2	0	0.0	10.9	11.9
6	13.2	13.2	13.2	13.2	116.9	132.1	153.0	167.0	3.4	3.3	3.2	3.2	11.1	12.3	12.6	13.0	0	0.0	12.2	12.9
Promedio	13.4	13.4	13.4	13.4	107.7	122.5	139.8	154.3	3.2	3.2	3.1	3.1	11.4	10.8	11.9	12.1	0.0	0.0	11.7	12.8
Ideal	14	14	14	14	130	159	187	201	2.8	3	3	3	16	17	18	18	0	0	10.4	11.2

Edad (Dds)	199	216	230	243	199	216	230	243	199	216	230	243	199	216	230	243	199	216	230	243
N° de medición																				
1	13.5	13.5	13.5	13.5	162.1	173.4	193.59	203.89	2.75	2.8	3.0	2.5	14.5	14.8	15.53	15.61	0	0	12.4	13.0
2	13.0	13.0	13.0	13.0	197.3	212.0	228.3	240.0	3.02	3.1	3.1	3.1	15.4	15.7	15.37	15.66	0	0.0	14.5	15.3
3	12.6	12.6	12.6	12.6	169.9	183.7	199.39	211.39	2.85	3.0	3.0	3.0	14.9	15.4	15.57	15.48	0	0.0	12.8	13.6
4	12.4	12.4	12.4	12.4	171.4	185.1	198.06	207.63	2.77	2.9	2.9	3.0	13.9	14.4	14.57	14.28	0	0.0	13.6	14.5
5	12.9	12.9	12.9	12.9	208.6	224.0	241.7	249.0	2.92	3.0	3.1	3.1	15.1	15.8	15.55	15.56	0	0.0	15.6	16.0
6	13.8	13.0	13.0	13.0	185.7	199.3	210.99	218.44	3.15	3.2	3.2	3.3	13.8	14.9	14.63	14.49	0	0.0	14.4	15.1
Promedio	13.0	12.9	12.9	12.9	182.5	196.3	212.0	221.7	2.9	3.0	3.1	3.0	14.6	15.2	15.2	15.2	0.0	0.0	13.9	14.6
Ideal	14	14	14	14	183	216	229	249	3	3	3	3	18	18	18	18	0	0	12.7	13.8

Edad (Dds)	281	298	310	325	281	298	310	325	281	298	310	325	281	298	310	325	281	298	310	325
N° de medición																				
1	13.0	12.4	12.4	12.4	238.0	240.0	257.0	264.0	2.71	2.8	2.9	2.9	15.0	15.7	16.0	15.7	0	0	15.8	16.7
2	12.0	12.3	12.3	12.3	235.0	234.0	252.0	259.0	2.72	2.9	2.9	3.0	15.0	15.6	16.2	16.3	0	0.0	15.6	15.8
3	12.0	11.4	11.4	11.4	198.0	230.0	244.0	254.0	2.68	2.8	2.8	2.8	15.0	15.2	15.7	15.6	0	0.0	15.7	16.3
4	12.0	12.0	12.0	12.0	240.0	243.0	260.0	265.0	2.75	2.8	2.9	3.0	15.0	15.7	16.4	16.1	0	0.0	15.9	16.4
5	11.8	11.9	11.9	11.9	247.3	247.3	261.0	270.0	2.69	2.8	2.9	2.9	14.0	16.2	16.6	16.5	0	0.0	15.7	16.4
6	11.8	11.7	11.7	11.7	230.0	238.0	248.0	257.0	2.81	2.9	3.1	3.0	13.3	15.9	16.0	16.0	0	0.0	15.5	16.1
Promedio	12.1	11.9	11.9	11.9	231.4	238.7	253.7	261.5	2.7	2.8	2.9	2.9	14.6	15.7	16.1	16.0	0.0	0.0	15.7	16.3
Ideal	14	14	14	14	300	300	300	300	3	3	3	3	17	17	17	17	0	0	17	17

REFERENCIA: Reportes de empresa Caña Brava, 2010.

AZUL CASAGRANDE	TALLOS/ML				LONGITUD DE TALLO(cm)				DIAMETRO (cm)				LONGITUD ENTRENUDOS(cm)				N° DE ENTRENUDOS			
	<i>Lo Actual</i>				<i>Lo Actual</i>				<i>Lo Actual</i>				<i>Lo Actual</i>				<i>Lo Actual</i>			
Edad (Dds)	157	172	186	201	157	172	186	201	157	172	186	201	157	172	186	201	157	172	186	201
N° de evaluación																				
1	19.0	19.0	18.5	17.8	117.0	137.0	158.0	178.8	2.9	3.0	3.0	3.0	0	0.0	14.6	15.2	0	0.0	10.85	11.81
2	20.0	20.0	19.3	18.4	128.0	151.0	173.0	195.2	3.1	3.2	3.2	3.2	0	0.0	17.3	17.7	0	0.0	10.0	11.0
3	19.0	19.0	18.2	17.6	151.0	174.0	196.7	216.0	3.1	3.1	3.1	3.1	0	0.0	17.6	18.0	0	0.0	11.2	12.0
4	18.0	18.0	17.9	17.2	112.0	133.0	152.2	175.7	3.1	3.2	3.2	3.2	0	0.0	16.2	17.0	0	0.0	9.4	10.3
5	18.0	18.0	17.3	16.8	116.0	137.0	158.2	181.8	3.0	3.1	3.1	3.1	0	0.0	17.2	17.7	0	0.0	9.2	10.2
6	17.0	17.0	17.1	16.5	121.0	142.0	166.1	188.4	3.1	3.1	3.2	3.2	0	0.0	17.7	18.0	0	0.0	9.4	10.5
Promedio	18.5	18.5	18.0	17.4	124.2	145.7	167.4	189.3	3.1	3.1	3.1	3.1	0.0	0.0	16.8	17.3	0.0	0.0	10.0	11.0
Ideal	21.0	17.0	14.0	14.0	124.0	150.0	174.0	209.0	2.6	2.7	2.8	2.7	0.0	0.0	16.0	18.0	0.0	0.0	10.9	11.6

Edad (Dds)	158	175	189	202	158	175	189	202	158	175	189	202	158	175	189	202	158	175	189	202
N° de evaluación																				
1	15.0	14.5	14.2	14.0	103.0	120.0	138.8	153.4	2.8	2.8	2.8	2.8	0	0.0	13.6	13.7	0	0	10.24	11.2
2	15.0	15.1	14.7	14.4	118.0	136.0	158.1	175.0	2.8	2.9	2.9	2.9	0	0.0	15.9	16.0	0	0.0	9.9	11.9
3	15.0	14.6	14.2	14.0	142.0	163.0	183.3	202.3	2.9	3.0	3.0	3.0	0	0.0	17.6	17.7	0	0.0	10.4	11.5
4	13.0	13.0	12.5	12.5	121.0	143.0	166.7	186.3	3.0	3.0	3.0	3.0	0	0.0	17.3	17.3	0	0.0	9.6	10.8
5	12.0	12.0	12.3	12.3	134.0	156.0	175.2	189.5	2.9	3.0	3.0	3.0	0	0.0	15.9	16.5	0	0.0	11.0	11.5
6	15.0	15.0	14.3	14.2	134.0	154.0	175.3	190.6	2.9	3.0	2.9	2.9	0	0.0	15.9	16.3	0	0.0	11.0	11.7
Promedio	14.2	14.0	13.7	13.5	125.3	145.3	166.2	182.9	2.9	2.9	2.9	2.9	0.0	0.0	16.0	16.3	0.0	0.0	10.4	11.4
Ideal	21.0	17.0	14.0	14.0	126.0	158.5	179.0	211.3	2.5	2.7	2.8	2.8	0.0	0.0	16.0	18.0	0.0	0.0	11.0	11.7

REFERENCIA: Reportes de empresa Caña Brava, 2010.

BRASILEÑA	TALLOS/ML				LONGITUD DE TALLO(cm)				DIAMETRO (cm)				LONGITUD ENTRENUDOS(cm)				N° DE ENTRENUDOS			
	Lo Actual				Lo Actual				Lo Actual				Lo Actual				Lo Actual			
Fecha de Evaluación	26-may	10-jun	24-jun	09-jul	26-may	10-jun	24-jun	09-jul	26-may	10-jun	24-jun	09-jul	26-may	10-jun	24-jun	09-jul	26-may	10-jun	24-jun	09-jul
Edad (Dds)																				
N° de evaluación	103	120	134	147	103	120	134	147	103	120	134	147	103	120	134	147	103	120	134	147
1	14.50	15.30	16.40	16.90	23.70	38.50	58.30	77.20	0.00	1.98	2.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	11.70	12.50	13.50	14.10	20.40	30.50	44.80	62.00	0.00	1.99	2.00	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	13.30	14.20	15.30	15.70	23.40	33.80	49.20	63.40	0.00	1.99	2.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	10.30	11.00	12.00	12.60	20.30	30.80	44.70	60.50	0.00	1.98	2.00	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	14.50	15.50	16.70	16.70	24.40	34.70	49.50	61.60	0.00	1.99	2.10	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	17.50	18.30	19.20	19.60	33.50	53.10	69.30	95.30	0.00	1.90	2.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio	13.63	14.47	15.52	15.92	24.28	36.90	52.63	70.00	0.00	1.97	2.02	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ideal	23.60	25.00	24.00	23.00	29.30	44.70	58.70	68.40	2.00	2.00	2.18	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

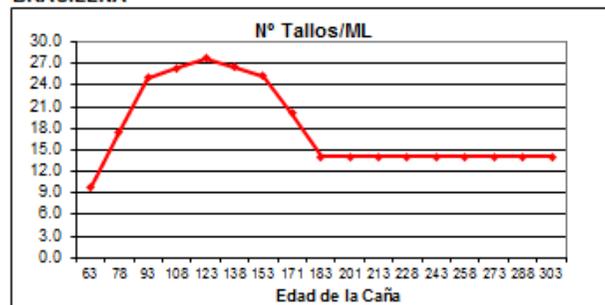
Edad (Dds)	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188
N° de evaluación	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188	144	161	175	188
1	18.87	18.87	19.11	19.11	114.00	139.83	152.66	173.36	2.10	2.96	2.98	3.00	0.00	0.00	0.00	26.24	27.25	0.00	0.00	5.85
2	19.09	19.11	19.07	19.07	118.20	145.40	164.40	173.20	2.00	2.88	2.88	2.90	0.00	0.00	0.00	25.96	26.15	0.00	0.00	6.33
3	19.63	19.63	19.62	19.62	131.00	160.20	178.00	187.90	2.10	2.98	3.00	3.03	0.00	0.00	0.00	26.69	27.30	0.00	0.00	6.66
4	16.16	16.16	16.16	16.16	115.50	137.00	152.80	174.10	2.00	3.02	3.00	3.17	0.00	0.00	0.00	23.86	24.48	0.00	0.00	6.43
5	15.64	15.64	15.64	15.64	127.00	151.60	168.00	192.50	2.10	2.98	2.99	3.03	0.00	0.00	0.00	24.37	25.60	0.00	0.00	6.89
6	16.98	16.98	16.98	16.98	147.60	176.60	194.60	218.30	2.10	3.03	3.00	3.12	0.00	0.00	0.00	24.80	24.20	0.00	0.00	6.40
Promedio	17.73	17.73	17.73	17.73	139.90	146.90	162.50	180.60	2.00	2.98	2.99	3.04	0.00	0.00	0.00	25.32	25.80	0.00	0.00	6.43
Ideal	23.00	20.00	16.00	14.00	65.50	88.00	0.00	0.00	8.00	2.40	2.70	2.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00

Edad (Dds)	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188
N° de evaluación	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188	144	159	173	188
1	17.2	18.0	18.0	18.0	109.3	126.0	175.6	186.6	0.00	2.9	2.9	2.9	22.9	22.9	27.5	28.7	0.00	0.00	6.4	7.0
2	14.1	14.3	14.3	14.3	86.5	101.8	131.2	154.2	0.00	3.0	3.0	3.0	24.7	24.7	23.9	23.7	0.00	0.00	5.5	6.5
3	13.8	13.9	13.9	13.9	64.9	123.1	144.3	166.9	0.00	3.0	3.0	2.9	17.9	17.9	24.9	25.1	0.00	0.00	5.8	6.7
4	14.9	15.0	15.0	15.0	71.1	84.4	147.7	170.3	0.00	2.9	3.0	2.9	19.2	19.2	23.9	23.8	0.00	0.00	6.2	7.2
Promedio	14.95	15.29	15.29	15.29	82.96	108.83	149.66	169.46	0.00	2.95	2.96	2.97	21.17	21.17	25.06	25.32	0.00	0.00	5.957	6.83
Ideal	26.8	20.9	15.9	14.0	65.5	86.3	114.3	143.7	0.00	2.4	2.7	3.0	0.00	0.00	0.00	14.0	0.00	0.00	0.00	10.3

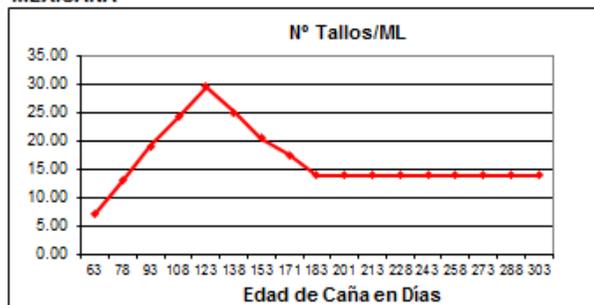
REFERENCIA: Reportes de empresa Caña Brava, 2010

Variación de parámetros característicos de las variedades de caña de azúcar según su edad

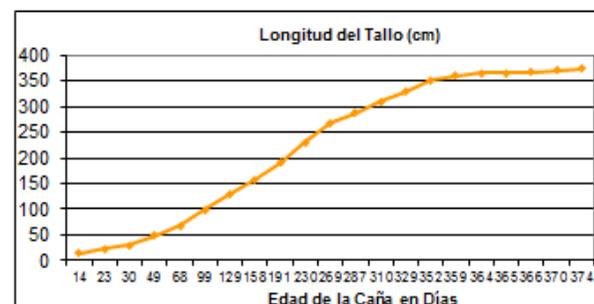
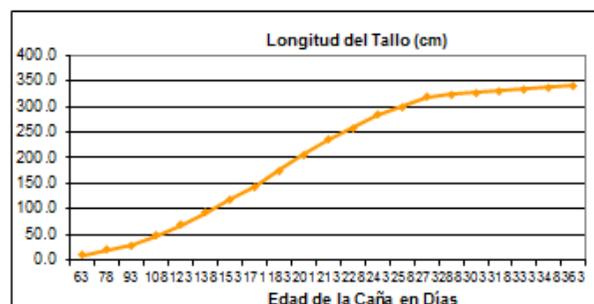
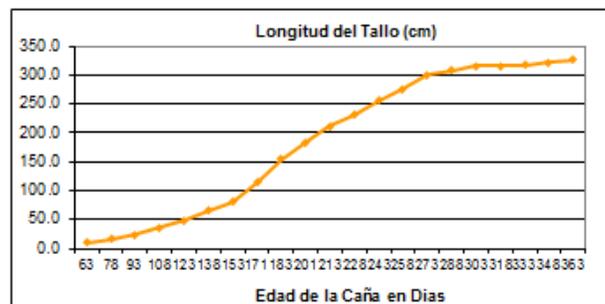
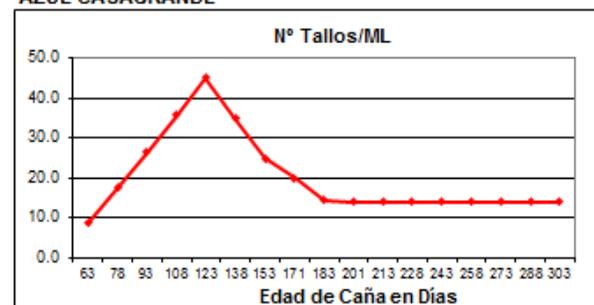
BRASILEÑA



MEXICANA

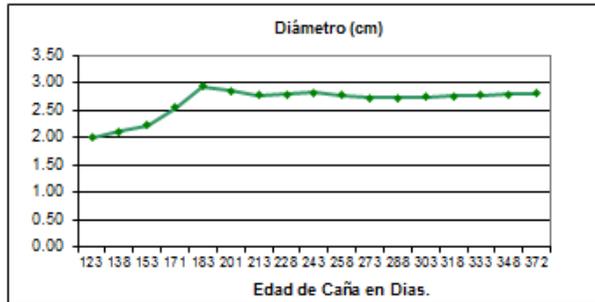


AZUL CASAGRANDE

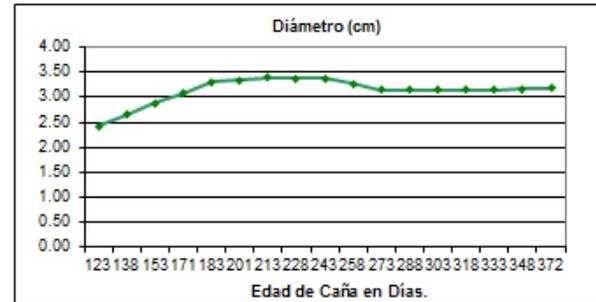


Referencia: Reportes agronómicos de la empresa Caña Brava, 2010

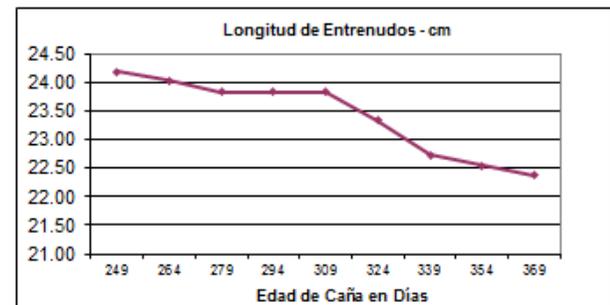
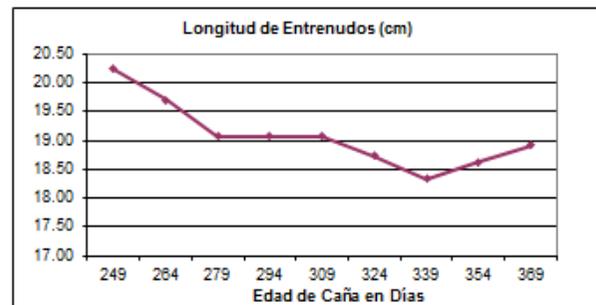
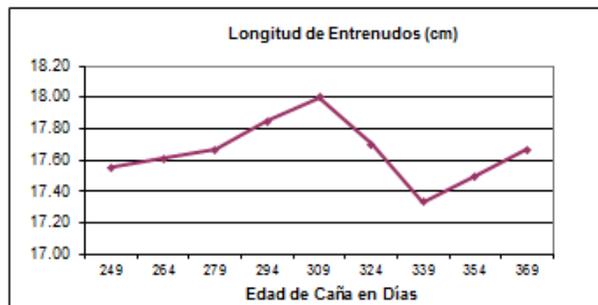
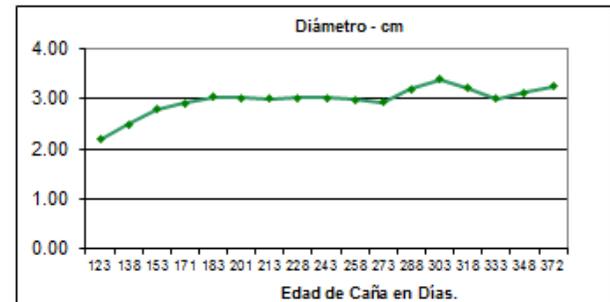
BRASILEÑA



MEXICANA



AZUL CASAGRANDE



Referencia: Reportes agronómicos de la empresa Caña Brava, 2010

ANEXO 5.9. Rendimiento de la cosecha y de la producción de etanol según variedad de caña de azúcar

EQUIPO - TURNO	VARIEDAD	ÁREA COSECHADA.	EDAD		RDMTO / AÑO			LTS. ETANOL	
			Días	Mes	TM AÑO	TM /HA /AÑO		ART %	LTS/HA/AÑO
E1 - T1	Azul	41.88	339	11.30	4,481	107	107	12.74	7,500
E1 - T2	Azul	41.88	339	11.30	4,597	110		12.71	7,678
E1 - T3	Azul	41.88	343	11.43	3,754	90		12.76	6,294
E1 - T4	Azul	41.88	346	11.53	3,854	92		12.10	6,128
E1 - T5	Azul	41.88	345	11.50	4,611	110		12.72	7,707
E1 - T6	Azul	41.88	348	11.60	5,695	136		11.85	8,871
E2 - T1	Mexicana	37.29	353	11.77	3,427	92	110	12.55	6,347
E2 - T2	Mexicana	41.88	334	11.13	4,201	100		13.74	7,588
E2 - T3	Mexicana	41.88	331	11.03	5,142	123		13.42	9,069
E2 - T4	Mexicana	41.88	332	11.07	4,707	112		13.07	8,085
E2 - T5	Mexicana	41.88	334	11.13	5,538	132		13.20	9,609
E2 - T6	Mexicana	41.88	333	11.10	4,219	101		13.41	7,433
E3 - T1	Mexicana	41.88	320	10.67	4,205	100	97	13.71	7,574
E3 - T2	Mexicana	41.88	407	13.57	3,314	79		17.14	7,465
E3 - T3	Mexicana	41.88	324	10.80	4,489	107		14.11	8,326
E3 - T4	Mexicana	41.88	332	11.07	4,166	99		14.46	7,917
E3 - T5	Mexicana	41.88	325	10.83	4,415	105		13.62	7,903
E3 - T6	Mexicana	41.88	328	10.93	3,848	92		14.07	7,117
E4 - T1	Mexicana	41.88	321	10.70	4,123	98	106	13.88	7,519
E4 - T2	Mexicana	41.88	324	10.80	4,717	113		14.22	8,815
E4 - T3	Mexicana	41.88	326	10.87	4,393	105		14.02	8,095
E4 - T4	Azul	41.88	326	10.87	4,125	99		13.92	7,545
E4 - T5	Mexicana	41.88	331	11.03	5,096	122		13.68	9,164
E4 - T6	Azul	40.91	331	11.03	4,128	101		12.77	7,094
E5 - T1	Azul	41.88	314	10.47	4,208	100	101	13.33	7,374
E5 - T2	Azul	41.88	349	11.63	4,459	106		15.29	8,957
E5 - T3	Azul	41.88	342	11.40	4,568	109		13.34	8,010
E5 - T4	Azul	37.86	356	11.87	4,163	110		14.15	8,562
E5 - T5	Azul	39.36	363	12.10	4,553	116		14.88	9,472
E5 - T6	Azul	39.36	359	11.97	2,412	61		14.52	4,898
E6 - T1	Brasilera	41.88	303	10.10	5,754	137	151	12.15	9,187
E6 - T2	Brasilera	41.88	315	10.50	6,666	159		14.28	12,507
E6 - T3	Brasilera	41.88	307	10.23	7,470	178		12.68	12,447
E6 - T4	Brasilera	41.88	317	10.57	5,712	136		13.47	10,114
E6 - T5	Brasilera	41.88	310	10.33	6,755	161		12.72	11,292
E6 - T6	Brasilera	41.88	321	10.70	5,476	131		13.87	9,979
E7 - T1	Brasilera	41.88	320	10.67	5,019	120	112	12.79	8,434
E7 - T2	Brasilera	41.88	322	10.73	5,074	121		15.39	10,259
E7 - T3	Brasilera	41.88	325	10.83	4,937	118		15.35	9,959
E7 - T4	Brasilera	41.88	331	11.03	4,369	104		15.73	9,034
E7 - T5	Brasilera	41.88	332	11.07	4,470	107		14.43	8,475
E7 - T6	Brasilera	41.88	333	11.10	4,325	103		15.85	9,009
E8 - T1	Brasilera	40.94	342	11.40	6,348	155	130	15.98	13,637
E8 - T2	Brasilera	41.88	342	11.40	6,061	145		15.87	12,639
E8 - T3	Brasilera	40.35	342	11.40	5,655	140		16.35	12,614
E8 - T4	Brasilera	41.07	333	11.10	4,080	99		17.04	9,314
E8 - T5	Brasilera	41.88	335	11.17	2,688	64		16.53	5,840
E8 - T6	Brasilera	41.47	333	11.10	7,378	178		15.38	15,062

EQUIPO - TURNO	VARIEDAD	ÁREA COSECHADA.	EDAD DE COSECHA		RDMTO / AÑO			LTS. ETANOL	
			Días	Mes	TM AÑO	TM /HA /AÑO	ART %	LTS/HA/AÑO	
E1 - T1	Azul	41.88	316	10.53	1,916	46	65	12.39	3,119
E1 - T2	Azul	41.88	330	11.00	2,341	56		14.13	4,347
E1 - T3	Azul	41.88	324	10.80	3,065	73		12.33	4,966
E1 - T4	Azul	41.88	328	10.93	2,909	69		13.57	5,188
E1 - T5	Azul	41.88	325	10.83	3,226	77		12.42	5,266
E1 - T6	Azul	41.88	327	10.90	2,972	71		13.35	5,214
E2 - T1	Mexicana	37.29	346	11.53	4,882	131	138	15.86	11,428
E2 - T2	Mexicana	41.88	417	13.90	4,296	103		14.17	8,000
E2 - T3	Mexicana	41.88	347	11.57	7,344	175		15.86	15,306
E2 - T4	Mexicana	41.88	423	14.10	6,211	148		14.23	11,615
E2 - T5	Mexicana	41.88	345	11.50	5,277	126		15.95	11,061
E2 - T6	Mexicana	41.88	430	14.33	5,984	143		14.77	11,614
E3 - T1	Mexicana	41.88	332	11.07	5,822	139	136	14.51	11,101
E3 - T2	Brasilera	41.88	310	10.33	7,107	170		14.32	13,375
E3 - T3	Mexicana	41.88	345	11.50	5,775	138		14.47	10,982
E3 - T4	Mexicana	41.88	423	14.10	5,976	143		14.50	11,387
E3 - T5	Mexicana	41.88	337	11.23	5,115	122		14.65	9,847
E3 - T6	Mexicana	41.88	449	14.97	4,270	102		16.03	8,995
E4 - T1	Mexicana	41.88	387	12.90	4,659	111	112	14.23	8,712
E4 - T2	Mexicana	41.88	387	12.90	4,139	99		14.23	7,740
E4 - T3	Mexicana	41.88	358	11.93	6,455	154		14.25	12,088
E4 - T4	Azul	41.88	288	9.60	4,627	110		11.13	6,768
E4 - T5	Mexicana	41.88	286	9.53	4,429	106		11.10	6,457
E4 - T6	Azul	40.91	282	9.40	3,791	93		8.11	4,136
E5 - T1	Brasilera	41.88	382	12.73	4,930	118	90	15.11	9,791
E5 - T2	Brasilera	41.88	385	12.83	3,847	92		15.48	7,827
E5 - T3	Brasilera	41.88	378	12.60	4,567	109		15.26	9,158
E5 - T4	Brasilera	37.86	388	12.93	3,248	86		15.67	7,399
E5 - T5	Brasilera	39.36	395	13.17	2,114	54		16.32	4,823
E5 - T6	Brasilera	39.36	396	13.20	3,155	80		16.51	7,283
E6 - T1	Brasilera	41.88	316	10.53	7,647	183	155	14.42	14,491
E6 - T2	Brasilera	41.88	380	12.67	6,439	154		14.75	12,481
E6 - T3	Brasilera	41.88	319	10.63	6,925	165		14.34	13,051
E6 - T4	Brasilera	41.88	385	12.83	6,164	147		14.82	12,005
E6 - T5	Brasilera	41.88	324	10.80	6,842	163		14.33	12,884
E6 - T6	Brasilera	41.88	388	12.93	4,874	116		14.82	9,493
E7 - T1	Brasilera	41.88	305	10.17	7,081	169	146	14.06	13,084
E7 - T2	Brasilera	41.88	392	13.07	6,690	160		15.48	13,610
E7 - T3	Brasilera	41.88	302	10.07	5,981	143		14.09	11,074
E7 - T4	Brasilera	41.88	392	13.07	6,266	150		15.48	12,748
E7 - T5	Brasilera	41.88	298	9.93	5,720	137		14.31	10,758
E7 - T6	Brasilera	24.43	423	14.10	2,298	94		16.13	8,349
E8 - T1	Brasilera	33.96	304	10.13	5,325	157	146	15.20	13,117
E8 - T2	Brasilera	41.88	388	12.93	5,411	129		15.56	11,065
E8 - T3	Brasilera	40.35	377	12.57	5,223	129		15.89	11,320
E8 - T4	Brasilera	41.07	297	9.90	5,674	138		14.51	11,033
E8 - T5	Brasilera	41.88	294	9.80	5,963	142		14.52	11,378
E8 - T6	Brasilera	41.47	294	9.80	7,458	180		14.30	14,153

EQUIPO – TURNO	VARIEDAD	ÁREA COSECHADA.	EDAD DE COSECHA		RDMTO / AÑO			LTS. ETANOL		
			Días	Mes	TM AÑO	TM/HA /AÑO		ART %	LTS/HA/AÑO	
E2 - T1	Mexicana	37.29	400	13.33	3,409	91	89		14.85	7,472
E2 - T3	Mexicana	41.88	400	13.33	3,951	94			14.82	7,694
E2 - T5	Mexicana	41.88	398	13.27	3,438	82			14.94	6,750
E3 - T5	Mexicana	41.88	406	13.53	4,086	98			14.06	7,549
E6 - T1	Brasilera	41.88	385	12.83	4,583	109	118		14.58	8,781
E6 - T2	Brasilera	39.03	340	11.33	4,291	110			14.43	8,731
E6 - T3	Brasilera	41.88	383	12.77	5,413	129			14.34	10,202
E6 - T4	Brasilera	41.88	342	11.40	5,145	123			13.45	9,095
E6 - T5	Brasilera	41.88	387	12.90	4,978	119			13.84	9,055
E7 - T1	Brasilera	41.88	383	12.77	5,269	126	122		14.09	9,757
E7 - T3	Brasilera	41.88	381	12.70	5,787	138			13.45	10,229
E7 - T5	Brasilera	41.88	381	12.70	4,307	103			13.53	7,658

Referencia: Reportes agronómicos de la empresa Caña Brava, 2010

ANEXO 5.10. Eficiencia y volumen de riego

Turno	DDS	Área ha	KC Semana 20	Volumen de Agua Planeado Semana 20 m ³ /ha	Volumen de Agua Regado Semana 20 m ³ /ha	Exceso / Déficit Riego Acumulado m ³ /ha	Exceso / Déficit Riego Semana 20 m ³ /ha	Exceso / Déficit Riego Acumulado (%)	Exceso / Déficit Riego Semana 20 (%)
E1 - T1	267	22.68	0.90	344.20	323.93	(3,788.68)	(20.27)	-28.6%	-5.9%
E1 - T2	206	19.44	1.00	382.44	341.08	(2,597.71)	(41.37)	-26.0%	-10.8%
E1 - T3	159	21.62	1.20	458.93	362.06	(958.92)	(96.87)	-13.5%	-21.1%
E1 - T4	3	21.95	0.40	152.98	661.67	26.31	508.69	60.2%	332.5%
E1 - T5	-4	22.53	-	701.86	701.86		0.00	0.0%	0.0%
E1 - T6	23	21.46	0.40	152.98	340.94	537.96	187.96	115.6%	122.9%
E2 - T1	108	19.86	1.20	458.93	409.11	1,588.91	(49.82)	43.7%	-10.9%
E2 - T2	64	19.66	0.70	267.71	488.75	1,038.32	221.04	72.1%	82.6%
E2 - T3	144	19.65	1.20	458.93	455.00	(892.81)	(3.93)	-14.7%	-0.9%
E2 - T4	367	19.21	-		181.80	(2,667.53)	181.80	-18.3%	0.0%
E2 - T5	357	19.69	0.40	152.98		(3,820.48)	(152.98)	-25.7%	-100.0%
E2 - T6	394	18.76	-	382.44	332.52	(2,654.09)	(49.92)	-19.5%	-13.1%
E3 - T1	345	19.77	0.40	152.98		(4,407.93)	(152.98)	-29.7%	-100.0%
E3 - T2	283	19.23	0.90	344.20	402.51	(3,554.24)	58.31	-26.2%	16.9%
E3 - T3	279	21.09	0.90	344.20	402.51	(3,240.94)	58.31	-24.0%	16.9%
E3 - T4	285	19.74	0.90	344.20	327.93	(3,333.31)	(16.27)	-24.5%	-4.7%
E3 - T5	278	21.13	0.90	344.20	388.90	(3,393.04)	44.70	-25.2%	13.0%
E3 - T6	276	21.44	0.90	344.20	363.16	(3,821.40)	18.96	-28.5%	5.5%
E4 - T1	272	19.86	0.90	344.20	387.92	(3,439.26)	43.72	-25.9%	12.7%
E4 - T2	269	20.50	0.90	344.20	416.84	(3,880.10)	72.64	-29.4%	21.1%
E4 - T3	269	20.60	0.90	344.20	368.92	(3,760.62)	24.72	-28.5%	7.2%
E4 - T4	264	20.57	0.90	344.20	372.51	(3,212.92)	28.31	-24.8%	8.2%
E4 - T5	265	19.60	0.90	344.20	363.52	(3,223.42)	19.32	-24.8%	5.6%
E4 - T6	265	22.33	0.90	344.20	316.36	(3,416.13)	(27.84)	-26.3%	-8.1%
E5 - T1	195	20.20	1.00	382.44	390.05	(2,539.79)	7.61	-27.4%	2.0%
E5 - T2	193	20.27	1.00	382.44	408.33	(2,482.29)	25.89	-27.2%	6.8%
E5 - T3	191	19.41	1.00	382.44	390.84	(2,578.22)	8.39	-28.6%	2.2%
E5 - T4	184	21.62	1.00	382.44	389.38	(2,465.52)	6.93	-28.5%	1.8%
E5 - T5	177	19.86	1.20	458.93	358.76	(2,090.33)	(100.18)	-25.2%	-21.8%
E5 - T6	176	18.58	1.20	458.93	367.50	(2,277.55)	(91.43)	-27.7%	-19.9%
E6 - T1	184	19.86	1.00	382.44	441.88	(2,046.67)	59.43	-23.7%	15.5%
E6 - T2	184	19.86	1.00	382.44	420.01	(1,962.10)	37.56	-22.7%	9.8%
E6 - T3	179	19.86	1.20	458.93	434.59	(1,990.90)	(24.35)	-23.7%	-5.3%
E6 - T4	185	21.09	1.00	382.44	428.75	(2,010.87)	46.31	-23.1%	12.1%
E6 - T5	187	19.31	1.00	382.44	469.59	(2,006.70)	87.15	-22.8%	22.8%
E6 - T6	188	21.00	1.00	382.44	373.34	(2,191.90)	(9.11)	-24.7%	-2.4%
E7 - T1	164	21.15	1.20	458.93	373.33	(3,022.36)	(85.60)	-40.7%	-18.7%
E7 - T2	167	20.31	1.20	458.93	291.67	(3,463.88)	(167.27)	-45.3%	-36.4%
E7 - T3	167	20.17	1.20	458.93	280.00	(3,524.54)	(178.93)	-46.1%	-39.0%
E7 - T4	143	20.71	1.20	458.93	280.00	(2,211.18)	(178.93)	-36.9%	-39.0%
E7 - T5	170	20.50	1.20	458.93	280.00	(3,529.14)	(178.93)	-45.0%	-39.0%
E7 - T6	173	20.39	1.20	458.93	312.08	(3,767.34)	(146.85)	-46.8%	-32.0%
E8 - T1	174	19.27	1.20	458.93	420.00	(3,685.18)	(38.93)	-45.4%	-8.5%
E8 - T2	173	21.26	1.20	458.93	420.00	(3,621.83)	(38.93)	-45.0%	-8.5%

E8 - T3	165	21.60	1.20	458.93	420.00	(3,194.04)	(38.93)	-42.6%	-8.5%
E8 - T4	161	19.19	1.20	458.93	385.00	(2,800.80)	(73.93)	-38.9%	-16.1%
E8 - T5	178	18.01	1.20	458.93	385.00	(3,980.99)	(73.93)	-47.7%	-16.1%
E8 - T6	173	18.89	1.20	458.93	425.83	(3,655.37)	(33.10)	-45.4%	-7.2%
E9 - T1	221	21.27	1.00	382.44	402.50	(3,033.43)	20.06	-28.4%	5.2%
E9 - T2	215	21.36	1.00	382.44	398.55	(2,856.72)	16.10	-27.6%	4.2%
E9 - T3	213	19.90	1.00	382.44	417.09	(2,950.85)	34.65	-28.8%	9.1%
E9 - T4	209	22.51	1.00	382.44	385.01	(2,814.15)	2.56	-28.0%	0.7%
E9 - T5	209	19.11	1.00	382.44	367.50	(2,747.96)	(14.94)	-27.4%	-3.9%
E9 - T6	208	17.43	1.00	382.44	385.03	(3,055.22)	2.58	-30.6%	0.7%
E10 - T1	157	18.98	1.20	458.93	315.00	(2,745.57)	(143.93)	-39.7%	-31.4%
E10 - T2	148	18.25	1.20	458.93	315.00	(2,348.57)	(143.93)	-37.3%	-31.4%
E10 - T3	161	20.96	1.20	458.93	323.75	(2,833.16)	(135.18)	-39.4%	-29.5%
E10 - T4	165	21.47	1.20	458.93	367.50	(3,006.48)	(91.43)	-40.1%	-19.9%
E10 - T5	164	19.85	1.20	458.93	315.00	(2,876.25)	(143.93)	-38.7%	-31.4%
E10 - T6	165	19.86	1.20	458.93	280.00	(3,142.97)	(178.93)	-41.9%	-39.0%
E11 - T1	143	20.61	1.20	458.93	253.75	(2,118.74)	(205.18)	-35.4%	-44.7%
E11 - T2	152	19.24	1.20	458.93	262.50	(2,736.61)	(196.43)	-41.7%	-42.8%
E11 - T3	143	19.84	1.20	458.93	262.50	(2,048.44)	(196.43)	-34.2%	-42.8%
E11 - T4	151	21.92	1.20	458.93	350.00	(2,402.44)	(108.93)	-37.0%	-23.7%
E11 - T5	153	21.42	1.20	458.93	320.83	(2,430.27)	(138.10)	-36.7%	-30.1%
E11 - T6	154	21.04	1.20	458.93	350.00	(2,595.61)	(108.93)	-38.8%	-23.7%
E12 - T1	145	17.97	1.20	458.93	385.00	(1,805.46)	(73.93)	-29.6%	-16.1%
E12 - T2	138	20.30	1.20	458.93	317.92	(1,730.58)	(141.02)	-30.8%	-30.7%
E12 - T3	146	19.79	1.20	458.93	298.96	(2,047.49)	(159.98)	-33.2%	-34.9%
E12 - T4	147	19.98	1.20	458.93	350.00	(2,012.30)	(108.93)	-32.3%	-23.7%
E12 - T5	144	19.86	1.20	458.93	319.37	(1,916.70)	(139.56)	-31.5%	-30.4%
E12 - T6	141	19.84	1.20	458.93	271.25	(1,609.57)	(187.68)	-27.5%	-40.9%
E13 - T1	137	19.45	1.20	458.93	280.06	(1,921.06)	(178.87)	-34.6%	-39.0%
E13 - T2	136	19.49	1.20	458.93	245.05	(1,728.62)	(213.88)	-31.5%	-46.6%
E13 - T3	137	15.27	1.20	458.93	279.93	(1,733.49)	(179.00)	-31.2%	-39.0%
E13 - T4	134	20.29	1.20	458.93	279.95	(1,605.49)	(178.99)	-30.1%	-39.0%
E13 - T5	134	16.59	1.20	458.93	262.48	(1,736.87)	(196.45)	-32.5%	-42.8%
E13 - T6	139	20.30	1.20	458.93	294.54	(1,822.49)	(164.39)	-32.0%	-35.8%
E14 - T1	132	12.59	1.20	458.93	271.14	(1,594.12)	(187.79)	-30.7%	-40.9%
E14 - T2	130	15.39	1.20	458.93	279.97	(1,650.00)	(178.97)	-32.6%	-39.0%
E14 - T3	129	12.97	1.20	458.93	268.23	(1,537.32)	(190.70)	-30.9%	-41.6%
E14 - T4	129	15.63	1.20	458.93	246.43	(1,568.36)	(212.51)	-31.5%	-46.3%
E14 - T5	129	14.13	1.20	458.93	244.96	(1,600.11)	(213.97)	-32.1%	-46.6%
E14 - T6	128	13.84	1.20	458.93	245.07	(1,579.38)	(213.86)	-32.2%	-46.6%
E15 - T1	56	22.62	0.40	152.98	297.50	317.08	144.52	25.8%	94.5%
E15 - T2	58	19.72	0.40	152.98	297.43	488.46	144.45	38.5%	94.4%
E15 - T3	54	22.29	0.40	152.98	306.31	422.94	153.33	35.5%	100.2%
E15 - T4	59	22.31	0.40	152.98	296.06	611.29	143.08	47.3%	93.5%
E15 - T5	53	20.45	0.40	152.98	297.49	452.78	144.51	38.6%	94.5%
E15 - T6	61	19.91	0.70	267.71	297.49	502.06	29.78	37.9%	11.1%
E15 - T7	52	21.40	0.40	152.98	323.73	151.50	170.75	13.2%	111.6%
E16 - T1	61	21.09	0.70	267.71	210.00	405.41	(57.71)	30.6%	-21.6%
E16 - T2	62	21.12	0.70	267.71	207.09	304.31	(60.63)	22.3%	-22.6%
E16 - T3	85	21.87	0.70	267.71	227.50	(123.17)	(40.21)	-5.4%	-15.0%

E16 - T4	85	21.21	0.70	267.71	245.00	(53.45)	(22.71)	-2.4%	-8.5%
E16 - T5	84	20.47	0.70	267.71	227.50	(116.35)	(40.21)	-5.2%	-15.0%
E16 - T6	86	21.77	0.70	267.71	210.00	(222.55)	(57.71)	-9.6%	-21.6%
E16 - T7	86	19.97	0.70	267.71	217.29	(389.68)	(50.42)	-16.9%	-18.8%
E17 - T1	91	15.43	1.20	458.93	417.06	5.37	(41.88)	0.2%	-9.1%
E17 - T2	91	16.63	1.20	458.93	393.63	(86.19)	(65.30)	-3.5%	-14.2%
E17 - T3	90	14.66	0.70	267.71	349.95	(203.68)	82.24	-8.3%	30.7%
E17 - T4	89	13.99	0.70	267.71	338.36	(98.28)	70.65	-4.1%	26.4%
E17 - T5	88	15.47	0.70	267.71	366.14	14.29	98.43	0.6%	36.8%
E17 - T6	87	16.50	0.70	267.71	350.02	14.85	82.31	0.6%	30.7%
E17 - T7	83	16.26	0.70	267.71	393.75	412.24	126.04	18.8%	47.1%

Referencia: Reportes agronómicos de empresa Caña Brava, 2010

ANEXO 5.11. Parámetros climatológicos

	VELOC. MAX VIENTO Km/h				EVAPOTRANSP.(ET)				ENERGIA SOLAR (Ly)				TEMPERATURA MAX				TEMPERATURA MIN				TEMPERATURA PROM				HUMED.ATMOSFERICA			
	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A	MONT. I	MONT. II	S.VICEN T	HUAC A
MA Y	29.00	40.2	35.4	40.2	125	149	131	135	14,102	14,465	13,214	13,638	31.5	32.3	31.6	33.7	18.4	18.6	16.3	18.2	23.0	23.07	22.7	23.4	75.66	70.82	72.6	66.82
JUN	27.50	40.2	35.5	37.0	86	107	110	93	9,665	9,585	12,1	9,190	29.8	30.1	31.0	30.8	17.7	18.2	15.6	17.7	22.0	21.89	22.5	22.0	77.3	73.79	72.6	72.52
JUL	24.10	37.1	38.6	38.6	90	122	106	109	10,719	11,321	10,338	11,029	30.8	30.7	30.5	31.7	17.2	17.7	15.4	17	21.9	21.81	22.4	22.1	76.07	72.5	74.7	71.00
AGO	35.10	40.2	32.5	38.6	100	125	111	112	10,694	11,657	10,781	11,209	29.4	32.1	32.0	33.4	16.3	17.4	15.0	16.4	21.8	21.6	21.2	21.9	70.33	72.55	74.6	70.83
SEP	41.80	43.5	41.8	37.0	140	162	144	142	15,338	15,547	14,019	14,393	31.3	31.4	32.5	33.3	16.9	17.0	15.1	16.5	18.4	21.53	21.7	22.1	73.64	69.41	70.2	67.32
OC T	37.00	43.5	43.5	41.8	149	167	147	153	16,264	16,205	14,553	15,154	30.6	30.4	31.1	32.2	16.3	16.8	15.2	16.1	21.3	21.08	21.4	21.7	73.09	69.3	69.9	66.70
NO V	35.40	41.8	44.7	46.7	155	175	149	157	17,025	17,064	15,564	15,702	31.9	31.3	31.9	32.6	15.7	17.3	14.1	16.9	21.9	21.75	22.0	22.4	71.65	66.95	69.1	65.34
DIC	37.00	41.8	35.4	49.9	173	188	159	167	18,481	17,679	16,383	16,502	32.2	31.8	33.3	33.2	17.8	18.6	15.0	17.7	23.2	23.25	23.4	23.9	69.76	65.27	67.53	64.38
ENE	35.40	41.8	37.0	38.6	150	173	128	148	15,357	15,515	12,558	14,330	33.5	33.2	36.8	34.4	19.9	20.7	18.4	20.7	25.4	25.38	25.5	25.9	71.63	67.55	68.3	66.60
FEB	46.70	46.7	40.2	40.2	159	159	112	137	14,115	14,116	11,358	13,440	34.8	34	38.1	35.4	22.7	22.0	20.8	21.8	26.5	26.52	27.2	26.5	66.55	66.55	69.4	67.18
MAR	37.00	45.1	39.6	35.4	159	155	122	165	13,888	14,268	12,425	15,798	33.9	34.2	33.2	36.0	20.5	21.6	20.4	21.4	26.3	26.70	25.7	26.8	70.52	65.00	75.07	65.34
ABR	33.80	41.8	32.2	41.8	153	182	143	160	14,928	16,981	15,393	16,425	35.1	33.7	34.4	35.3	20.8	20.2	18.2	20.0	25.8	25.82	25.2	26.2	67.28	64.39	69.10	65.30
MAY	35.40	38.6	29.0	33.8	141	157	127	140	15,535	15,885	14,274	15,309	32.8	32.4	33.4	33.7	18.3	18.1	15.9	17.8	24.1	23.64	23.5	24.2	70.94	71.46	67.15	66.13

Referencia: Reportes de empresa Caña Brava, 2010

ANEXO 5.12.

Parámetros	Evaluación
pH	<p>En los 4 lugares de medición, los valores registrados del pH son similares entre sí. Las diferencias existentes dependen de las fechas de medición así como de las variaciones estacionales de la zona.</p> <p>Los valores obtenidos de los puntos monitoreados se muestran alcalinos, teniendo una variación muy ligera, debido a que son provenientes del mismo curso de agua como es el río Chira.</p> <p>De acuerdo a los Estándares de la GESTA Agua, los valores de pH que se presentan están dentro del rango permitido para el tipo de uso de aguas analizado.</p>
Conductividad Eléctrica	<p>En todos los casos los valores registrados de C.E. no sobrepasan el valor límite establecido. Según el muestreo realizado los registros de conductividad eléctrica dan como resultado 619 Micro Ohmio/cm en el Canal Sur, y 616 Micro Ohmio /cm en el Canal Norte, en cambio en el canal Daniel Escobar y en el río Chira los valores oscilan alrededor de los 295 Micro Ohmio /cm mucho menor que en los anteriores.</p> <p>La legislación nacional referente a actividades agroindustriales no indica límites de comparación. Sin embargo, se considera los Estándares de la GESTA Agua, que para el caso, no excede los estándares de calidad establecidos.</p>
Turbiedad	<p>En el muestreo realizado setiembre de 2007, los valores de turbidez que presentan el Canal Sur y Norte oscilan entre 2.7 y 3.91 NTU. Por el contrario los valores de turbidez muestreados durante abril de 2008 son mucho mayores que los mencionados, registrándose valores desde 106 hasta 322 NTU, esto se debe a que Abril es uno de los meses de la temporada de lluvias en la zona de Sullana.</p> <p>No se pueden realizar comparaciones con la legislación nacional, debido a que se carece de normativa.</p>
Sólidos Totales (suspensión)	<p>El registro de sólidos totales que presentan los canales Sur y Norte de agua evaluados, son 374 mg/L y 394 mg/L, respectivamente, el canal Daniel Escobar 300 mg/L., el río Chira en donde se registra el mayor valor (620 mg/L).</p> <p>No se pueden realizar comparación con legislación nacional, debido a que no se cuenta con ellas.</p>
Sólidos Totales Disueltos (180°C)	<p>Se registraron valores entre 365 mg/L y 384 mg/L; el último resultado le corresponde el Canal Norte y el valor más bajo al Canal Sur.</p> <p>Similar al caso anterior no se contempla este parámetro en la legislación nacional para agua con este uso.</p>
Oxígeno Disuelto (OD)	<p>En los canales Sur y Norte, los registros son de 7,0 mg OD/L y 7,1 mg OD/L respectivamente, Los valores registrados en El canal Daniel Escobar y el río Chira son ligeramente menores. Debido a que los niveles medidos están por encima del valor mínimo establecido por la Ley General de Aguas (Clase III), se concluye la existencia de una buena calidad del agua.</p> <p>Comparando los resultados con la propuesta técnica de los estándares de calidad de la GESTA Agua, los resultados no están dentro del rango 7.5 -9 mg OD/L.</p>

Parámetros	Evaluación
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ (20°C)	Los puntos monitoreados presentan valores muy por debajo de los valores máximos permisibles.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Los resultados de la DQO, son similares tanto para el Canal Sur y Norte (5 mg/L). En el canal Daniel Escobar y el río Chira los valores registrados son mayores que los anteriores oscilando entre 15 y 16 mg/L. No se pueden comparar con estándares de calidad ya que la legislación nacional carece de ellos.
Aceites y Grasas	<p>La situación actual sobre la presencia de aceites y grasas, en los puntos de monitoreo sobrepasan aproximadamente el 100% los límites máximos permisibles, tanto en el reglamento de la Ley General de Aguas, como de la Propuesta Técnica de la GESTA Agua.</p> <p>Se atribuye a los vertidos en centros urbanos y a las actividades económico - productivas a lo largo del río Chira y de los canales.</p> <p>No es agua apta para el consumo humano.</p>
Cobre	Los resultados que se registran se encuentran muy por debajo de los límites permisibles del Reglamento de la Ley General de Aguas, así como de la Propuesta Técnica de los Estándares de la GESTA Agua.
Plomo	Los valores encontrados para este elemento se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles tanto del Reglamento de la Ley, como de la Propuesta Técnica de los Estándares de la GESTA Agua.
Sulfuros	<p>Los niveles de sulfuros registrados (Canal Sur: 0,008 mg/L, Canal Norte: 0,005 mg/L y Río Chira: 0.006 mg/L) superan los límites permisibles, tanto del Reglamento de la Ley como de la Propuesta Técnica de los Estándares de Calidad de la GESTA Agua.</p> <p>Los valores registrados en el Canal Daniel Escobar (<0.001 mg/L) cumplen con los límites permisibles mencionados; sin embargo, en otro punto dentro del mismo canal (aguas abajo del primer punto) los niveles de sulfuros aumentan, excediendo el valor límite de 0.002 mg/L. Ello se debe a la presencia de materia orgánica y a su descomposición.</p>
Nitratos	<p>Los niveles de concentración de este parámetro superan los límites del Reglamento de la Ley General de Aguas más no la Propuesta Técnica de los Estándares de Calidad de la GESTA Agua.</p> <p>La presencia de un alta concentración de este parámetro puede deberse a la actividad agrícola de la zona (abonos utilizados tienen alto contenido de nitratos).</p>
Nitrógeno Amoniacal	Los resultados del monitoreo realizado presentan concentraciones bajas. No se pueden comparar con estándares de calidad por carecer de ellos la legislación nacional.
Cianuro Total	Las concentraciones del cianuro total son menores al valor inferior al señalado en los parámetros para el agua de los tipos I, II, V y VI (a 0,005 mg/L).
Arsénico	Las concentraciones registradas para el arsénico son menores a las indicadas en el Reglamento de la Ley General de Aguas y la Propuesta Técnica de Estándares de Calidad de la GESTA Agua.
Cadmio	Las concentraciones son inferiores en relación con la reglamentación nacional y a la Propuesta Técnica de Estándares de Calidad de la GESTA Agua.

Parámetros	Evaluación
Cromo	La concentración es menor que límite establecidos por la reglamentación nacional y la Propuesta Técnica de Estándares de calidad de la GESTA Agua.
Mercurio	Las concentraciones de mercurio en los Canales Sur y Norte, Daniel Escobar y el río Chira son inferiores a los estándares de la Propuesta Técnica de Estándares de Calidad de la GESTA Agua.
Coliformes Totales (35°C)	En el Canal Sur, Daniel Escobar y Río Chira, las concentraciones de los Coliformes totales son inferiores a los Límites establecidos en el Reglamento de la Ley General de Aguas para el agua de Categoría tipo III .El mayor contenido de Coliformes Totales lo presenta en río Chira (18×10^2 NMP/100 ml).
Coliformes Fecales (44,5°C)	Las mayores concentraciones de coliformes fecales se registran en el Canal Daniel Escobar (9.8×10^2 NMP/100 ml) y en el río Chira (8.5×10^2 NMP/100 ml). En ambas zonas se encuentra por debajo de los parámetros establecidos en la Reglamentación de la Ley General de Aguas.

Referencia: Estudio elaborado para la empresa Caña Brava, por ECSA Ingenieros, 2010.

ANEXO 5.13.

Parámetro	Unidad	E.I - E.T*	E.I. - S.T.**	Categoría 3 Riego Vegetales y bebidas de animales
Físicos - Químicos				
Bicarbonatos	mg/L	< 1.0	< 1.0	370 (1)
Carbonatos	mg/L	< 1.0	< 1.0	5 (1)
Cianuro total	mg/L	0.009	0.01	0.20 (1)
Cloruros	mg/L	2039.70	125	100 - 700
Conductividad eléctrica	Micro S/cm	11420	29700	<2000 (1)
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.02	< 0.02	0.1 (1)
DBO2	mg/L O2	13400	12460	15 (1)
DQO	mg/L O2	18782.20	20681.10	40 (1)
Fluoruro	mg/L	0.1	0.1	1 (1)
Fósforo total	mg/L P Total	-	-	
Fosfato	mg/L PO4	223.715	195.005	1 (1)
Nitritos	mg/L N-NO2	< 0.006	< 0.006	0.06 (1)
Nitrógeno nitrato	mg/L N-NO ₃ ⁻	< 0.06	< 0.06	10 (1)
Nitrógeno amoniacal	mg/L N-NH3	12.95	11.91	0.5 (1)
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	-	-	
Oxígeno disuelto	mg/L	6.2	4.9	≥4 (1)
Ph	Unidad de pH	3.55	3.7	6.5 - 8.5 (1)
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/L	1901	1094	
Sólidos totales disueltos	mg/L	11024	13146	1 (3)
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	2516.8	2400.3	300
Sulfuros	mg/L S ²⁻	< 0.002	< 0.002	0.05 (1)
Temperatura	°C	34.6	29.6	
Turbidez	NTU	1725	1310	
Orgánicos				
Aceites y grasas	mg/L	3	7.51	1 (1)
Fenoles	mg/L	< 0.0010	12.207	0.001 (1)
S.A.A.M	mg/L MBSA	< 0.025	< 0.025	1 (1)
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L	2.1118	1.511	5 (1)
Arsénico	mg/L	0.0026	0.0014	0.05 (1)
Cadmio	mg/L	0.0154	0.0128	0.005 (1)
Calcio	mg/L	273.031	354.485	200 (1)
Cobre	mg/L	0.2681	0.2511	0.2 (1)
Hierro	mg/L	7.9796	76.8306	1 (1)
Plomo	mg/L	< 0,0002	< 0,0002	0.05 (1)
Magnesio	mg/L	142.189	174.643	150 (1)
Manganeso	mg/L	1.6108	1.7968	0.2 (1)
Mercurio	mg/L	0.0013	0.0016	0.001 (1)

Níquel	mg/L	0.0276	0.0391	0.2 (1)
Sodio	mg/L	99.3377	109.17	200 (1)
Zinc	mg/L	0.4308	0.3506	2 (1)
Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	< 1,8	< 1,8	5000 (1)
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,8	< 1,8	1000 (2)

Fuente: Resultados de Inspectorate Services Perú S.A.C. - Tomado del Informe a la empresa Caña Brava y elaborado por ECSA Ingenieros, 2010

(1) D.S.N° 002-2008-MINAM- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

(2) Norma Chilena oficial N° 1.333, aprobada por D.S. del MOP N° 867/78 - Estándares

Nacionales de Calidad Ambiental según el Uso dado al Recurso.

(3) Normal de calidad de agua y control de descargas Norma Ag-CC-01

S.A.A.M. : Sustancias activas de azul de metileno

C.A.E: Extracto de columna de carbón activo por alcohol (según método de flujo lento)

* EI – ET: Efluentes Industriales a la Entrada del Tratamiento

** EI – ST: Efluentes Industriales a la Salida del Tratamiento

Apéndice 1

Morfología de la Caña de Azúcar⁸⁰

Propagación

Los trozos o secciones de los tallos, llamados “esquejes” o semillas, contienen una o más yemas, las cuales se localizan en la banda radicular del nudo; son tallos embrionarios, que consisten en un tallo en miniatura con hojas pequeñas.

Las hojas externas se disponen en forma de escamas; la escama de yema más externa tiene la forma de una capucha; normalmente existe una yema en cada nudo y las yemas se alternan a cada lado del tallo.

Las variaciones de la yema en cuanto a tamaño, forma y otras características permiten distinguir las diferentes variedades de caña. Cada esqueje se caracteriza por tener un círculo de pequeños puntos sobre el nudo, que corresponden a los primordios radiculares; cada uno de éstos tiene un centro oscuro, que es la cofia radicular, y un halo de color más claro.

En condiciones favorables, la yema brota y da origen a un tallo primario, mientras que de los primordios se generan las raíces de esqueje. Aproximadamente un mes después de la germinación, es decir, de la brotación de las yemas, la joven planta vive a expensas de las reservas presentes en el trozo de semilla y usa parcialmente el agua y los nutrientes suministrados por aquellas reservas.

Tallo

Se llama “caña triturable” y se desarrolla a partir de una yema del esqueje. Plantando el esqueje, cada yema puede formar un tallo primario; de éste nacen los secundarios, llamados “retoños”, que se forman de las yemas subterráneas del tallo primario. Sucesivamente, nuevos retoños pueden formarse de las yemas subterráneas de los tallos secundarios. El tallo está formado por segmentos llamados nudos y, a su vez, cada segmento está compuesto por un nudo y un entrenudo.

El nudo es la parte por la cual la hoja se conecta al tallo y donde están las yemas y los primordios radiculares. En él, se observa una cicatriz foliar en el punto donde cayó la hoja. La longitud y el diámetro de los nudos varían considerablemente entre las diferentes condiciones de cultivo. Los colores del tallo en la región de los entrenudos dependen de la variedad de caña y de las condiciones ambientales.

⁸⁰ Reproducido de <http://www.sugarcane crops.com>

Hojas

Están formadas por la vaina y el limbo, y separadas por la articulación de unión del limbo. El limbo o lámina cubre completamente el tallo y se extiende por casi todo el entrenudo. Generalmente están dispuestas en forma alternada a lo largo de los nudos, formando así dos flancos en lados opuestos.

En la unión del limbo se encuentran dos áreas triangulares llamadas ócreas o trozos ligulares. Las hojas se enumeran según el sistema de Kuijper. La primera hoja, desde el ápice hacia abajo que tiene ócreas visibles, se designa como +1. Hacia abajo reciben sucesivamente los números +2 y +3. La hoja superior con ócreas visibles es un tejido de diagnóstico que se utiliza frecuentemente en la evaluación del estado nutricional.

La Inflorescencia

Cuando la planta de caña de azúcar alcanza un desarrollo de relativa madurez, el ápice de crecimiento puede, bajo ciertas condiciones de fotoperíodo y humedad del suelo, pasar del estado vegetativo al reproductivo. Esto significa que el ápice de crecimiento deja de formar primordios foliares y comienza a formar la inflorescencia.

La inflorescencia de la caña de azúcar, o bohordo floral, es una panoja ramificada que se conoce como “flecha”, por lo que a la floración también se le llama “flechadura”. Cada flecha está formada por miles de pequeñas flores y cada una de éstas es capaz de producir una semilla, las cuales son extremadamente pequeñas; hay alrededor de 250 semillas por gramo o 113,500 por libra

La importancia económica de la inflorescencia es alta con vistas al cruce y producción de variedades híbridas, pero baja en lo que atañe a la producción comercial de la caña de azúcar.

El Sistema Radicular

El desarrollo del sistema radicular comienza después de la plantación de los esquejes con al menos una yema lateral. Las primeras raíces en formarse son las de esqueje y se caracterizan por ser muy finas y ramificadas; una de sus funciones es la de sostener a la planta en crecimiento durante las primeras semanas después de la germinación. Emergen como una banda de primordios radiculares sobre la cicatriz foliar de los nudos y aparecen normalmente, según la variedad, 24 horas después de la plantación.

El segundo tipo de raíces son las de tallo, las cuales emergen desde la base del nuevo tallo a los 5 – 7 días después de la plantación. Son más gruesas y carnosas que las de esqueje y se desarrollan hasta formar el principal sistema radicular de la planta. Las raíces de esqueje continúan creciendo por un período de 6-15 días después de la plantación y la mayoría desaparecen a los 60-90 días, a medida que el sistema de raíces de tallo se desarrolla y abastece con agua y nutrientes al tallo en crecimiento. A los 3 meses de edad, las raíces de esqueje son menos del 2% de la masa radicular total.

Inicialmente las raíces de esqueje tienen una tasa de elongación de unos pocos milímetros por día y, bajo condiciones favorables, pueden llegar a 20 mm/día a los pocos días de la germinación. Las raíces de tallo crecen más rápidamente, llegando a tener tasas de elongación máxima de hasta 80 mm/día, aunque por períodos cortos. Para períodos de 10 días, la tasa de crecimiento promedio de las raíces de tallo llega a 40 mm/día en suelos arenosos y 28 mm/día en suelos arcillosos.

Apéndice 2

Fases del ciclo de cultivo de la Caña de Azúcar⁸¹

Germinación

Esta fase va del trasplante a la completa germinación de las yemas. Generalmente se inicia entre 7 y 10 días, y dura aproximadamente de 30 a 35 días. Implica la activación y el brote de las yemas vegetativas.

La germinación de las yemas se ve afectada por factores externos e internos. Los externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo; los internos la sanidad de la yema así como la humedad, el contenido de azúcar reductor y el estado nutricional del esqueje.

La temperatura óptima para el brote oscila entre los 28 °C y los 30 °C; la temperatura mínima para la germinación es de 12°C. Para garantizar una buena germinación se precisa de suelo cálido, húmedo y con adecuada aireación.

Ahijamiento

La fase de ahijamiento comienza, por término medio, 40 días después de la plantación y suele extenderse hasta los 120 días. Es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario; entrega al cultivo el número adecuado de tallos que le permita obtener un buen rendimiento. Factores como la variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan al ahijamiento; de todos ellos, la luz es el de mayor incidencia.

Cada temporada, sólo los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos gruesos y pesados; los que se forman después mueren, se quedan cortos y/o inmaduros. La población máxima de retoños se alcanza entre los 90 y 120 días después de la plantación; en el rango de 150 a 180 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y así se puede determinar la población final.

El espaciamiento, la época de fertirrigación, la disponibilidad de agua y las malas hierbas también afectan al ahijamiento. Aunque se formen entre 6 y 8 retoños de una yema, sólo unos máximos de 2 retoños por yema llegan a formar cañas. El cultivo de socas produce más retoños tempranos que un cultivo de plantillas de caña.

⁸¹ Reproducido de <http://www.sugarcane.crops.com>

Gran Crecimiento

Esta fase se inicia 120 días después de la plantación y en un cultivo de 12 meses de duración se extiende hasta los 270 días. En su primera etapa proporciona estabilidad a los retoños; de todos éstos, sobreviven aproximadamente entre el 40% y el 50% y pasan a formar cañas triturables. Es la fase más importante del cultivo, ya que determina la formación y elongación real de la caña y también el rendimiento. Existe la formación frecuente y rápida de hojas y, en condiciones favorables, los tallos crecen rápidamente formando de 4 a 5 nudos por mes. El riego por goteo, la fertirrigación y la presencia de condiciones climáticas de calor, humedad y soleamiento favorecen una mayor elongación de la caña. El estrés hídrico reduce la longitud internodal. Temperaturas en torno a los 30°C y una humedad próxima al 80% son los parámetros recomendados para tener un buen crecimiento.

Maduración

La fase de maduración tiene un período aproximado de 3 meses en un cultivo de 12 meses de duración y se inicia transcurridos entre 270 y 360 días. En esta fase ocurre la síntesis y rápida acumulación de azúcar, así como una disminución del crecimiento vegetativo. A medida que aumenta la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) se convierten en azúcar de caña (sacarosa, que es disacárido); el proceso de maduración va de la base al ápice, y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta. Climas secos, luminosidad alta y elevadas variaciones diarias de temperatura (cielos claros, noches frescas y días calurosos) estimulan favorablemente esta etapa.

Apéndice 3

Parámetros de Calidad de Aire⁸²

Monóxido de Carbono CO.

(M): Se utiliza un método colorimétrico dinámico en un tren de muestreo. La metodología consiste en hacer reaccionar el CO con una solución alcalina.*

(PM): La solución coloidal resultante del (M) se analiza en un espectrofotómetro para determinar su absorbancia. Los valores obtenidos se expresan en microgramos por metro cúbico.

Dióxido de Azufre SO₂.

(M): Se utiliza un tren de muestro con la metodología West – Gaeke. El sistema dinámico del dispositivo está constituido por una bomba de succión, un controlador de flujo y una solución de captación de tetracloruromercurato sódico. El período de muestreo oscila entre 16 y 24 horas.

** Informe de Monitoreo Ambiental del Proyecto Agroindustrial Caña Brava, ECSA Ingenieros, 2010*

(PM): Los resultados obtenidos del análisis de la solución captadora se expresan en microgramos por metro cúbico.*

Dióxido de Nitrógeno NO₂.

(M): El NO₂ se determina haciendo burbujear el aire del muestreo realizado, con un flujo de 0.3 lpm, en una solución de arsenito de sodio con hidróxido de sodio. El período de muestreo oscila entre 16 y 24 horas.*

(PM): Los valores obtenidos mediante un análisis colorimétrico se expresan en microgramos por metro cúbico.

Partículas en suspensión PM₁₀

(M): Se utiliza un método gravimétrico. La toma de muestras se lleva a cabo con un equipo de alto flujo del tipo HI-Vol, cuyo motor de aspersión succiona el aire del ambiente y lo acelera,

⁸² Informe de Monitoreo Ambiental del Proyecto Agroindustrial Caña Brava, ECSA Ingenieros, 2010

mediante un sistema separador de partículas, hasta un filtro, el cual retiene las que tienen un diámetro aerodinámico menor a 10 micrones. El período de muestreo puede variar entre 16 y 24 horas.*

Partículas en suspensión PM_{2.5}

(M): El equipo utiliza un muestreador de bajo volumen en el que la bomba de vacío, el motor y la válvula generan un flujo volumétrico de aire constante y lo aceleran hasta un filtro con capacidad de retención de partículas de un tamaño inferior a 2,5 micrones. Este proceso se desarrolla entre 16 y 24 horas.*

(PM) de partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2.5}

La determinación de estos valores se realiza en condiciones normales de presión y temperatura (760 mmHg y 25°C). EL método utilizado para el análisis es el de gravimetría, en el cual se relaciona el peso de la masa recolectada con el volumen del aire de la muestra. Las unidades de concentración se expresan en microgramos por metro cúbico.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AGUINAGA J, (2006). Situación de la Geotermia en Perú. Lima, MEM, Dirección General de Electricidad. Atlas de Energía Solar del Perú (SENAMHI 2003) /COVIELLO M. (2006).

CEPAL y la Geotermia en Perú. Santiago de Chile: CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura

ANA, Autoridad Nacional del Agua. Informe para Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua 2011. / Diagnóstico de la Gestión de la oferta de cuencas Chira – Piura, ANA. Instituto Nacional de Desarrollo - Ministerio de la Presidencia Piura – Julio 2001. <http://www.ana.gob.pe/> Acceso: junio 2013

B6156, Bioetanol de caña de azúcar : energía para el desarrollo sostenible / coordinación BNDES y CGEE. – Rio de Janeiro : BNDES, 2008.

BATTOCLETTI, L. Geothermal resources in Latin America & the Caribbean. Livermore: SNL, Sandia's California Laboratory. 1999

BNDES y CGEE, Bioetanol de caña de azúcar, Río de Janeiro 2008

BRACK, A. Las ecorregiones del Perú. Boletín de Lima N° 44. LIMA, 1986

CASTRO, M.; SANCHEZ, C. Biocombustibles. Monografías técnicas de energías renovables. Progensa. España. 1997

CENERGIA . Oficina Técnica de Energía – MEM. 2004, Diagnóstico de la situación actual del uso de la energía solar y eólica en el Perú. Lima 2004

CENERGIA. (2004). Diagnóstico de la situación actual del uso de la energía solar y eólica en el Perú. Lima: MEM, Oficina Técnica de Energía

CIEMAT. Análisis Del Ciclo De Vida De Combustibles Alternativos Para El Transporte,

España 2005

CIRCE. Evaluación de la biomasa residual es Huesca, mayo 2006. Referencia: Félix de Azara

Coello Guevara, Javier – Castro Pareja, Paula. Biocombustibles, agua y agricultura en los Andes. Foro Andino del Agua y Alimentación, Bogotá – Colombia, 2008

CONAE. Comisión Nacional para el Desarrollo de Ahorro y Energía. México, 2006. <http://www.conae.gob.mx> Acceso: agosto 2009

CRESESB/UFPE/CHESF. Atlas solarimétrico do Brasil. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) y Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf). Recife: UFPE, 2000

CUBA S, F & ITA M, N. “Guía Climática Turística” – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI), Ministerio de Medio Ambiente. Julio 2008.

DE GEUS, J.G. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Centre d’Eutude de l’Azote. Zurich, 1967

DE JUANA, J.M - SANTOS, F - CRESPO, A - HERRERO, M.A - DE FRANCISCO, A - FERNANDEZ, J. Energías Renovables Para el Desarrollo, España 2005

Dictamen 2002 – 2003, “El Transporte En Perú, El lirsa Y La Necesidad Del Plan Estratégico De Desarrollo Vial”. Lima 2003

DINERSTEIN, E.; D. OLSON; D. GRAHAM; A. WEBSTER; S. PRIMM; M. BOOKBINDER & G. LEDEC. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF y Banco Mundial. Washington, DC, 1995

ELIA NETO, Meio ambiente e setor sucroalcooleiro. “Canasul 2007, I Congresso da Cadeia Produtiva da Cana-de-Açúcar em Mato Grosso do Sul”, Campo Grande, 2007
ESF. “ENERGÍA Y DESARROLLO HUMANO” Ingeniería Sin Fronteras” España 2008

F. O. Licht, 2009. <http://www.ethanolrfa.org/page/>-

/objects/pdf/outlook/RFA_Outlook_2009.pdf?nocdn=1 Acceso: setiembre de 2010

FAO, 30ª Conferencia Regional De La Fao Para América Latina Y El Caribe “Oportunidades Y Desafíos De La Producción De Biocombustibles Para La Seguridad Alimentaria Y Del Medio Ambiente En América Latina Y El Caribe”, Brasilia – Brasil, Abril 2008

FAO, Bioenergía, Seguridad Y Sostenibilidad Alimentarias: Hacia El Establecimiento De Un Marco Internacional, junio 2008 (a).

FAOSTAT. Sugar cane production. <http://faostat.fao.org>. Acceso en: diciembre, 2010.

GONZALES DE OLARTE, E. “Pobreza, desigualdad y desarrollo en el Perú” Informe anual 2007 – 2008. Perú 2009

GPC – GLOBAL PETROLEUM CLUB. Oil from algae. Global Petroleum Club, 2010. Disponible en: <http://www.globalpetroleumclub.com>. Acceso: enero 2011

GREEN ENERGY. (2005). Estudio para la promoción de la generación eléctrica con fuentes de energía renovable. Lima: MEM, Dirección General de Electricidad

GUZMÁN M, O. “Eficiencia energética. Un panorama regional”. Argentina 2009

HALL, D. O. & RAO, K. Photosynthesis. 6a. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1999

IDAE, Biocarburantes en el Transporte, Madrid 2006

IGN. Instituto Geográfico Nacional. Ecorregiones del Perú. LIMA, 1987

IICA, Seguridad Alimentaria. Disponible en <http://www.iica.int/Esp/conocimiento/actualidad/Documents/Definici%C3%B3n%20de%20Seguridad%20Alimentaria%20Esp.pdf> Acceso: Abril 2011

IHHS, UDEP. Informe Estudio Hídrico del Río Chira, 2008.

INEI 2008b. Perú, Indicadores Demográficos - Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2008). Disponible en <http://www1.inei.gob.pe/perucifrasHTML/inf-dem/cua1.htm>, acceso: 05/03/2009.

INEI. Informe Censo Nacional 2007. Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2008). Disponible en <http://www1.inei.gob.pe/perucifrasHTML/inf-dem/cua13.htm> y <http://www1.inei.gob.pe/perucifrasHTML/inf-dem/cua12.htm> Acceso: marzo, 2009

JANICK, J. Sugarcane. Tropical Horticulture, Purdue University. Disponible en: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_21/sugarcane_R.html Acceso: Diciembre 2010

JANSSENS, M. J. J. et al. The role of photosynthesis and bio-productivity on bioenergy yields. Bonn: University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation, 2007

LARRAÍN S. & PAZ. M “Política Energética en América Latina: Presente y Futuro”. Programa Chile Sustentable. Chile 2008.

MACHADO, M.M. CRISTINA. Situación de los Biocombustibles de 2da. y 3era Generación en América Latina y El Caribe, 2010.

MEM – “Sector Energético de Perú” (Pág. 04). Perú 2008

MEM 2002. “Atlas Minería y Energía en el Perú 2001”. Lima 2002

MERINO A & GARCÍA R. “Fuentes estadísticas de utilización de la energía y comparación por países”, Revista de Estadística y Sociedad, Nº 7, 2004 (Pág. 6-7)

MILLAR, C.E. Fertilidad del suelo. México 1964

MTC Organigrama Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Accedido, diciembre 2008. <http://www.mtc.gob.pe/portal/home/transparencia/organigrama.htm> Acceso: julio 2009

NATAFIM. <http://www.sugarcane crops.com> Acceso: diciembre 2010

ONU. Bioenergía Sostenible: Un marco para la toma de decisiones, ONU 2007. (<http://www.oei.es/decada/biocombustible.pdf>) Acceso: Agosto 2009

PANIAGUA SOLAR, LAURA ALICIA. Estudio De La Producción Y Combustión Del Biogás Generación De Biogás A Partir Del Desecho Del Café. México, 2013. Referencia: E.Ryckebosch, M Drouillon, Vervaeren 2011.

PISTONESI, H. Experiencia de Fundación Bariloche en trabajos de Política, Prospectiva y Planificación Energética. Instituto de Economía Energética Asociado a Fundación Bariloche. Argentina 2006.

QUINTERO DURÁN R, Fertilización y nutrición – El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995, p. 153 - 177

SÁNCHEZ F, ORREGO - R. Promoción del mercado de biocombustibles en el Perú. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2007

SENAMHI & MEM. “Atlas Solar de Perú”. Perú 2003

SENAMHI. (2003). Atlas de Energía Solar del Perú. Lima: MEM, Dirección Ejecutiva de Proyectos

TISDALE, S.L. – NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers, New York 1966

TOKMAN R, M. “Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando La Crisis energética en una Oportunidad Política” Chile 2008.

TRUJILLO J. 2007. Desarrollo de cultivos alternativos para la producción de biocombustibles. Ponencia en el Seminario Internacional Desarrollo de Cultivos Alternativos para la Producción de Biocombustibles. Lima: DEVIDA, Embajada de Brasil en el Perú y Petroperú, 10 y 11 de mayo de 2007.

VELÁSQUEZ J. (2007a). Mapa Eólico Preliminar del Perú. Lima: ADINELSA

ZARRILLI, S. EL MERCADO EMERGENTE DE BIOCOMBUSTIBLES: CONSECUENCIAS
NORMATIVAS, COMERCIALES Y DE DESARROLLO, Conferencia de las Naciones Unidas
sobre Comercio y Desarrollo, New York 2006].
http://unctad.org/es/Docs/ditcted20064_sp.pdf Acceso, Agosto 2009