

# Bioenergía y seguridad alimentaria "BEFS"

El análisis de BEFS para el Perú



Compendio técnico  
Volumen II  
Metodologías







# Bioenergía y seguridad alimentaria "BEFS"

El análisis de BEFS para el Perú

Compendio técnico

Volumen II

Metodologías

Editado por: Erika Felix y Cadmo Rosell



Las conclusiones presentadas en este reporte son consideradas apropiadas en relación al período de preparación del mismo. Estas pueden ser modificadas o alteradas en base a nuevos conocimientos obtenidos en fases posteriores del proyecto.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la FAO.

ISBN [insertar número]

Todos los derechos reservados. La FAO fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas. Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular la FAO y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse por escrito al

Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicaciones  
Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy  
o por correo electrónico a:  
copyright@fao.org

© FAO 2010

## PRÓLOGO

Bioenergía, y especialmente los biocombustibles, han sido promovidos como un medio para fortalecer la independencia energética, promover el desarrollo rural y reducir los efectos de las emisiones de gases de invernadero. En principio, el desarrollo de la bioenergía ofrece muchos beneficios pero estos deben ser balanceados con los impactos sobre la seguridad alimentaria y el ambiente. Por un lado ha habido urgencia por parte de muchos gobiernos para desarrollar alternativas a los combustibles fósiles, pero esto a menudo ha sido hecho con una cierta falta de comprensión del costo total y los beneficios de la bioenergía. En este contexto, la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), con la contribución del Ministerio de Alimentación, Agricultura y Protección al Consumidor de la República Federal de Alemania, ha ejecutado el proyecto Bioenergía y Seguridad Alimentaria (BEFS) a fin de evaluar cómo el desarrollo de la bioenergía puede ser implementado sin poner en peligro la seguridad alimentaria.

El proyecto BEFS tiene características únicas y, en muchos aspectos, se adelanta en el tiempo. Por lo general los proyectos enfocan en un solo tema, pero BEFS busca el enfoque del problema de la seguridad alimentaria en una forma integrada. El proyecto entendió que la promoción de la seguridad alimentaria por medio de la bioenergía o de cualquier otro instrumento no puede ser hecho de forma unidimensional. Al contrario, es necesario equilibrar los numerosos elementos que tienen un efecto directo sobre la bioenergía y la seguridad alimentaria y considerarlos en forma conjunta para llegar a un grupo de consideraciones que reflejen en mejor forma la realidad y puedan apoyar las líneas políticas de manera significativa. El proyecto desarrolló un marco de análisis que comprende una evaluación global del desarrollo de la bioenergía y la seguridad alimentaria. Este marco analítico ha sido implementado en Perú, Tailandia y Tanzania.

El análisis presentado en este documento describe la implementación del Marco Analítico BEFS en Perú. El análisis proporciona una puerta de entrada a los temas que conciernen bioenergía y seguridad alimentaria. Los resultados que surgen del análisis no deberían ser considerados como definitivos sino que proporcionan indicaciones sólidas para identificar prioridades políticas. Como parte de las actividades del proyecto se capacitó personal nacional en el uso de las herramientas de BEFS de modo que el análisis pueda ser repetido y extendido para reflejar las políticas prevalentes y también para apoyar ajustes a esas políticas a medida que evoluciona el sector de la bioenergía.



**Roberto Cuevas García**  
Representante de la FAO en Perú



**Heiner Thofern**  
Coordinador del proyecto BEFS FAO en Roma

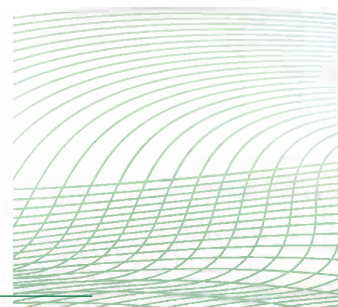
## AGRADECIMIENTOS

Dado el carácter multidisciplinario de los temas sobre bioenergía y seguridad alimentaria este trabajo no hubiera sido posible sin la contribución de un gran número de personas, provenientes de diferentes instituciones, agencias y ONG. Si bien la lista de colaboradores del proyecto es larga, no es posible dejar sin mencionar el apoyo fundamental que brindaron el Dr. Heiner Thofern y el Dr. Roberto Cuevas. Asimismo, se reconoce la valiosa contribución de los expertos del equipo nacional BEFS Perú en la preparación de este documento: Víctor Barrena, Marianella Crispín, Jaime Fernández-Baca, Henry García, Jaime Gianella, Ana Cecilia Gutiérrez, Salomón Helfgott, Cayo Ramos Taipe, Alfredo Rivera, Silvana Vargas y el Laboratorio de Telemetría de la Universidad Nacional de la Molina Juan Carlos Ocaña, Roxana Guillén, Ethel Rubín de Celis..

La contribución de los varios entes peruanos, gobierno, instituciones públicas y privadas, instituciones académicas e individuos, quienes suministraron información necesaria para la realización de los estudios técnicos, retroalimentaron la elaboración de los reportes técnicos y de política y participaron activamente en el dialogo auspiciado por el proyecto. También hacemos un reconocimiento al Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de la Producción y el Instituto Nacional de Estadística e Informática por su valiosa participación durante la realización del proyecto. Asimismo, agradecemos la participación de la comunidad peruana en los seminarios técnicos realizados por el proyecto en Lima Perú durante los meses de febrero y abril 2010, así como la consulta nacional realizada en Lima en mayo de 2010.

Por último un sincero agradecimiento al personal de las Oficinas de FAO, en el Perú y en la Sede de Roma, por la asistencia técnica brindada para la realización del proyecto, a través de Manuel Villavicencio, Erika Felix, Yasmeeen Khwaja, Irini Maltsoyglou, Mirella Salvatore, David Dawe, Miguel Trossero, Fernando Chanduví, Peter Wobst, Carlos Ariel Cardona Alzate, Luca Tasciotti, Noelia Flores, Mario Bloise, Michela Marinelli, Jazmine Casafranca, Alberto García, así como a David Laborde y Perrihan Al-Riffai del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). También, expresamos nuestra gratitud a Stephanie Vertecchie, Antonella Pallaoro, Paola Correa, Walter Coronado y Ursula Moscoso por su apoyo administrativo para la realización de este reporte. Fredy Salazar y Ligia Calderón por su asistencia en aspectos de comunicación y disseminación.

Los estudios de este reporte fueron realizados bajo el marco del Proyecto de Bioenergía y Seguridad Alimentaria (GCP/INT/020/GER), con la financiación del Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor (BMELV) de Alemania.



# ÍNDICE

1	<b>1. INTRODUCCIÓN</b>
5	<b>2. METODOLOGÍA APLICADA EN EL DESARROLLO DEL REPORTE DE LA OCDE-FAO <i>PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS</i></b>
5	2.1 INTRODUCCIÓN
5	2.2 LA ELABORACIÓN DE OCDE-FAO <i>PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS</i>
6	2.3 EL MODELO
7	2.4 FUENTES Y SUPUESTOS PARA LAS PROYECCIONES MACROECONÓMICAS
8	2.5 LA REPRESENTACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL AGLINK-COSIMO
11	<b>3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE APTITUD DE TIERRAS (EAT)</b>
11	3.1 INTRODUCCIÓN
11	3.2 LA METODOLOGÍA EAT
14	3.2.1 Tipo de uso de tierras
14	3.2.2 Inventario de recursos de tierras
15	3.2.3 Criterios de evaluación de aptitud y el índice de aptitud
17	3.2.4 La disponibilidad de tierras
17	3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA EAT EN PERÚ
18	3.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE APTITUD DE TIERRAS EN PERÚ
29	<b>4. METODOLOGÍA APLICADA EN EL ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS BIOENERGÉTICOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL SISTEMA CHIRA</b>
29	4.1 INTRODUCCIÓN
30	4.2 OFERTA HÍDRICA
30	4.2.1 Estaciones hidrométricas
31	4.2.2 Serie de tiempo de las descargas

34	<b>4.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA</b>
34	4.3.1 Demanda hídrica agrícola
41	4.3.2 Demanda hídrica poblacional
42	4.3.3 Demanda hídrica ambiental
42	4.3.4 Pérdidas en los canales
43	<b>4.4 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y RIESGO DEL SISTEMA</b>
43	4.4.1 Falla
44	4.4.2 Confiabilidad
44	4.4.3 Resiliencia
45	4.4.4 Vulnerabilidad
45	<b>4.5 MODELAMIENTO HIDROLÓGICO</b>
45	4.5.1 Generalidades
45	4.5.2 Descripción del modelo
46	4.5.3 Formulación del modelo
48	4.5.4 Calibración del modelo
53	<b>5. METODOLOGÍA APLICADA EN EL ANÁLISIS DE RECURSOS DE BIOMASA LEÑOSA Y DE RESIDUOS PARA USO COMBUSTIBLE</b>
53	<b>5.1. INTRODUCCIÓN</b>
54	<b>5.2. HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA</b>
56	<b>5.3. MATERIALES</b>
56	5.3.1 Base cartográfica administrativa de análisis
56	5.3.2 Información utilizada
57	<b>5.4 MÉTODOS</b>
57	5.4.1 Definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis
59	5.4.2 Desarrollo del módulo de oferta
59	5.4.2.1 Oferta directa
72	5.4.2.2 Oferta indirecta
73	5.4.2.3 Mapas finales de oferta
74	<b>5.5 DESARROLLO DEL MÓDULO DE DEMANDA</b>
74	5.5.1 Estimación del consumo de biomasa para energía
84	5.5.2 Cartografía del estimación del consumo de biomasa para energía
85	5.5.3 Mapas finales de demanda
85	<b>5.6 DESARROLLO DEL MÓDULO DE INTEGRACIÓN</b>



131	<b>6. METODOLOGÍA APLICADA EN ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL EN BASE A PROCESOS DE INGENIERÍA: APLICACIÓN A ESTUDIOS DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS</b>
131	<b>6.1 INTRODUCCIÓN</b>
131	<b>6.2 DETERMINACIÓN DE COSTOS</b>
131	6.2.1 Determinación de costos de producción de materia prima
134	6.2.2 Costos de materia prima
136	6.2.3 Precios de la materia prima puesta en planta
136	<b>6.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS</b>
137	6.3.1 Fuentes de los datos
139	6.3.2 Base de datos de las propiedades físico-químicas
141	<b>6.4 ESQUEMAS DE CONVERSIÓN INDUSTRIAL</b>
141	6.4.1 Jugo de caña a etanol
141	6.4.2 Etanol a partir de melaza de caña
142	6.4.3 Biodiesel a partir de palma aceitera y piñón
142	<b>6.5 PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN</b>
145	<b>6.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS</b>
161	<b>7. ANÁLISIS ECONÓMICO GENERAL USANDO UN MODELO GENERAL DE EQUILIBRIO</b>
163	<b>8. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE IMPACTO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA A NIVEL HOGAR EN PERÚ</b>
163	<b>8.1 INTRODUCCIÓN</b>
164	<b>8.2 ANTECEDENTES METODOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS NETOS SOBRE EL BIENESTAR FAMILIAR</b>



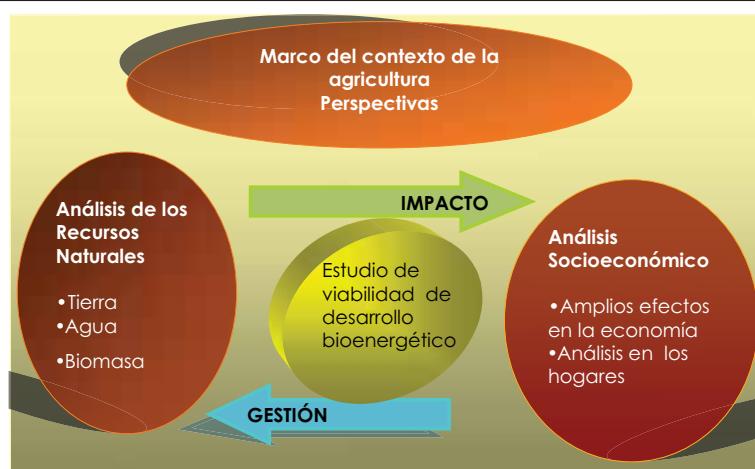
La principal preocupación de los países en desarrollo relacionada con la evolución de los sectores de la bioenergía es el impacto potencial que puedan tener sobre la seguridad alimentaria, la agricultura sostenible y el desarrollo rural. En el Perú, a pesar de que la agricultura contribuye sólo con el ocho por ciento del producto bruto interno (PBI), es un sector crítico para la reducción de la pobreza ya que una parte importante de la población depende de este sector como su medio de vida, ingresos y seguridad alimentaria. Por tal motivo, es necesario que el desarrollo actual y futuro de la bioenergía y cómo este desarrollo puede positiva o negativamente afectar a la seguridad alimentaria, se analicen en forma integrada para poder, *a priori*, identificar los potenciales beneficios y riesgos que pueda presentar para el país. Las conexiones entre la seguridad alimentaria y la producción de la bioenergía están definidas, en parte, en competencia con las demandas sobre los recursos naturales tales como la tierra productiva, el agua y el potencial de la biomasa de los residuos forestales y agrícolas para uso combustible. Esto es importante ya que las poblaciones de menores recursos son las que dependen de sus tierras, bosques y recursos hídricos para su seguridad alimentaria. Para el desarrollo del sector bioenergético también se debe considerar si y cómo los pequeños productores agrícolas pueden desempeñar un papel importante en este nuevo sector. Asimismo, los efectos socioeconómicos de este nuevo sector, a nivel macro y micro, deben ser debidamente considerados ya que tienen implicancias importantes en el desarrollo económico del país, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza.

El Proyecto FAO *Bioenergía y Seguridad Alimentaria* (GCP/PER/020/GER) ha diseñado un marco analítico que incorpora metodologías claras y reproducibles para evaluar el potencial de la bioenergía en un marco global centrado en la seguridad alimentaria. Estas herramientas metodológicas permiten evaluar aspectos técnicos para establecer las conexiones entre la seguridad alimentaria y la bioenergía. Esto contribuye a identificar la forma en que se puede realizar un modelo que se incorpora a las estrategias de desarrollo y de reducción de la pobreza y mantiene como primordiales las necesidades alimentarias de personas vulnerables. Este marco analítico ha sido contextualizado en el Perú en base a cuestiones ecofisiográficas, técnicas y socioeconómicas relevantes para la agricultura y la bioenergía en el país (Figura 1.1). Las herramientas en su conjunto ofrecen un enfoque integral y sistémico para apoyar los procesos de creación de políticas y toma de decisiones en base a la participación de los múltiples sectores y actores peruanos involucrados.



Figura 1.1

## Marco Analítico BEFS Perú



El uso de las herramientas de gestión analítica y de conocimiento del proyecto BEFS proporcionará una guía técnica necesaria para asegurar que el desarrollo rural, la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria sean el elemento central para el desarrollo de políticas de bioenergía. Las herramientas de BEFS proveen también una plataforma para apoyar los procesos de diálogo que son necesarios para el desarrollo de cualquier política.

El marco del proyecto tiene como meta la institucionalización de las herramientas de análisis BEFS en los diversos sectores para garantizar que la seguridad alimentaria sea considerada en el marco del desarrollo de las políticas nacionales de bioenergía. Uno de los objetivos es el fortalecimiento de la capacidad del país en la gestión de la bioenergía y seguridad alimentaria a través del uso de las herramientas BEFS.

En primer lugar cabe enfatizar que en el caso del Perú la aplicación de las herramientas de análisis del proyecto BEFS ha sido realizada en su mayoría por especialistas peruanos. Esto ha permitido en una primera instancia iniciar el desarrollo de la capacidad nacional sobre el conocimiento y uso de las herramientas, lo cual es de suma importancia ya que de esta forma el conocimiento queda en el país para dar continuidad y apoyo en el uso de las herramientas.

El proyecto está realizando la transferencia de herramientas a través de sesiones específicas de capacitación y la entrega de materiales electrónicos y bases de datos asociadas con el uso de las herramientas. Posteriormente, dichas herramientas de análisis estarán a disposición de las instituciones peruanas para su adecuación, expansión y aplicación a otros casos pertinentes para responder a las necesidades del país.

El objetivo principal del reporte Compendio Técnico titulado *Bioenergía y Seguridad Alimentaria: Aplicación del Análisis de BEFS en Perú* es demostrar como la utilización, a través del uso de estas herramientas, puede retroalimentar y guiar la planificación de

políticas bioenergéticas para definir modelos de gestión en los cuales se base la optimización de los beneficios y la minimización de los riesgos que este desarrollo conlleve. Los análisis técnicos presentados en este reporte deben ser vistos desde una óptica de análisis de entrada o base y, sobre todo, demostrativo de las herramientas del análisis.

El Compendio Técnico incluye dos volúmenes. En el Volumen I titulado *Bioenergía y Seguridad Alimentaria: Aplicación del Análisis de BEFS en Perú: Resultados y Conclusiones* se describen los resultados técnicos obtenidos por cada estudio temático. En el Volumen II titulado *Bioenergía y Seguridad Alimentaria: Aplicación del Análisis de BEFS en Perú: Metodología* se detallan las herramientas o metodologías utilizadas en cada estudio.

El Volumen I del Compendio Técnico tiene como objetivo resumir los resultados y las conclusiones técnicas de cada uno de los análisis. Este compendio no requiere una amplia base de conocimientos técnicos y está enfocado a una audiencia general.

El Volumen II del Compendio Técnico tiene como objetivo presentar a nivel más profundo los detalles metodológicos y está diseñado para una audiencia de expertos técnicos.

Ambos reportes están organizados en ocho Capítulos de acuerdo a áreas temáticas de estudio. El Capítulo II está relacionado con una investigación sobre las perspectivas del desarrollo de la agricultura en el Perú y se basa en el estudio que realizan la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico<sup>1</sup> y la FAO a nivel mundial. El Capítulo III presenta el estudio sobre la identificación y la localización de áreas aptas para la producción de cultivos de bioenergía bajo diferentes sistemas de producción agrícola y niveles de utilización de insumos; para ello se utilizó una metodología basada en Zonificación Agro Ecológica. En el Capítulo IV se demuestra la aplicación de la metodología del sistema de evaluación y planificación de recursos hídricos, WEAP<sup>2</sup> para investigar los efectos que un incremento de la producción de cultivos bioenergéticos puede tener sobre la disponibilidad de recursos hídricos. El Capítulo V detalla la investigación sobre recursos de biomasa a partir de residuos para uso combustible, donde se aplicó la metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles, WISDOM<sup>3</sup>. El Capítulo VI investiga los costos de producción de biocombustibles en el Perú en base a una dimensión social y se basa en la aplicación de Ingeniería de Procesos para análisis medioambientales y tecno-económicos en biocombustibles, PENTA<sup>4</sup>. El Capítulo VII presenta un resumen de las características sobre los efectos del desarrollo de Biocombustibles sobre la Economía Nacional utilizando un modelo de equilibrio general computado. El Capítulo VIII presenta la evaluación del impacto a nivel de hogares que puede generar los cambios de precios de los alimentos en base a un análisis a nivel de hogar.

---

1 OECD Organization for Economic Co-operation and Development

2 WEAP Water Evaluation and Planning

3 WISDOM Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

4 PENTA Process Engineering For Environment and Techno-Economical Analysis: an Application to Biofuels



# METODOLOGÍA APLICADA EN EL DESARROLLO DEL REPORTE DE OCDE-FAO PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS<sup>5</sup>

Equipos de trabajo de la OCDE y FAO

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección proporciona información sobre los aspectos metodológicos de la elaboración de las *Perspectivas agrícolas*. Se analizan los principales aspectos en el siguiente orden. En primer lugar, una descripción general de las proyecciones agrícolas de referencia y las *Perspectivas*. En segundo lugar, se analiza con mayor detalle la compilación de un conjunto consistente de las asunciones sobre las proyecciones macroeconómicas. En tercer lugar se presenta un importante elemento del modelo que ha sido mejorado para estas *Perspectivas*, es decir, la representación de los costos de producción en las ecuaciones de oferta del modelo.

## 2.2 LA ELABORACIÓN DE OCDE-FAO PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS

Las proyecciones presentadas y analizadas en este documento son el resultado de un proceso que reúne información de un gran número de fuentes. El uso de un modelo desarrollado en conjunto por los Secretariados de la OCDE y de la FAO, con base en el modelo Aglink de la OCDE y ampliado por el modelo COSIMO de la FAO, facilita la coherencia del proceso. Sin embargo, varios criterios de expertos se aplican en varias etapas del proceso de las *Perspectivas*. *Perspectivas agrícolas* brinda una evaluación única y unificada, considerada plausible por los Secretariados de la OCDE y de la FAO dadas las asunciones subyacentes, el procedimiento de intercambio de información descrito a continuación y la información a la cual tuvieron acceso.

El punto de partida del proceso de las *Perspectivas* es la respuesta de los países miembros de la OCDE (y de algunos no pertenecientes a la Organización) a un cuestionario anual. Por medio de estos cuestionarios, el Secretariado de la OCDE obtiene información sobre estos países acerca de las futuras evoluciones de los mercados de productos y de sus políticas agrícolas. Esta información es complementada por el Secretariado de la FAO para sus miembros que no forman parte de la OCDE. También se utilizan fuentes externas, como el Banco Mundial y la ONU, para completar la visión de las principales fuerzas económicas que determinan los desarrollos de los mercados. Esta parte del proceso se orienta a crear una primera conceptualización de las posibles evoluciones del mercado y establecer las

5 Los materiales relacionados con la metodología presentada en este documento fueron proporcionados por cortesía de la OECD en base a la publicación de OCDE-FAO *Perspectivas Agrícolas* 2008-2017.

Para detalles acerca del modelaje de biocombustibles en el Aglink-Cosimo y un análisis detallado de los impactos en el mercado de las políticas de biocombustibles, véase OECD/IEA Economic Assessment of Biofuel Support Policies (París, OECD) (en preparación).



asunciones clave que condicionan las *Perspectivas*. Las principales asunciones económicas y de políticas se resumen en el capítulo “*Asunciones macroeconómicas y de políticas*” y en cuadros de productos básicos del presente. Las principales variables macroeconómicas supuestas para el período de las *Perspectivas* se basan en las proyecciones a mediano plazo de diciembre de 2007 del Departamento de Economía de la OCDE para los países miembros de la Organización, así como en *Global Economic Prospects* del Banco Mundial para otros países. A pesar de que algunas veces son diferentes de las asunciones macroeconómicas proporcionadas en las respuestas a los cuestionarios, se consideró preferible usar sólo dos fuentes consistentes para estas variables. Las fuentes y las asunciones para las proyecciones macroeconómicas se analizan en mayor detalle más adelante.

Como siguiente paso, el marco del modelo desarrollado en conjunto por los Secretariados de la OCDE y de la FAO se utiliza para facilitar una integración coherente de esta información y para derivar un conjunto inicial de proyecciones globales de mercado. Además de las cantidades producidas, consumidas y comercializadas, el nivel de referencia incluye también proyecciones para precios nominales (en moneda local) para los productos en cuestión. A menos que se especifique lo contrario, los precios mencionados en el texto se encuentran también en términos nominales. La serie de datos para las proyecciones se extrajo de las bases de datos de la OCDE y de la FAO. La mayoría de la información contenida en estas bases de datos se tomó de fuentes estadísticas nacionales. Para mayores detalles sobre las series particulares, las consultas deberán enviarse a los Secretariados de la OCDE y de la FAO.

### 2.3 EL MODELO

El modelo proporciona una representación económica y de política dinámica y amplia de los principales países productores y comercializadores de los productos más importantes de zona templada, así como también arroz y aceites vegetales. El Modelo Mundial del Azúcar, que anteriormente era un modelo único separado del Aglink se modificó y se integró por completo al sistema de modelaje Aglink-Cosimo. A partir del modelo integrado, se desarrolló un conjunto de proyecciones de referencia a largo plazo para los mercados mundiales y de la OCDE del azúcar, que cubre azúcar sin refinar y azúcar blanca (o refinada). Además, se han desarrollado modelos de biocombustibles amplios y totalmente integrados para varios países miembros de la OCDE, así como para varios países en desarrollo<sup>6</sup>.

Los módulos Aglink y Cosimo nacionales y regionales son todos desarrollados por los Secretariados de la OCDE y de la FAO, en conjunto con expertos de los países y, en algunos casos, con ayuda de otras instituciones nacionales. Los resultados iniciales del nivel de referencia se comparan con los obtenidos en las respuestas de los cuestionarios y los temas que surjan se analizan en intercambios bilaterales con los expertos de los países.

<sup>6</sup> Para detalles acerca del modelaje de biocombustibles en el Aglink-Cosimo y un análisis detallado de los impactos en el mercado de las políticas de biocombustibles, véase OECD/IEA *Economic Assessment of Biofuel Support Policies* (París, OECD) (en preparación).



En base a estos análisis y a la información actualizada, se produce un segundo nivel de referencia. La información generada se utiliza para preparar evaluaciones de mercado para cereales, oleaginosas, carne, productos lácteos y azúcar en el transcurso del período de las *perspectivas*. Estas son analizadas en la reunión anual del *Group on Commodity Markets* (Grupo sobre Mercados de Productos Básicos) del Comité de Agricultura de la OCDE y después de recibir los comentarios y las modificaciones finales de la información, se hace un último cambio a las proyecciones de referencia. Las proyecciones modificadas conforman la base de un borrador de la presente publicación *Perspectivas Agrícolas*, que fue discutido por el Grupo de Trabajo sobre Políticas y Mercados Agrícolas del Comité de Agricultura (*Working Party on Agricultural Policies and Markets of the Committee for Agriculture*), en mayo de 2008, antes de su publicación. Además, el informe *Perspectivas agrícolas* se utilizará como una base para el análisis presentado al Comité sobre Problemas de Productos Básicos (*Committee on Commodity Problems*) de la FAO y sus varios Grupos Intergubernamentales sobre Productos Básicos (*Intergovernmental Commodity Groups*).

El proceso de las *Perspectivas* implica que las proyecciones de rereferencia presentadas en este informe están condicionadas por las desarrolladas por los países miembros de la OCDE y otras economías participantes. También reconcilia las inconsistencias entre las proyecciones individuales de los países mediante el uso de un marco modelo formal. El proceso de revisión asegura que la opinión de los expertos de los países sea tomada en cuenta en las proyecciones y análisis relacionados. Sin embargo, la responsabilidad final de las proyecciones y de su interpretación recae en los Secretariados de la OCDE y de la FAO.

## 2.4 FUENTES Y SUPUESTOS PARA LAS PROYECCIONES MACROECONÓMICAS

Las estimaciones de población de la Revisión de 2006 de la base de datos de las *Perspectivas* de Población de las Naciones Unidas aportan los datos poblacionales utilizados para todos los países y los agregados regionales de las *Perspectivas*. Para el período de proyección, el conjunto variante medio de estimaciones se seleccionó para usarse entre las cuatro variantes de proyección alternativas (fertilidad baja, mediana, alta y constante). La base de datos de las *Perspectivas* de Población de las Naciones Unidas se eligió debido a que representa una fuente amplia de estimaciones confiables que incluye información de países en desarrollo no pertenecientes a la OCDE. Por razones de congruencia, se usa la misma fuente tanto para las estimaciones poblacionales históricas como para los datos de proyección.

Las otras series macroeconómicas utilizadas en el modelo Aglink-Cosimo son el PBI real, el índice de deflación del PBI, el índice de deflación del gasto de consumo privado (PCE), el precio del petróleo crudo Brent (en dólares estadounidenses por barril) y tasas de cambio expresadas como el valor de la moneda local de 1 USD. Los datos históricos para estas series en los países miembros de la OCDE son congruentes con los publicados en el *OECD Economic Outlook No. 82*, diciembre de 2007 y en *Main Economic Indicators* de la OCDE. Las asunciones realizadas acerca de las trayectorias futuras de todas estas

variables, aparte de las tasas de cambio, se basan en las recientes (noviembre 2007) proyecciones macroeconómicas a mediano plazo del Departamento de Economía de la OCDE y ampliadas a partir de 2014 al mantener la tasa de crecimiento anual 2013 a 2014 constante para los años restantes hasta 2017. Las tasas de cambio de los países de la OCDE se extendieron a 2017 desde las proyecciones de 2008 usando la asunción simple de las tasas constantes en términos reales.

Para las economías de los países que no son miembros de la Organización, los datos históricos y de proyección para estas series macroeconómicas se obtuvieron de *2008 Global Economic Prospects* de noviembre de 2007 del Banco Mundial.

El modelo emplea índices para el PBI real, precios al consumidor (índice de deflación PCE) y precios al productor (índice de deflación del PBI) que se construyen con el valor del año de referencia 2000 igual a 1. La asunción de las tasas de cambio constantes y reales implica que un país con inflación más alta (más baja) en relación con Estados Unidos de América (como se mide con el índice de deflación del PBI estadounidense) tendrán una moneda que se deprecia (se aprecia) y, por tanto, una tasa de cambio a la alza (a la baja) a lo largo del período de proyección, puesto que la tasa de cambio se mide como el valor local de la moneda de 1 USD. El precio del petróleo utilizado para elaborar las *Perspectivas* se basa en información del *OECD Economic Outlook No. 82* (diciembre 2007).

## 2.5 LA REPRESENTACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN EN AGLINK-COSIMO

Los cambios en los costos de producción son una variable importante para las decisiones de los agricultores con respecto a las cantidades de producción agrícola y ganadera, además de los retornos de la producción y, de ser aplicable, las medidas políticas.

Si bien la oferta en Aglink-Cosimo está determinada en gran medida por los retornos brutos, los costos de producción se representan en el modelo como un índice de costos utilizado para aplicar la deflación a ingresos brutos de producción. En otras palabras, las ecuaciones de la oferta en el modelo en la mayoría de los casos dependen de los retornos brutos por unidad de actividad (como retornos por hectárea o el precio de la carne) relativos al nivel de costo de la producción general, como lo expresa el índice. Por consiguiente, las ecuaciones para zonas cosechadas en la producción de cultivos y para cantidades de producción ganadera asumen las siguientes formas generales:

$$AH = f\left(\frac{RH}{CPCI}\right); \quad QP = f\left(\frac{PP}{CPCI}\right)$$

con:

*AH* zona cosechada (producción de cultivos)

*RH* retornos por hectárea (producción de cultivos)

*CPCI* índice de costos de producción de productos básicos

*QP* cantidad de producción (producción ganadera)

*PP* precio al productor (producción ganadera)

Entre otros, los precios de la energía, incrementados por los precios a la alza del petróleo crudo, han atraído la atención a los costos de la producción agrícola en los modelos de productos agrícolas. Los precios de la energía pueden impactar de manera significativa sobre los mercados internacionales de los productos agrícolas, ya que los costos de producción de los cultivos y de los productos ganaderos dependen en gran medida de los costos de la energía. Los combustibles para los tractores y otra maquinaria, así como la calefacción y otras formas de energía se utilizan directamente en el proceso de producción. Además, otros insumos, como los fertilizantes y los pesticidas, tienen un alto contenido de energía y los costos de estos insumos son incrementados en forma significativa por los precios de la energía. Por consiguiente, es importante considerar explícitamente los precios de la energía en la representación de los costos de producción.

Los índices de costo de producción empleados en Aglink-Cosimo –uno para los cultivos y otro para los productos ganaderos para representar las diferentes participaciones de los grupos de insumos en los costos totales de producción– se construyen a partir de tres subíndices representando insumos no comercializables, insumos energéticos y otros insumos comercializables, respectivamente. Si bien el subíndice no comercializable es aproximado por el índice de deflación interno del PBI, el subíndice de energía es afectado por cambios en el precio mundial del petróleo crudo y en la tasa de cambio del país. Por último, el subíndice comercializable está vinculado con la inflación global (aproximada por el índice de deflación del PBI estadounidense) y la tasa de cambio del país. Esta relación se muestra en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 CPCI'_{r,t} = & CPCS_{r,t}^{NT,I} * GDPD_{r,t} \\
 & + CPCS_{r,t}^{EN,I} * (XP_t^{OIL} * XR_{r,t}) / (XP_{bas}^{OIL} * XR_{r,bas}) \\
 & + (1 - CPCS_{r,t}^{NT,I} - CPCS_{r,t}^{EN,I}) * XR_{r,t} / XR_{r,bas} * GDPD_{USA,t}
 \end{aligned}$$

donde

*CPCII* índice de costo de producción de productos para el grupo I de productos básicos

*CPCSNT,I* participación del insumo no comercializable en los costos totales de producción de productos de referencia para el grupo I de productos básicos

*CPCSEN,I* participación de la energía en los costos totales de producción de productos de referencia para el grupo I de productos básicos

*GDPD* índice de deflación para el producto interno bruto

*XPOIL* precio mundial del petróleo crudo

*XR* tasa de cambio nominal con respecto al dólar estadounidense

*I* grupo de productos (cultivos, productos ganaderos)

*r,t* índice región y tiempo, respectivamente

*bas* base valor de año referencia (2000)

El Secretariado de la OCDE cuenta con información detallada sobre la composición de los costos de producción para Argentina, Nueva Zelanda y Estados Unidos de América. Dicha información, que puede solicitarse al Secretariado, sugiere participaciones no comercializables y de energía en los costos de la producción de cultivos, como se muestra en el Cuadro 2.1. Dado que no se cuenta con datos detallados sobre otros países, las participaciones de costos de producción de cultivos correspondientes a Argentina se aplican a todos los países no pertenecientes a la OCDE, los de Nueva Zelanda se aplican también a Australia, y las participaciones encontradas para Estados Unidos de América se aplican a todos los demás países/regiones pertenecientes a la OCDE. Dado que no se dispone de información sobre las participaciones de producción ganadera para Argentina, las participaciones encontradas para Estados Unidos de América se aplican a todos los demás países/regiones con la excepción de Nueva Zelanda y Australia.

Cuadro 2.1

**Costos de producción en países seleccionados**

Participaciones de costo de producción para:	Argentina	Nueva Zelanda	Estados Unidos de América
<i>Producción de cultivos</i>			
No comercializables	47 %	66 %	67 %
Energía	43 %	27 %	25 %
Otros comercializables	10 %	7 %	8 %
Aplicadas a:	Todos los países/regiones no pertenecientes a la OECD	Nueva Zelanda, Australia	Todos los demás países/regiones
<i>Producción ganadera</i>			
No comerciable	n.d.	77 %	97 %
Energía	n.d.	23 %	3 %
Otros comercializables	n.d.	1 %	0 %
Aplicadas a:	--	Nueva Zelanda, Australia	Todos los demás países/regiones

1. Excluye pienso comercializable.

Nota: n.d.: no disponible

# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE APTITUD DE TIERRAS

Mirella Salvatore, Amir Kassam, Ana Cecilia Gutiérrez,  
Mario Bloise y Michela Marinelli

## 3.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés en la producción de biocombustibles ha generado una polémica entorno al desarrollo de cultivos bioenergéticos y las presiones que una expansión de estos cultivos pudiese tener sobre el uso de las tierras. Las polémicas surgen principalmente en base a la competencia que se podría generar sobre el uso de este recurso limitado, principalmente el potencial desplazamiento de la producción alimentaria y la presión para obtener nuevas tierras de cultivo lo cual pudiese llevar a la deforestación de áreas de bosques y a la pérdida de la biodiversidad. Es por esto que se precisa tener un marco de conocimiento sobre la cantidad de tierras aptas para cultivos bioenergéticos y la disponibilidad de estas en base a su uso actual lo cual permitirá gestionar adecuadamente este recurso. Bajo el marco del Proyecto Bioenergía y Seguridad Alimentaria (BEFS) se implementado la Evaluación de Aptitud de Tierras (EAT) como metodología de análisis para ayudar a abordar el tema de gestión de tierras en entorno al desarrollo bioenergéticos. Uno de los conceptos básicos de EAT es identificar el potencial para la producción de cultivos para la bioenergía según condiciones específicas agroclimáticas y de suelos del país.

Es importante destacar que la EAT se aplica a la agricultura en general; en este caso se utiliza para evaluar el potencial de los cultivos bioenergéticos, pero no existen limitaciones para realizar el análisis de otro tipo de cultivos. Esto permitirá a los expertos locales producir un conjunto más amplio de información sobre la aptitud de los cultivos y así apoyar a los responsables de las líneas políticas para que estos elaboren una decisión informada para la planificación agrícola en general. La metodología EAT permite a los expertos técnicos y a los responsables políticos probar diferentes alternativas en el manejo de la agricultura y crear varias opciones para elegir entre ellas las que pudieran reducir los riesgos y aumentar los beneficios para los agricultores. Por esta razón bajo el marco del Proyecto BEFS se ha desarrollado el programa EAT – basado sobre base de datos SIG – para apoyar a los expertos y técnicos a repetir y mejorar el análisis con conocimientos locales.

A continuación se detalla la aplicación de esta metodología en el contexto del Perú.

## 3.2 LA METODOLOGÍA EAT

El marco metodológico EAT tiene dos dimensiones fundamentales: la primera dimensión es la evaluación de aptitud, basada principalmente en la Zonificación Agro-Ecológica (ZAE), desarrollada por la FAO desde 1978; la segunda dimensión es la identificación de



la disponibilidad de tierra para la producción de bioenergía y las áreas en que puede haber competencia entre los alimentos y las materias primas (Figura 3.1).

Dentro de la primera dimensión se evalúa la aptitud de tierras que es definida como la capacidad de un lugar específico para producir un cultivo determinado en base a los condiciones agroclimáticas y de suelos. El análisis requiere:

- Definición del Tipo de Uso de Tierras (TUT).
- Inventario de Recursos de Tierras.
- Formulación de los criterios de evaluación de aptitud.

El marco metodológico de esta primera dimensión de la metodología EAT es descrita en detalle en el diagrama de la Figura 3.2.

Figura 3.1

#### Marco metodológico de EAT

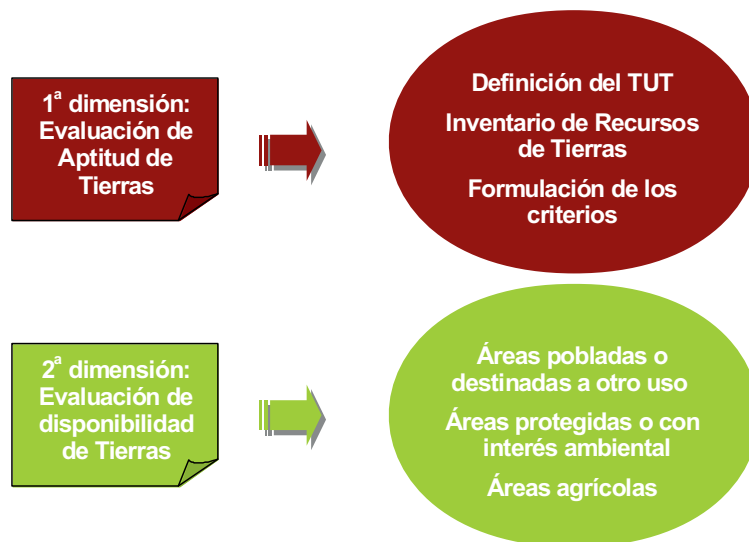
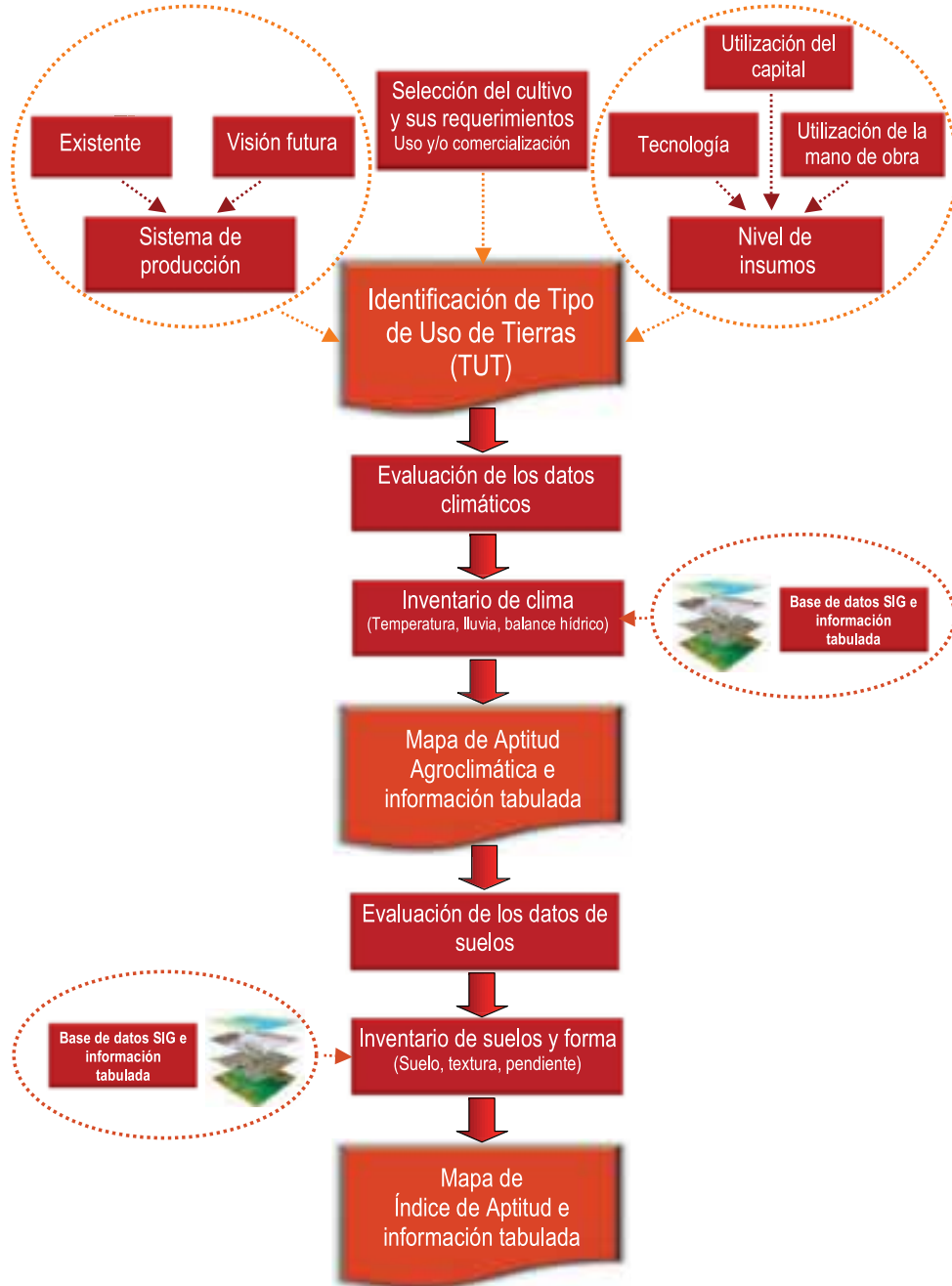


Figura 3.2

Diagrama del marco de la primera dimensión de la metodología EAT



### 3.2.1 TIPO DE USO DE TIERRAS

El Tipo de Uso de Tierras (TUT) se define como la combinación de cultivos, o de ciertos tipos de cultivos, y el sistema de gestión agrícola, incluidas las operaciones y los insumos utilizados para la producción de cada cultivo. La configuración socioeconómica también podría incluirse en la definición. El nivel de detalle al que se define el TUT es determinado principalmente por los objetivos del estudio.

Los siguientes factores deberían estar implícitos en la definición del TUT:

- La descripción de un sistema de producción existente o previsto de la agricultura, en términos de cultivos, técnicas de producción y el tipo y variedad de entradas y resultados esperados.
- La identificación de factores importantes que afectan al potencial de producción, como los límites a la mecanización de las tierras en pendiente y los requerimientos de riego de los suelos.
- Los escenarios de producción a ser modelados y el nivel de las limitaciones de producción que se supone que hay que superar en cada escenario.
- La cuantificación de los niveles iniciales (mano de obra, materiales, capital, etc.) asociado con escenarios de producción diferentes. Esto se utiliza para:
  - El cálculo de los niveles probables iniciales de entrada que corresponden a los resultados previos.
  - El cálculo del total de demanda de insumos en relación con la disponibilidad de recursos reales o previstos a nivel del país, regional, departamental o provincial.

Para reflejar el uso actual del suelo y/o uso de la tierra en la situación proyectada de mejoras deben ser seleccionados una serie de TUT. Todas las evaluaciones posteriores de la aptitud de la tierra y el potencial de la productividad efectuado en el marco de la EAT harán referencia a dichos TUT específicos tal como se practica en determinadas zonas agroecológicas y celdas.

Después de la definición de TUT, los próximos pasos implican el inventario de sus necesidades con respecto al clima, el suelo y a las condiciones de forma del terreno necesarios como componentes de los requerimientos de los cultivos para el sistema de gestión. Estos inventarios son la base de una evaluación secuencial de aptitud climática, edáfica y adecuación de cálculo del rendimiento potencial. En la metodología EAT estos requerimientos se indican como Criterios de Evaluación de Aptitud y son especificaciones del TUT.

### 3.2.2 INVENTARIO DE RECURSOS DE TIERRAS

El *Inventario de Recursos de Tierras* (Figura 3.3) es un conjunto de datos geo referenciados y tabulares y consta de dos inventarios específicos:

El *Inventario de Recursos Climáticos* que comprende los siguientes sub-inventarios:

- Inventario tabular y mapa de zonas termales.
- Inventario tabular y mapa de zonas de duración del período de crecimiento (LGP) o balance hídrico.
- Inventario tabular y mapa de zonas de patrones LGP (si existe)



El *Inventario de Suelos y Formaciones Terrestres* se compone de los siguientes sub-inventarios:

- Unidades de suelos.
- Textura de suelos.
- Fase de suelos (si existe).
- Pendiente de suelos (utilizado para topografía).

Figura 3.3

### Inventario de Recursos de Tierras



El Inventario de Recursos de Tierras es el núcleo de la base de datos BEFS por la aplicación de la metodología de EAT. Sin embargo, también incluye la información básica utilizada para generar las bases de datos SIG y requiere datos auxiliares a ser utilizados para un análisis más profundo de los resultados de evaluación de aptitud de tierras, teniendo en cuenta los aspectos socioeconómicos y una planificación más realista. Entre los datos auxiliares la información más relevante se incluye las zonas de cultivo, los indicadores de la desnutrición y la base de datos de infraestructura.

### 3.2.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE APTITUD Y EL ÍNDICE DE APTITUD

Los Criterios de Evaluación de Aptitud (en el resto del documento se menciona simplemente como criterios) son la información básica ofrecida en base a la experiencia de

los agrónomos y los investigadores de suelos. Los criterios se basan en los requerimientos de los cultivos, el sistema de producción y el nivel de insumos.

Los criterios están formulados, como era de esperar, en términos de reducciones (expresado en porcentaje) de los rendimientos agronómicamente alcanzables. El rendimiento agronómicamente alcanzable se define como el pleno rendimiento del potencial que se puede alcanzar en el estudio de un cierto sistema agrícola y nivel inicial de insumos. Esto se basa en el conocimiento agronómico de los expertos. Por lo general, es el mejor rendimiento posible a menudo alcanzable sólo bajo condiciones de laboratorio.

El paso inicial es un proceso de comparación de los requisitos de temperatura de los cultivos analizados con las zonas térmicas identificadas del inventario de recursos climáticos. Este paso es esencialmente un ejercicio de análisis que excluye las zonas que no son aptas para los cultivos específicos (se espera una reducción del 100 por ciento) y se indica para las otras áreas las reducciones de rendimiento que se pueden esperar.

En la segunda etapa, la reducción de la producción esperada se basa en las limitaciones agroclimáticas del balance hídrico y la viabilidad de cada cultivo según el período de crecimiento de la zona.

El resultado de este proceso de selección es llamado mapa de aptitud agroclimático. En cada célula de esta celda se informa el porcentaje de rendimiento agronómicamente alcanzable. Estos porcentajes se clasifican de acuerdo al esquema en el Cuadro 3.1 y el resultado es llamado mapa de índice de aptitud agroclimática. El índice clasifica de manera cualitativa la capacidad de un lugar específico de producir los rendimientos alcanzables.

**Cuadro 3.1**  
**Índice de Aptitud**

Descripción	Rendimientos alcanzables
(rango %)	
Muy apto	80 - 100
Apto	60 - 80
Moderadamente apto	40 - 60
Marginalmente apto	20 - 40
Muy marginalmente apto	> 0 - 20
No apto	0

La tercera tapa es la evaluación de la aptitud agro edáfica y las limitaciones del suelo tengan que ser aplicadas a la aptitud agroclimática. El sistema de producción y el nivel de entrada afectarán principalmente a la definición de estos criterios.

Las limitaciones al rendimiento alcanzable posible se deben al tipo de suelo, la textura, la fase y la pendiente.

El resultado de este proceso de selección es el mapa de aptitud de tierra. En cada celda se informa el porcentaje del rendimiento agronómicamente alcanzable, después de aplicar las

limitaciones climáticas y de suelo. También en este caso las celdas se clasifican de acuerdo a la clasificación en el Cuadro 3.1. El resultado es el mapa de índice de aptitud de tierras.

### 3.2.4 LA DISPONIBILIDAD DE TIERRAS

Como se indicó anteriormente la segunda dimensión se enfoca en la determinación de áreas aptas que están actualmente disponibles, para la producción de cultivos para la bioenergía.

De hecho, no todas las tierras aptas para producción de cultivos para bioenergía pueden estar disponibles para su uso. Algunas de las tierras disponibles podrían ser usadas por poblaciones humanas o cubiertas por parques, bosques protegidos o afectadas por los desastres naturales u usadas para la producción de alimentos. A través de esta segunda parte del análisis se identifican las áreas con potenciales conflictos ambientales, con la producción de alimentos u otros conflictos.

En esta parte del análisis los objetivos y las prioridades políticas deben ser incluidos en la definición de las áreas excluidas. En el proyecto BEFS las zonas excluidas son principalmente áreas urbanizadas, parques naturales y áreas con gran interés ambiental, zonas con uso definido por la ley y principalmente las áreas agrícolas. Estas últimas áreas en realidad no se han excluidas: la evaluación de aptitud de tierras permite de mostrar si estas zonas son más aptas para un cultivo de más alto valor o donde otros sistemas de manejo de la producción pueden incrementar los rendimientos.

## 3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA EAT EN PERÚ

La metodología EAT en el contexto de Perú fue implementada definiendo tres TUT:

- Caña de azúcar – labranza con altos insumos
- Palma aceitera – agricultura de conservación con altos insumos
- Piñón blanco – agricultura de conservación con bajos insumos

El Inventario de Recurso de Tierras fue producido y compilado de fuentes nacionales y bases de datos global de la FAO. En el Apéndice 3A se presentan las bases de datos principales del Inventario. En el marco del proyecto BEFS se ha producido una base de datos que incluye el Inventario de Recurso de Tierras y también datos auxiliares que permiten producir un análisis más detallado y específico del país. La *Base de datos BEFS Perú* incluye un reporte con detallados metadatos de la base de datos y un CD que contiene un programa de SIG para visualizar e identificar la base de datos. Este material fue preparado para el dictado del curso de capacitación técnica de EAT dirigido a técnicos SIG, ingenieros agrónomos y expertos de suelos en Perú.

Los criterios de evaluación de aptitud fueron realizados por expertos locales. En el caso de la caña de azúcar se prefirió utilizar la información de temperatura mínima y máxima en lugar de la temperatura promedio.

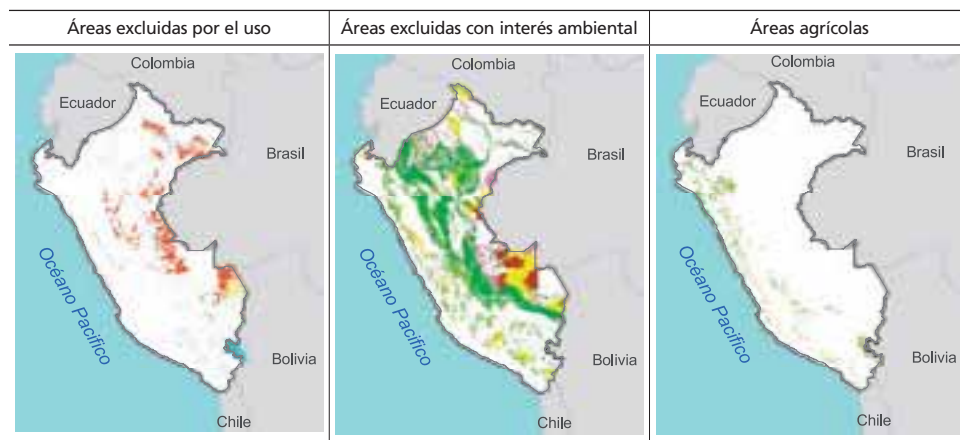
Para la definición de las áreas disponibles, en Perú se han utilizado tres máscaras de exclusión:

1. Áreas excluidas donde la agricultura no se puede realizar: cuerpos de agua y ríos, cochas, concesiones forestales y concesiones de castañas (concesiones obtenidas por concurso público) reservorios, nevados y poblados;

2. Áreas excluidas con interés ambiental: bosques de protección forestal, áreas de protección por reforestación, áreas naturales protegidas y áreas complementarias, comunidades nativas, reservas territoriales (superficie a favor de los pueblos indígenas que viven en aislamiento), aguajales pantanos, bofedales y manglares.
3. Áreas agrícolas

Figura 3.4

**Áreas excluidas**



**3.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE APTITUD DE TIERRAS EN PERÚ**

Una vez definidos los TUT, los criterios de evaluación de aptitud definidos por los expertos locales son aplicados al Inventario de Recurso de Tierras con el programa EAT. Los resultados del análisis EAT son en dos formatos: mapas (en formato GRID) y cuadros (en formato Excel). A continuación se presentan los mapas de aptitud agroclimática y de tierras en toda el área y en el área disponible.

Figura 3.5

**Caña de azúcar - labranza con altos insumos - área total bajo riego**

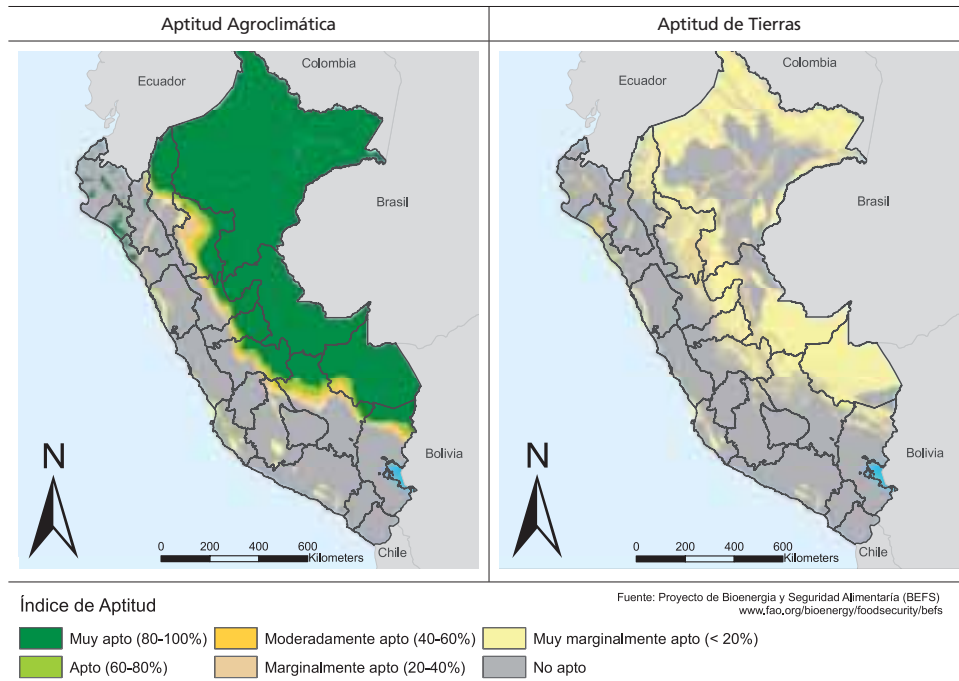


Figura 3.6

**Caña de azúcar - labranza con altos insumos - área disponible bajo riego**

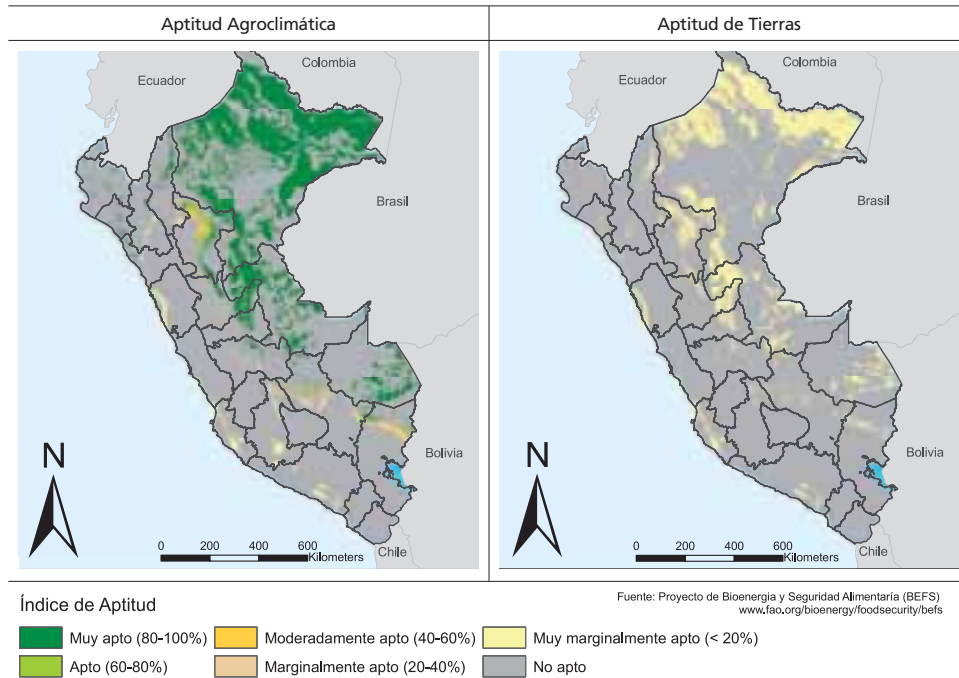


Figura 3.7

**Palma aceitera - agricultura de conservación con altos insumos - área total en secano**

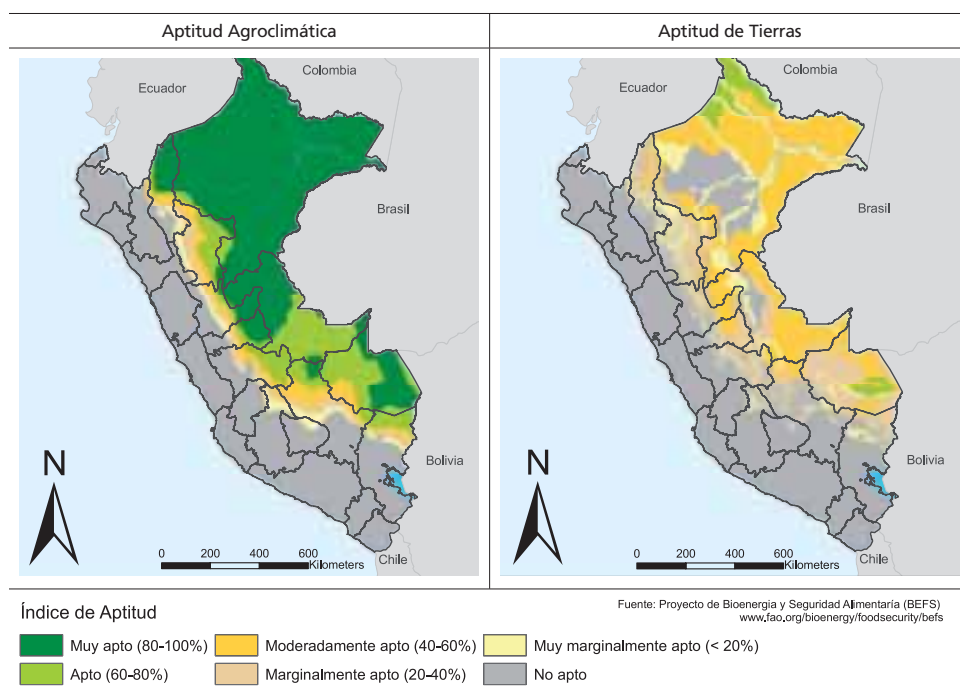


Figura 3.8

**Palma aceitera - agricultura de conservación con altos insumos - área disponible en secano**

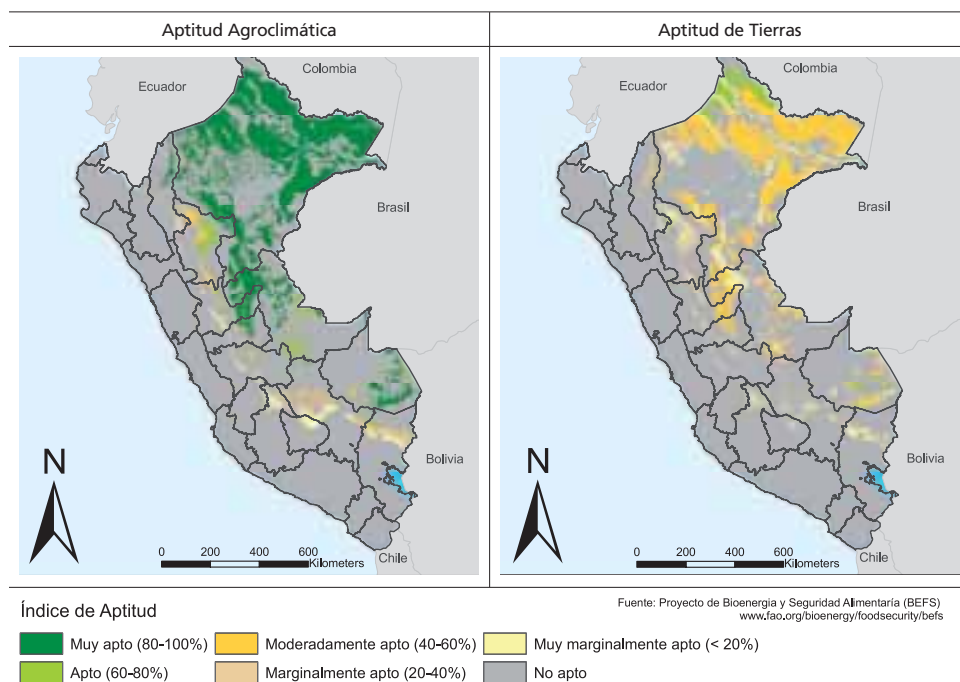


Figura 3.9

**Piñón blanco - agricultura de conservación con bajos insumos - área total en secano**

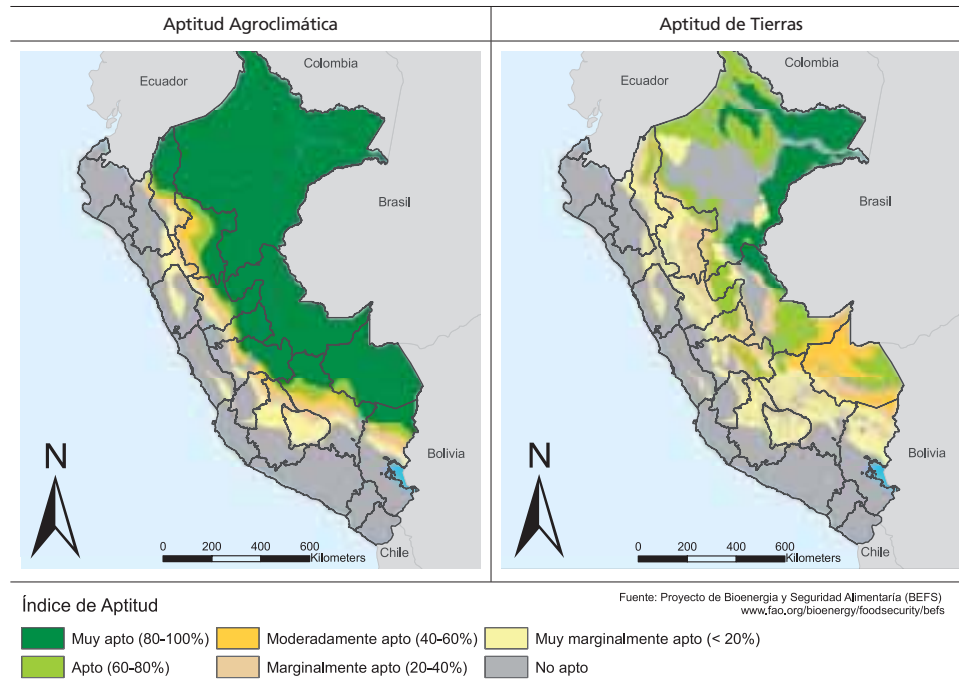
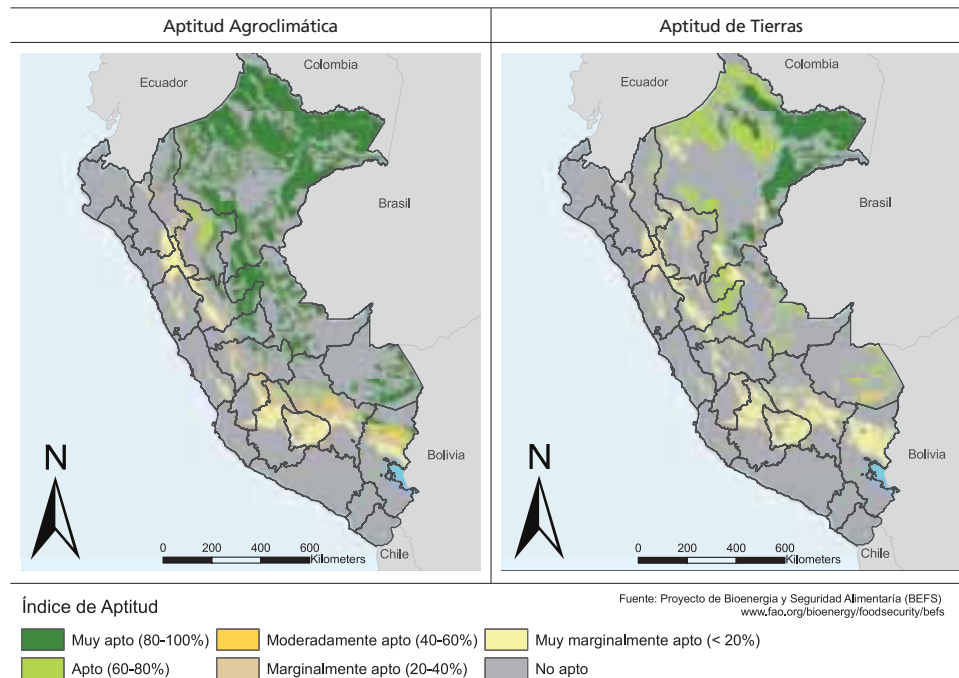


Figura 3.10

**Piñón blanco - agricultura de conservación con bajos insumos - área disponible**



## REFERENCIAS

**Alfaro, J., Chávez, J., Escobar, E., Mandujano, M., Martínez, G., Vallejos, M. y J. Vilcapoma.** 2001. Enfoque Intercultural para la Gestión de las Microcuencas Andinas. PRONAMACHCS-UNALM. Lima. 452 p.

**Bobadilla, P., del Aguila, L. y M. Morgan.** 1998. Diseño y evaluación de proyectos de desarrollo. Serie Manuales de Capacitación 3. PACT. Lima.

**CECOAAP.** 1974. Huallaga Central. In: Proyecto Azúcar Selva. Estudios Básicos. pp. 5-96. Lima.

**Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT.** 2001. Medios de vida sostenibles en zonas rurales. El plan estratégico del CIAT para 2001-2010 (Resumen). Cali, Colombia.

**Coello, J.** 2010. Energía y desarrollo rural. El año de las alternativas. In: Revista Agraria 118. CEPES. Lima.

**Cornejo, A.** 2000. Los recursos hídricos del Perú. In: La Gestión del Agua. Paulet, Prieto y Rojas, Editores. Seminario-Taller. Lima.

**Departamento para el Desarrollo Internacional – DFID y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO.** 2000. Experiencias y lecciones interinstitucionales del Foro sobre la aplicación de enfoques de medios de subsistencia sostenibles. Pontignano (Siena), Italia.

**Dourojeanni, M.** 2001. Políticas de desarrollo en la Amazonía: El caso de Acre, una esperanza para el desarrollo sostenible. In: Amazonía, Orientaciones para el Desarrollo Sostenible. pp. 143-149. Flores, S., Editor Científico. Lima.

**Dourojeanni, M., Barandiarán, A. y D. Dourojeanni.** 2009. Amazonía Peruana al 2021. Explotación de Recursos Naturales e Infraestructura. ¿Qué está pasando. Qué es lo que significan para el futuro? Pronaturaleza. Lima. 162 p.

**Emery, M. y C. Flora.** 2006. Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework. COMMUNITY DEVELOPMENT: Jour. Comm. Development Soc. Vol. 37, No 1.

**FAO.** 2009. Bioenergy and food security. Key Facts Sheet. FAO. Roma.

**Fearnside,** 2001. La deforestación en la Amazonía. In: Amazonía, Orientaciones para el



Desarrollo Sostenible. pp. 63-71. Flores, S., Editor Científico. Lima.

**Fors, A.** 2005. Sweet Sorghum. Guadalajara, México. 76 p.

**Fort, R.** 2009. Haciendo política a ciegas. Diario El Comercio. Lima.

**Helfgott, S.** 1997. El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Costa Peruana. UNALM. Lima. 507p.

**IAASTD.** 2009. Bioenergía y biocombustibles: Oportunidades y limitaciones. Síntesis temática.

**INEI.** 1994. III Censo Agropecuario. Lima.

**INEI.** 2007. La pobreza en el Perú en el año 2007. Informe técnico, INEI. Lima.

**Masson, L.** 1982. Los recursos naturales en el agro: consideraciones sobre el recurso suelo en el Perú y las posibilidades de ampliación de la frontera agrícola. In: Situación Actual y Perspectivas del Problema Agrario en el Perú. Pp. 19-36. Eguren, ed. DESCO. Lima.

**MINAG.** 2008. Series históricas de producción agrícola. Compendio estadístico. [http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=consulta\\_cult](http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult).

**Paniagua, A.** 1993. Estado y Desarrollo Rural. In: Debate Agrario 13. CEPES. Lima.

**Pimentel, D. y M. Pimentel.** 2005. El uso de la energía en la agricultura: Una visión general. In: LEISA, Revista de Agroecología 21 (1). ETC Andes y Fundación ILEIA. Lima.

**Rossi, A. y Y. Lambrou.** 2009. Making sustainable biofuels work for smallholder farmers and rural households. FAO, Roma.

**Saavedra, J.** 2007. Factores socio-económicos en la adopción de tecnología para el Manejo Integrado del Cultivo de Cacao en la Cooperativa ACOPAGRO, Huallaga Central-San Martín. Tesis para optar por el Grado de Magister Scientiae en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural. UNALM. Lima.

**Scoones, I.** 1998. Sustainable Rural Livelihoods – A framework for analysis. IDS Working Paper 72. Institute of Development Studies, at the University of Sussex. Brighton, RU.

**Tapia, M., Morón, C. y A. Bacigalupo.** 1990. Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. FAO. Santiago. 205 p.

**Tapia, M.** 1998. Agrobiodiversidad en la Región Andina. In: Agrobiodiversidad en la Región Andina y Amazónica. pp. 27-46. Felipe-Morales, C. y A. Manrique, Eds. Lima.

**Trivelli, C.** 1997. Crédito en los hogares rurales del Perú. Investigaciones breves 4. CIES. Lima.

**Trivelli, C. Escobal, J. y B. Revesz.** 2006. Pequeña agricultura comercial: límites y posibilidades para su desarrollo. Documento de Trabajo 150. IEP. Lima.

**UNDP.** 2009. Human Development Report 2009: Overcoming barriers – Human mobility and development. UNDP Press. New York, EUA.

**UNICEF.** 2009. Estado Mundial de la Infancia. UNICEF Press. New York, EUA.

**Vásquez, A.** 1997. Manejo de Cuencas Altoandinas. UNALM. Lima.

**Zúñiga, J.** 2009. San Lorenzo: Tarea cumplida. Reporte PSI 1(2): 2.

# INVENTARIO DEL RECURSO DE TIERRAS

El Inventario del Recurso de Tierras está formado por capas de información sobre recursos climáticos y recursos de suelo y terreno o relieve que se integran para evaluar la adaptabilidad agrícola. Las bases de datos para Perú fueron producidas y compiladas de fuentes nacionales, información global y de bases de datos de la FAO; posteriormente fueron refinadas con ayuda de expertos nacionales. Estas se detallan a continuación.

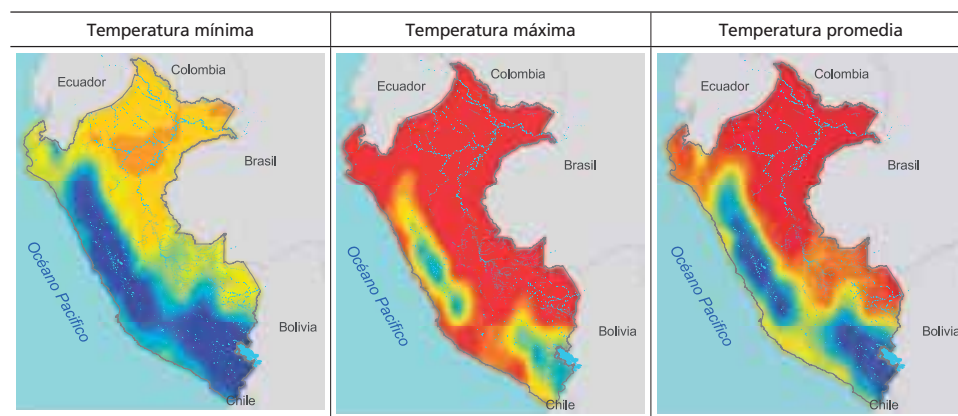
## INVENTARIO DE RECURSOS CLIMÁTICOS

El inventario de recursos climáticos se creó en función a capas de información sobre temperatura, precipitación, evapotranspiración en combinación con información sobre altura y lluvias. Esto generó las bases principales sobre datos climáticos, zonas térmicas y período de crecimiento.

Las zonas térmicas se refieren a la cantidad de calor disponible para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La base de datos de la temperatura (Figura 3A.1) ha sido desarrollada a partir de la interpolación de estaciones de puntos con la información sobre los promedios de períodos largos (1971-2000) para temperatura mínima, máxima y promedio anual, respectivamente. La base de datos de puntos es extraída de la nueva base de datos agroclimática de FAO (New LocClim). Para la interpolación se utilizó un método de geoestadística, conocido como *kriging*.

Figure 3A.1

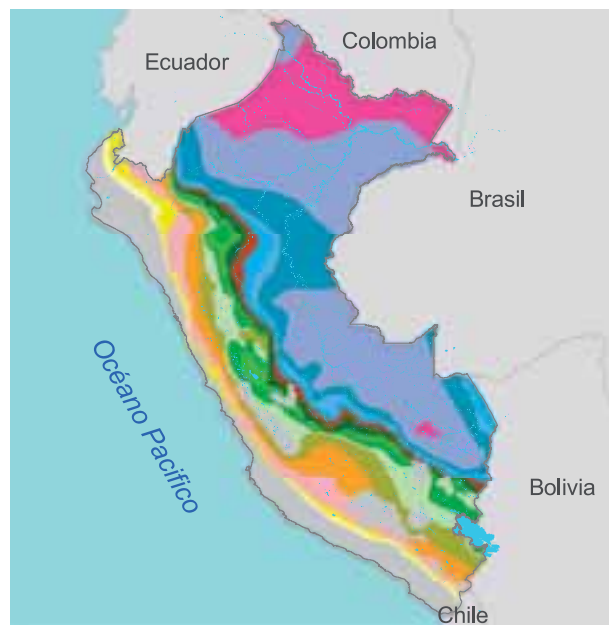
### Base de datos de la temperatura



La duración del período de crecimiento se refiere a las condiciones de balance hídrico en el suelo correspondientes a los números de días con condiciones consideradas adecuadas para el crecimiento para la planta. La base de datos sobre la duración de crecimiento (Figura 3A.2) ha sido desarrollada en base a la digitalización de la base de datos mundial sobre la duración del periodo de crecimiento (LGP), producido por el Instituto Internacional para Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) y financiado por la FAO.

Figura 3A.2

#### Duración del período de crecimiento o balance hídrico



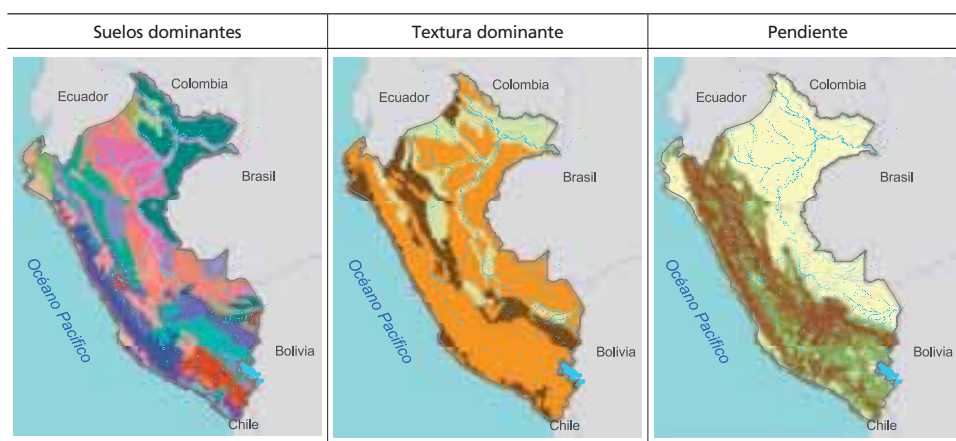
#### INVENTARIO DE SUELOS Y FORMACIONES TERRESTRES

La base de datos de suelos de Perú (Figura 3A.3) ha sido extraída de la Base de Datos Mundial Armonizada de Suelos (HWSD) desarrollada por la FAO y el Instituto Internacional para Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) en colaboración con otras instituciones asociadas. La base de datos es una recopilación armonizada de los suelos más recientes y detallados de la información existente para los países en desarrollo. En el caso específico del Perú, la información sobre suelos se deriva de la Base de Datos de Suelos y Terrenos (SOTER) para América Latina y el Caribe, publicado por la FAO en 1998 (escala 1:5 000 000). La base de datos contiene las unidades de suelo y la caracterización de parámetros del suelo seleccionado.

Como información sobre las formaciones terrestres y relieve, se utiliza la pendiente. La base de datos de la pendiente se ha obtenido del modelo digital de elevación y calcula el máximo cambio en la elevación sobre la distancia entre la celda y sus ocho vecinos. La unidad de medición de salida para la pendiente se expresa en porcentajes.

Figure 3A.3

**Inventario de suelo y relieve**





# METODOLOGÍA APLICADA EN EL ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS BIOENERGÉTICOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL SISTEMA CHIRA

Cayo L. Ramos Taipe

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de evaluación de la sostenibilidad del recurso hídrico ante el crecimiento de la actividad agrícola (demanda hídrica agrícola) en el Valle de Chira causada por la incorporación de cultivos bioenergéticos para producción de biocombustibles (etanol), se realizó por medio de la aplicación de sistema *Water Evaluation and Planning* (WEAP).

WEAP es una herramienta de computación para la planificación integrada de los recursos hídricos. WEAP provee un marco conceptual completo, flexible y amigable para analizar políticas y directrices en el manejo del agua. El modelo WEAP se basa en el principio de contabilidad del balance de agua, y es aplicable a sistemas de agua potable y a sistemas agrícolas, cuencas individuales o sistemas más complejos.

El análisis de escenarios es fundamental en WEAP. Los escenarios se usan para explorar la respuesta del modelo a una amplia gama de preguntas, como por ejemplo, qué sucede si a) los patrones económicos o demográficos cambian; b) los requerimientos del ecosistema son más estrictos; c) la combinación de cultivos cambia; d) la eficiencia en irrigación mejora; e) se usa mayor cantidad de agua subterránea; f) las reglas de operación de los embalses cambian; g) el cambio climático altera la demanda y las fuentes de agua; h) la contaminación afecta la calidad del agua y otros.

El modelamiento del sistema hidráulico Chira Piura, estará definido en el modelo con todas las fuentes de agua (ríos Chira y Piura), agua subterránea, todas las demandas de los usuarios y con todas las obras hidráulicas que comprende el sistema de manera que pueda reproducirse el comportamiento del sistema y la distribución de agua según las prioridades de la demanda y la preferencia de las ofertas.

El proceso de evaluación incluyó en una primera fase el levantamiento de información sobre la oferta y demanda de agua en el sistema hidráulico Chira Piura. Esta información es



utilizada para definir los balances de agua dentro del sistema y la asignación de agua entre los diferentes usuarios. Al establecer las prioridades de asignación pueden ser simulados diferentes regímenes de derechos de agua y los escenarios alternativos reflejan los cambios en la gestión del agua.

## 4.2 OFERTA HÍDRICA

La oferta hídrica del Sistema Chira Piura, está representada por los aportes de los ríos Chira y Piura, cuyos registros históricos datan del año 1925, en el caso del Piura y desde 1938 para el río Chira.

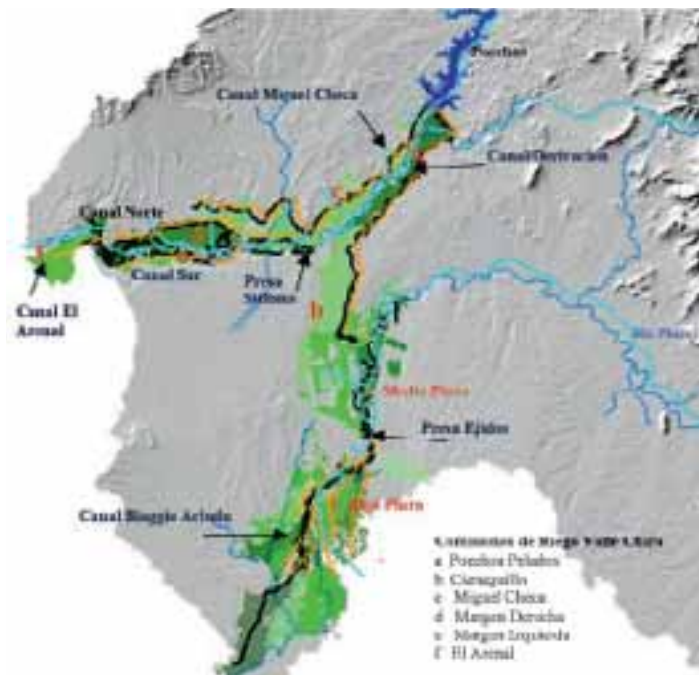
### 4.2.1 ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

La estación Ardilla (Figura 4.1), en el Río Chira, considerada como estación de ingreso al sistema está ubicada en el río Chira a unos 4,0 km aguas arriba del embalse Poechos; sus coordenadas son: 04° 31' 00" Latitud Sur, 80° 26' 00" Longitud Oeste a una altitud de 150,0 msnm.

La Estación Sánchez Cerro en el río Piura, cuenta con un registro histórico 1925/2009, sus coordenadas son: 05°11'55" Latitud Sur, 80°37'20" Longitud Oeste a una altitud de 23,3 msnm.

Figura 4.1

#### Infraestructura hidráulica del Sistema Chira-Piura y Comisiones de Riego



Fuente: elaboración propia



#### 4.2.2 SERIE DE TIEMPO DE LAS DESCARGAS

Para los requerimientos de estos análisis, se emplearon los datos históricos de los caudales del río Chira y del río Piura. Los hidrogramas de caudales medios mensuales de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Chira, aguas arriba del embalse Poechos, registrados en la estación Ardilla, para el período enero 1938 a octubre 2008 y del río Piura en la Estación Puente Sánchez Cerro, aguas arriba del aporte del canal de derivación Daniel Escobar, identificado como recurso propio de la cuenca del río Piura, se observan en la Figura 4.2 y en los Cuadros 4.1 y 4.2, los descriptores estadísticos de las series de caudales medios mensuales del río Chira son continuos y mayores a los del río Piura; este presenta valores de caudal cero en muchas ocasiones, especialmente durante los meses de agosto a enero donde la frecuencia es mayor. Durante el período de registro se han detectado dos años con caudal cero en todo el año.

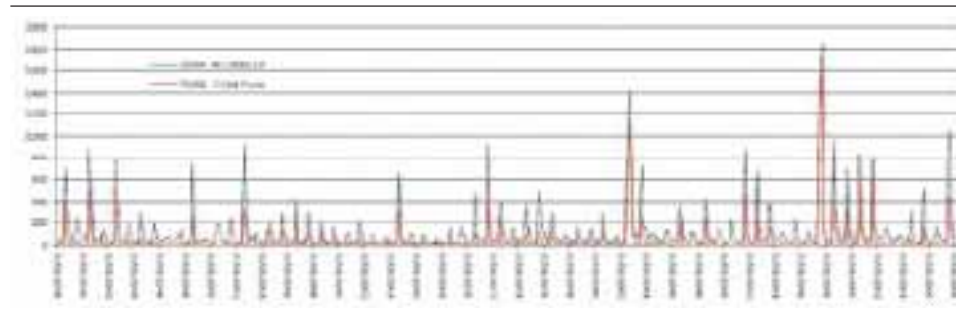
Cuadro 4.1

**Característica de la escorrentía anual de los ríos Chira y Piura**

Río	Estación	Período de registro	Area de la cuenca km <sup>2</sup>	Escorrentía media Anual Hm <sup>3</sup>	Cv de la escorrentía anual	Porcentaje de años cero %
Chira	Ardilla	1937-2008	19 095	3 450,80	0,88	0
Piura	Sánchez Cerro	1925-2008	12 216	1 147,38	1,76	2,4

Figura 4.2

**Hidrograma de caudales medios mensuales (Enero 1938 a Octubre 2008) del río Piura y del río Chira (Hm<sup>3</sup>)**



Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.2

**Estadística de la escorrentía mensual para los ríos Chira y Piura**

Río	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>Promedio Hm<sup>3</sup>=160m<sup>3</sup></i>												
Chira	216,2	454,6	901,0	765,1	358,8	215,8	139,7	92,2	67,7	68,6	63,4	107,8
Piura	47,5	174,2	383,6	297,8	118,3	59,6	28,8	14,1	6,3	5,2	3,7	8,4
<i>Máximo Hm<sup>3</sup></i>												
Chira	2 249,3	3 076,4	4 498,0	4 826,3	2 485,8	1 562,4	450,5	324,6	193,8	292,5	165,2	863,9
Piura	1 893,0	2 965,6	4 443,7	3 129,1	2 299,6	1 352,2	318,2	105,1	41,5	32,8	24,5	288,3
<i>Mínimo Hm<sup>3</sup></i>												
Chira	28,9	28,0	71,8	97,4	30,9	24,8	37,9	17,1	14,5	14,3	11,3	11,1
Piura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Desviación estandar Hm<sup>3</sup></i>												
Chira	339,9	538,1	846,1	835,7	374,2	211,0	86,3	57,9	37,8	42,2	36,6	115,1
Piura	225,5	388,3	618,5	527,6	270,7	151,0	44,1	19,3	8,7	7,9	5,8	33,6
<i>Coefficiente de variabilidad</i>												
Chira	1,6	1,2	0,9	1,1	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,1
Piura	4,7	2,2	1,6	1,8	2,3	2,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	4,0
<i>Porcentaje de caudales igual a cero</i>												
Chira	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piura	38	11	4	4	4	6	7	15	29	39	40	43

Fuente: elaboración propia

Un análisis detallado de los registros del río Chira (Estación Ardilla) y del río Piura (Estaciones Sánchez Cerro), muestra un salto climatológico natural de los registros ocurridos en la serie, entre los años posteriores al 1976 y los años anteriores con una notoria variación, donde los valores de caudales son mayores en la segunda etapa, como se aprecia en la Figura 4.3, lo mismo puede ser explicado por la PDO, *Pacific Decadal Oscillation*.

La PDO puede ser descrita como un patrón de variabilidad climática del Pacífico parecida al fenómeno del Niño (ENSO) de larga duración, ya que ambas oscilaciones climáticas tienen influencia espacial similar pero diferente duración. Dos características diferencian la PDO del ENSO; primero los eventos del PDO del siglo XX tuvieron una persistencia de 20 a 30 años, mientras la duración típica del ENSO es de 6 a 18 meses. En segundo lugar, el dominio espacial de la PDO es más notorio en el Pacífico Norte y menos notorio en los trópicos; esto es lo contrario el ENSO.

Muchos estudios encontraron evidencias de dos ciclos completos del ciclo de la PDO para el siglo pasado: régimen "frío" de la PDO prevaleció entre 1890 - 1924 y 1947 - 1976, mientras que el régimen "caliente" de la PDO dominó entre 1925 - 1946 y 1977 - 1990, (Mantua *et al.*, 1997; Minobe 1997). Ver Figura 4.5.

Figura 4.3

**Índices de PDO y caudales medios mensuales estandarizados del Río Chira**



Fuente: elaboración propia

Este patrón de clima, en el hemisferio norte, afecta las temperaturas de las costas del mar y las temperaturas superficiales del continente, así como las escorrentías de los principales sistemas fluviales de la costa oeste, desde Alaska hasta California. (Nathan J. Mantua *et al.*, 1997)

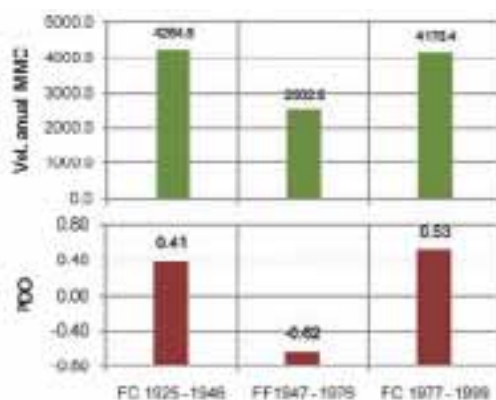
En el caso de las descargas del río Chira, se puede observar una señal clara de la correspondencia entre los cambios de grandes períodos de la magnitud en la descarga que se correlacionan bien con las fases de la PDO.

Durante la Fase Caliente (1925-1946) de la PDO, el caudal medio es de 4 264,8 Hm<sup>3</sup> (evaluados en la serie 1937-1946), valor superior a la media histórica (3 500 Hm<sup>3</sup>); igualmente, en la segunda Fase Caliente (1977- ~2000) se muestra un aumento, con una media de 4 176,5 Hm<sup>3</sup>. En cambio, para la Fase Fría (1947-1976) los caudales disminuyen sensiblemente a 2 502,5 Hm<sup>3</sup>, inferior al valor medio histórico. Figuras 4.3 y 4.4.

Esto acusa una buena correlación del patrón climático de la Oscilación Decadal del Pacífico sobre la escorrentía del río Chira y probablemente en otros ríos de la costa norte del Perú.

Figura 4.4

**Fase Caliente (FC) y Fase Fría (FF) del PDO y caudal promedio (Hm<sup>3</sup>) en cada fase del río Chira**



Fuente: elaboración propia

Según Minobe (1997) en el siglo XX se ha notado una fluctuación más enérgica de la PDO por lo que las periodicidades podrían variar entre uno de 15 a 25 años.

Se puede concluir que existen evidencias que muestran que las descargas del río Chira tienen una alternancia, conforme cambian las fases de la PDO y que en el futuro es probable que estos cambios sean más frecuentes. Sin embargo, la señal en los últimos años no es muy clara tiene alternancia de mayor frecuencia y, por lo tanto, se pueden considerar dos escenarios: uno optimista por el cual la fase caliente podría prolongarse un par de décadas más y otro pesimista por el cual la fase fría se presentaría muy pronto y las descargas del río Chira, se verían disminuidas considerablemente. En el presente trabajo se analizó el primer escenario.

### 4.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

#### 4.3.1 DEMANDA HÍDRICA AGRÍCOLA

La demanda de agua agrícola se ha determinado con el cálculo de las necesidades fisiológicas de los cultivos predominantes en los valles de Chira (Figura 4.5) y Medio y Bajo Piura (Figura 4.6), según la Ecuación de FAO Penman-Monteith y los coeficientes de cultivo, descritos en el manual 56 de la FAO (Richard G. Allen, 2006).

Las áreas bajo riego actuales, según cifras oficiales de PROFODUA (Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua, Dic. 2009), organizados en Comisión de Regantes del Valle Chira (Cuadro 4.3) y las del valle del Medio y Bajo Piura (Cuadro 5) ascienden a 41 133,3 ha y 43 182,3 ha, respectivamente.

Las áreas nuevas (Figura 4.5) que se incorporaran a la agricultura para la producción de caña de azúcar con fines de producción de biodiesel, ascienden a 23 976 ha; de ellas 6 000 ha pertenecen a COMISA, 10 675 ha a MAPLE, 3 090 ha a CAÑA BRAVA en la primera etapa y 4 211 ha en una segunda etapa<sup>7</sup>.

Las áreas nuevas serían desarrolladas con el abastecimiento conjunto de las aguas superficiales sobrantes del sistema y la explotación de las aguas subterráneas del acuífero del valle de Chira.

<sup>7</sup> COMISA y MAPLE son compañías privadas con inversiones propuestas en producción de etanol en el país.

Cuadro 4.3

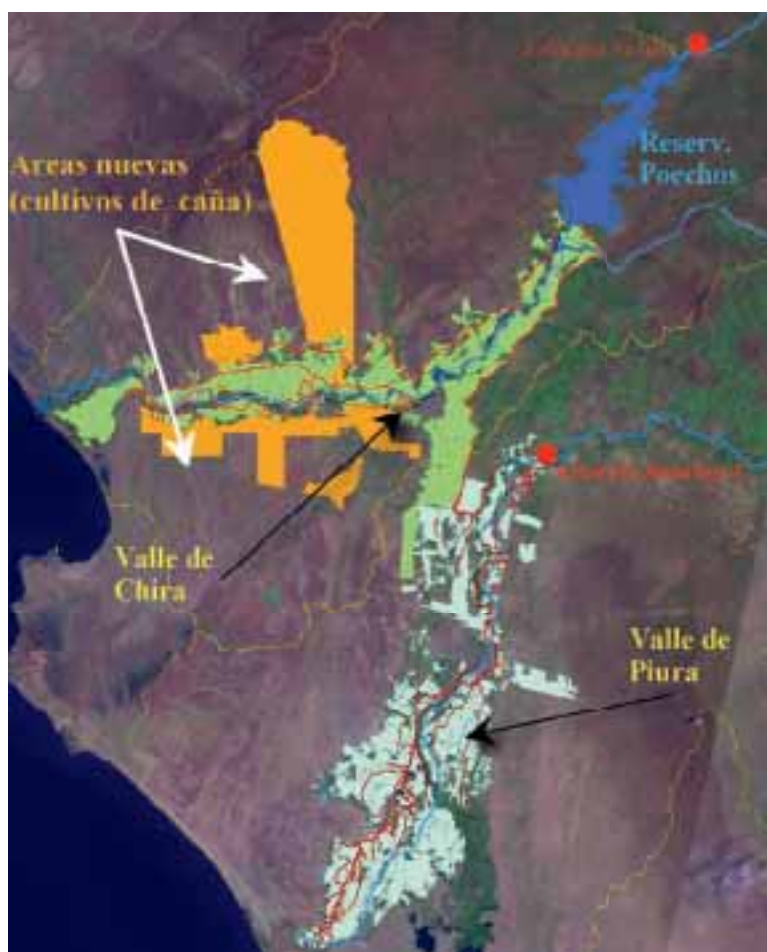
**Áreas bajo riego Valle de Chira**

Comision de regantes	N° Predios	Extension (ha)	Area potencial de Cultivo (ha)	Area Bajo Riego permanente (ha)
Poechos pelados	4 821	4 930,85	4 411,72	4 831,00
Cieneguillo	1 642	7 711,18	6 649,28	3 364,35
Miguel Checa	13 870	10 736,47	10 119,51	12 150,67
Margen derecha	6 977	11 524,13	10 828,77	1 544,87
Margen izquierda	3 548	4 289,50	4 164,19	11 878,70
El arenal	4 375	4 076,85	3 781,61	4 158,25
Daniel Escobar		3 979,28	3 979,28	3 205,50
<b>Total</b>	<b>35233</b>	<b>47248,26</b>	<b>43934,35</b>	<b>41133,34</b>

Fuente: Elaboración propia. Información profodua Chira Piura

Figura 4.5

**Imagen de Satélite de los valles Chira, Medio y Bajo Piura y Cuenca Chira Piura**

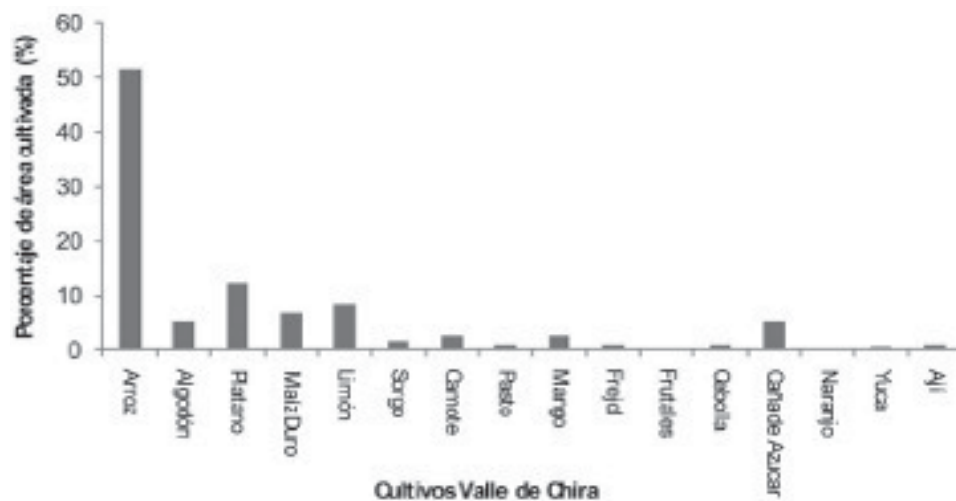


Fuente: elaboración propia

Los cultivos que predominan en las cédulas de cultivo son: arroz (50 por ciento), plátano (11 por ciento) y limón (10 por ciento) en el valle de Chira y el algodón (40 por ciento), arroz (28 por ciento) y maíz (17 por ciento) en el valle de Piura. Ver Figuras 4.6 y 4.7.

Figura 4.6

#### Cédula de cultivo del Valle Chira



Fuente: elaboración propia

Las áreas de cultivo pueden ser ampliadas hasta 43 934 ha en Chira y 49 305 ha en Piura, aunque existen tierras eriazas que pueden ser incorporadas a la agricultura con permiso del Ministerio de Agricultura.

El número de predios asciende a 35 233 unidades en Chira y a 77 638 unidades en Piura; son valles de marcado minifundio ya que la propiedad media es de 1,34 ha/predio en el Valle de Chira y 0,66 ha/predio en el valle de Piura (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4

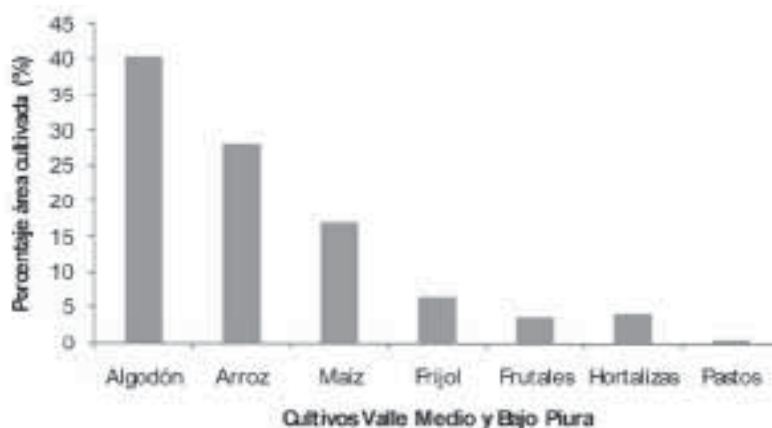
**Áreas bajo riego Valle Medio y Bajo Piura y Sechura**

Comision de Regantes	Nº Predios	Nº Usuarios	Extensión (ha)	Área potencial de cultivo (ha)	Área bajo riego permanente (ha)
Medio Piura margen derecha	2 083	1 146	8 624,30	7 741,68	2 400,93
Medio Piura margen izquierda	1 799	715	7 829,92	7 224,72	1 309,25
Castilla - Tacala	434	253	1 790,41	1 565,74	594,85
La bruja	7 651	2 094	3 787,85	3 714,62	2 865,49
Puyuntala	9 584	3 060	3 668,90	3 648,67	3 897,22
Palo Parado	2 549	577	1 299,73	1 294,41	1 171,80
Cumbibira	4 321	963	2 183,47	2 168,10	2 287,48
Shaz	5 115	1 266	1 488,12	1 484,18	1 626,49
Casarana	7 558	2 435	2 377,67	2 364,42	5 561,30
Sinchao parte alta	2 361	970	860.3584	855,8077	2053,61
Chato	3 735	1 573	2 785,90	2 629,54	2 180,75
Seminario	4 087	1 616	2 582,44	2 546,64	2 480,35
Parte alta Sechura	6 987	3 069	1 833,68	1 818,69	3 004,15
San Andres	6 994	2 935	3 578,66	3 541,76	3 966,22
Muñuela margen izquierda	6 081	2 309	3 240,79	3 205,69	3 834,93
Muñuela margen derecha	6 299	2 502	3 540,10	3 500,68	3 947,50
<b>Áreas en condición de permiso</b>	<b>735</b>	<b>484</b>	<b>3 818,57</b>	<b>2 672,32</b>	<b>2 672,32</b>
<b>Total</b>	<b>77 638</b>	<b>27 483</b>	<b>51 472,31</b>	<b>49 305,34</b>	<b>43 182,32</b>

Fuente: Administración Técnico de Riego del Medio y Bajo Piura, PROFODUA – PIURA, DIC. 2008

Figura 4.7

**Cédula de cultivo del Valle Medio y Bajo Piura**



Fuente: elaboración propia

Durante los últimos 26 años, los cultivos sembrados en el valle de Chira han ido cambiando constantemente; sin embargo, se puede distinguir un crecimiento de las preferencias en los cultivos de plátano, limón sutil, arroz, mango y recientemente caña de azúcar con propósitos de obtener biocombustibles. Ver Figuras 4.8, 4.9 y 4.10.

Figura 4.8

**Evolución de los cultivos de limón, mango y plátano en el valle de Chira (hectáreas cultivadas)**

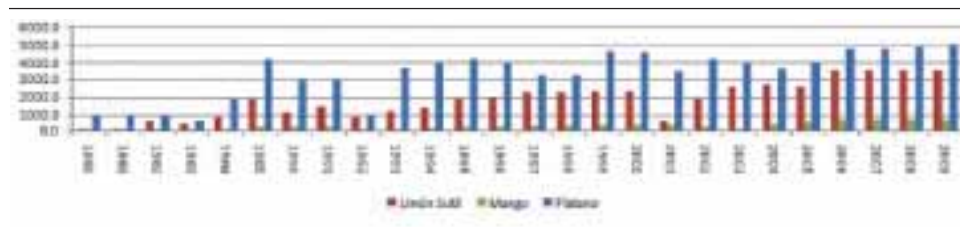


Figura 4.9

**Evolución de los cultivos sorgo y caña de azúcar en el valle de Chira (hectáreas cultivadas)**

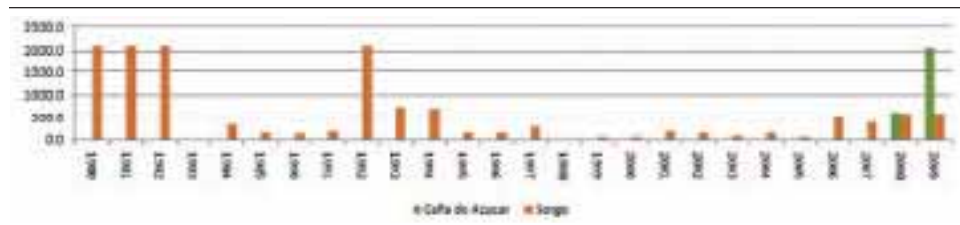
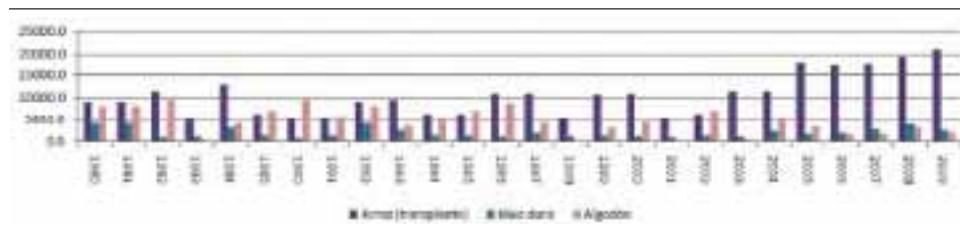


Figura 4.10

**Evolución de los cultivos de arroz, maíz duro y algodón en el valle de Chira (hectáreas cultivadas)**



Por el contrario, los cultivos que están experimentando cada vez menor preferencia son el sorgo, el algodón y el maíz.

*Requerimientos climáticos para la evapotranspiración*

La evapotranspiración es la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo, agua que retorna a la atmósfera, durante el período vegetativo del cultivo, bajo condiciones climáticas específicas. Es, por lo tanto, una guía para orientar la cantidad de agua a agregar en el suelo para el desarrollo de los cultivos. La información climática corresponde a la estación de Chilaco para el Río Chira (Cuadro 4.5) y la estación Miraflores (Cuadro 4.6) para el río Piura.

Una mención especial merecen los requerimientos térmicos de los cultivos ya que están más asociados a las temperaturas medias diurnas; la amplitud del régimen térmico



( $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ ) indica la fluctuación de la energía disponible en el medio para la traslocación de fotosintatos a los órganos de acumulación y de reserva de la planta.

Cuadro 4.5

**Evapotranspiración en la Estación Chilaco**  
**Altitud: 90 msnm Latitud: -4.7 grados. (Sur) Longitud: -80.51 grados. (Oeste)**

Mes	T max (°C)	T min (°C)	Humedad (%)	Vel . Viento (Km/ d)	Brillo solar (Horas)	Rad. Solar (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)	ETo (mm/mes)
Enero	30,6	16,1	67	371,5	6,6	19,7	6	186
Febrero	31,4	16,5	69	371,5	6,3	19,6	6,04	187,24
Marzo	31,1	16,3	73	345,6	6,8	20,2	5,7	159,6
Abril	30,3	15,9	73	328,3	7	19,5	5,33	165,23
Mayo	27,6	14,5	74	319,7	6,8	17,8	4,53	135,9
Junio	26,3	13,8	75	328,3	6,3	16,3	4,12	127,72
Julio	25,1	13,2	74	328,3	6,4	16,7	4,05	121,5
Agosto	25	13,1	72	354,2	7,3	19,3	4,52	140,12
Septiembre	25,3	13,3	71	380,2	7,5	20,8	4,91	152,21
Octubre	25,9	13,8	71	380,2	7,5	21,3	5,09	152,7
Noviembre	26,9	14,1	70	388,8	7,4	20,9	5,32	164,92
Diciembre	28,7	15,1	68	397,4	7,4	20,7	5,78	173,4
Promedio	30,7	19,3	67,7	223,2	6,8	19	4,95	1 866,54

Cuadro 4.6

**Evapotranspiración en la Estación Miraflores**  
**Altitud: 30 msnm Latitud:-5.17 grados. (Sur) Longitud:-80.61grados. (Oeste)**

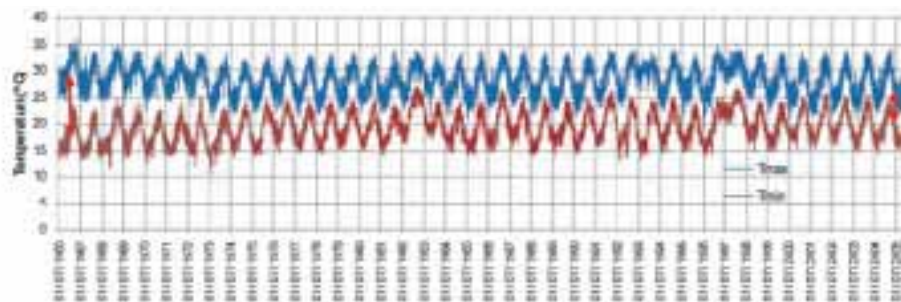
Mes	T max (°C)	T min (°C)	Humedad (%)	Vel . Viento (Km/ d)	Brillo solar (Horas)	Rad. Solar (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)	ETo (mm/mes)
Enero	33,3	21,8	61,8	216	6,7	18,3	5,34	165,54
Febrero	34	22,9	63,5	181,4	6,1	19,3	5,41	167,71
Marzo	34	22,6	64,8	164,2	6,6	19,9	5,31	148,68
Abril	32,5	21,3	66,2	198,7	7	19,5	5,17	160,27
Mayo	30,5	19,2	68,8	216	7	18	4,62	138,6
Junio	28,5	17,8	71,6	216	6,3	16,2	4,01	124,31
Julio	27,5	16,9	71,9	207,4	6,2	16,4	3,89	116,7
Agosto	27,8	16,9	71,4	241,9	6,6	18,2	4,38	135,78
Septiembre	28,7	16,9	69,5	285,1	7,3	20,5	5,13	159,03
Octubre	29,5	17,5	68,9	267,8	7,2	20,8	5,29	158,7
Noviembre	30,3	18,1	67,6	241,9	7,2	20,7	5,31	164,61
Diciembre	31,9	20	65,8	241,9	7,1	20,3	5,55	166,5
Promedio	30,7	9,3	67,7	223,2	6,8	19	4,95	1 806,43

La estación meteorológica La Esperanza, ubicada en el valle de Piura, cuenta con una serie larga de temperatura. Como se puede apreciar en la Figura 4.11, los valores de  $T_{\max}$  y  $T_{\min}$  tienen pendientes opuestas, lo que indica que ambos valores tienden a juntarse con el paso de los años, lo cual no es conveniente para la agricultura, porque influye directamente

en el requerimiento hídrico y la calidad de los productos; esto puede influir en el cambio de los requerimientos hídricos de los cultivos, incluida la caña de azúcar.

Figura 4.11

**Variación de la temperatura máxima y mínima, estación La Esperanza**  
**Latitud: 04°55'04" Longitud: 81°03'38" Altitud: 12 msnm.**



Bajo las características antes descritas de los valles de Chira y Piura, la magnitud de las demandas en cada valle son 853,9 Hm<sup>3</sup> y 808,5 Hm<sup>3</sup>, con la variabilidad que se muestra en la Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7

**Demanda hídrica agrícola (Hm<sup>3</sup>)**

Valle	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Chira	75,2	80,7	86,9	80,4	83,8	83,1	75,0	81,4	68,3	59,0	18,2	61,9	853,9
M y B Piura	98,2	101,2	91,4	56,9	49,7	49,1	67,6	88,0	80,6	62,1	14,1	49,4	808,5
<b>Total</b>	<b>173,4</b>	<b>181,9</b>	<b>178,3</b>	<b>137,2</b>	<b>133,5</b>	<b>132,2</b>	<b>142,6</b>	<b>169,5</b>	<b>148,9</b>	<b>121,1</b>	<b>32,3</b>	<b>111,3</b>	<b>1 662,3</b>

En condiciones de crecimiento de la ocupación de las áreas potenciales y de las áreas nuevas con cultivos bioenergéticos (Escenario 4), la demanda se incrementa a los siguientes valores: 984,4 Hm<sup>3</sup> en Chira, 947,62 Hm<sup>3</sup> en Piura y 424,64 Hm<sup>3</sup> en las áreas nuevas de caña, como se muestra en la Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8

**Demanda hídrica agrícola (Hm<sup>3</sup>)**

Valle	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Valle de Chira	89,81	96,7	101,92	89,83	92,27	91,38	84,09	93,12	80,50	69,69	26,25	69,06	984,40
Valle de Piura	113,76	117,37	106,43	68,29	59,12	58,79	81,22	104,00	92,11	70,84	18,42	57,27	947,62
Áreas con caña	36,42	34,52	34,90	32,33	25,53	43,42	37,60	39,71	35,08	32,57	33,33	39,22	424,64
<b>Total</b>	<b>239,99</b>	<b>248,35</b>	<b>243,26</b>	<b>190,46</b>	<b>176,91</b>	<b>93,59</b>	<b>202,91</b>	<b>236,83</b>	<b>207,69</b>	<b>173,10</b>	<b>78,01</b>	<b>165,56</b>	<b>2 356,66</b>

### 4.3.2 DEMANDA HÍDRICA POBLACIONAL

La demanda hídrica poblacional se consideró cambiante en el tiempo a una tasa de cambio igual a la tasa de crecimiento poblacional informada por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática); esto ayuda a mantener el criterio de sostenibilidad del crecimiento de la demanda de agua por considerar una simulación dinámica (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9

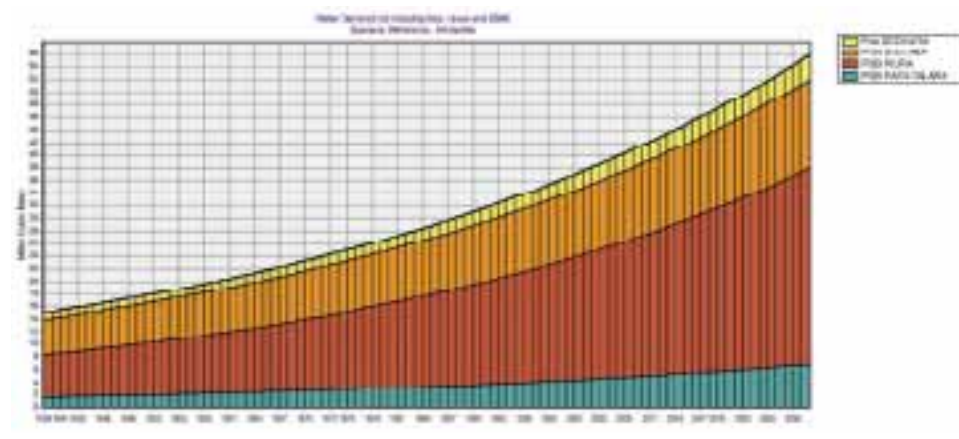
#### Requerimiento de agua poblacional

Población	Unidad	Censo 2007	Tasa crecimiento	Pob. Estimada 2030	Consumo l/día/hab
Sullana	Hab	251608	1.0%	316312	120
Piura	Hab	569540	1.7%	839278	120
Paíta Talara	Hab	108535	1.6%	156359	120
Sechura	Hab	62319	1.5%	87768	120
<b>Total</b>		<b>992002</b>		<b>1399719</b>	

Las demandas ascienden a 14,94 Hm<sup>3</sup> al inicio de la simulación (1939); en el año de 2007 este valor pasa a 39,66 Hm<sup>3</sup> y a finales del período (2030) la demanda asciende a 55,71 Hm<sup>3</sup>. Ver Figura 4.12.

Figura 4.12

#### Variación de la demanda hídrica de la población



### 4.3.3 DEMANDA HÍDRICA AMBIENTAL

El requerimiento ecológico del sistema es complejo y requiere extensos monitoreos e investigaciones. McMahon (1993) revisó las diferentes metodologías existentes que varían de empíricas a complejos modelos hidrogeocológicos como el Modelo de Simulación de Hábitats Físicos (PHABSIM).

En los ríos del Perú, la metodología más usada es el caudal mínimo necesario (*Qecol*), conocido también como el método de bloques, que determina los requerimientos de caudal en el río para sostener el medio ambiente y el ecosistema existente. El *Qecol* se determina por lo general en un taller multidisciplinario y teniendo como valores deseados de caudal mínimo de flujo mensual; los valores así determinados son oficializados por las instituciones locales o nacionales.

Para el Río Chira, el caudal ecológico es 5 m<sup>3</sup>/s para todos los meses, entendiendo que la restricción será más viable durante los meses de estiaje, ya que durante los meses de avenida siempre será superado este valor; por ello sería conveniente determinar el requerimiento de caudal variable en el tiempo. Para el caso del río Piura el caudal ecológico es igual a 2 m<sup>3</sup>/s; el mismo proviene generalmente del mismo río, pero en algunas ocasiones hay transvase del río Chira. (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10

**Demanda Ecológica Hm<sup>3</sup>**

Ríos	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Total
Chira	12,96	13,39	13,39	13,39	13,39	12,96	13,39	13,39	12,10	13,39	12,96	13,39	<b>158,11</b>
Piura	5,18	5,36	5,36	5,36	5,36	5,18	5,36	5,36	4,84	5,36	5,18	5,36	<b>63,24</b>

Fuente: Resoluciones Administrativas aprobando Caudal Ecológico Río Chira – Río Piura

**4.3.3 DEMANDA HÍDRICA ENERGÉTICA E INDUSTRIAL**

La producción industrial está compuesta por centros de transformación de productos agrícolas, centro de embalaje y producción de diversas clases de bebidas (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11

**Demanda Industrial Hm<sup>3</sup>**

Usos	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Industrial	0.104	0.094	0.104	0.101	0.104	0.101	0.104	0.104	0.101	0.104	0.101	0.104	<b>1.226</b>
Piscícola (aqua y eco acuicola)	16,32	16,87	16,32	16,87	16,87	15,24	16,87	16,32	16,87	16,32	16,87	16,87	<b>198,61</b>

Fuente: Balance Hídrico 2004 – 2005, Profodua 2008.

**4.3.4 PÉRDIDAS EN LOS CANALES**

Las pérdidas están principalmente referidas a las originadas en los canales de conducción: Canal Miguel Checa, Canal de Derivación, Canal Norte y Sur y los canales del Medio y Bajo Piura.

Las pérdidas estimadas en el Sistema en el valle de Chira y Medio y Bajo Piura, tomando como base el Estudio “Determinación del Porcentaje de Pérdidas en el Sistema Secundario Chira Piura (años 2006 al 2008)”, del Proyecto Especial Chira Piura, Dirección

de Operaciones y Mantenimiento (Tadeo Ramos, 2009) y el Reporte de las Características Hidráulicas del Canal Miguel Checa del PECHP son:

*Valle de Piura:* JU Sechura 31,6 por ciento, JU Medio y Bajo Piura 31,48 por ciento (canal Biaggio Arbulu).

*Valle de Chira:* CR Poechos Pelados 38,24 por ciento, CR Daniel Escobar 13,7 por ciento, CR Cieneguillo 40,87 por ciento, CR Miguel Checa 45,78 por ciento, CR Margen Derecha 37,36 por ciento, CR Margen Izquierda 45,29 por ciento y CR El Arenal 33,02 por ciento.

En el modelamiento del Sistema, las pérdidas en los canales y las parcelas son consideradas como volúmenes de agua que pueden ser recuperables y potencialmente utilizables en el riego de tierras del sistema. Las aguas de pérdida, excepto la evaporación, tienen dos opciones posibles: discurrir al cauce del río aguas abajo del punto aprovechado y/o contribuir al volumen del acuífero. En el modelo propuesto, ambas pueden ser representadas porque las aguas de retorno son captadas en las bocatomas del Canal Norte o por las tomas de los áreas nuevas de cultivos para biocombustible aguas abajo de la presa Sullana. Las aguas infiltradas al acuífero también pueden ser utilizadas con el bombeo de éstas hacia las tierras con cultivos bioenergéticos.

#### 4.4 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y RIESGO DEL SISTEMA

##### 4.4.1 FALLA

La siguiente descripción de confiabilidad se basa en el supuesto de que el régimen previsto en un tiempo  $t$  dado, puede ser en un estado satisfactorio (es decir, no falla)  $NF$  o insatisfactorio (es decir, fracaso) estado  $F$ . Este estudio se basa en los sistemas de abastecimiento de agua, y, por lo tanto, el estado  $NF$  se produce cuando el suministro de agua es capaz de satisfacer la demanda de agua y el estado  $F$  cuando la oferta no satisface la demanda (déficit). En el paso del tiempo  $t$  al tiempo  $t + 1$ , el sistema puede permanecer en el mismo estado o cambiar a otro estado. La duración del estado  $j$ -ésimo período de falla se denota  $d(j)$  y el volumen de déficit correspondiente se denota  $v(j)$ ,  $j = 1, \dots, M$ , donde  $M$  es el número total de sucesos de fallas. Las definiciones de  $d(j)$  y  $V(j)$  se ilustran para un solo evento de falla en la Figura 4.13. El volumen de déficit del evento de falla se calcula como la diferencia acumulada entre la demanda y la disponibilidad:

$$v(j) = \sum_{t=1}^{d(j)} [D(t) - Y(t)]$$

donde  $d(j)$  es la duración de la falla,  $D(t)$  y  $Y(t)$  son la demanda de agua y la oferta actual respectivamente.

#### 4.4.2 CONFIABILIDAD

El criterio de desempeño de los sistemas de recursos hídricos más antiguo y más ampliamente usado, es la confiabilidad, definido por Hashimoto *et al.* (1982) como:

$$Rel = P\{S \in NF\}$$

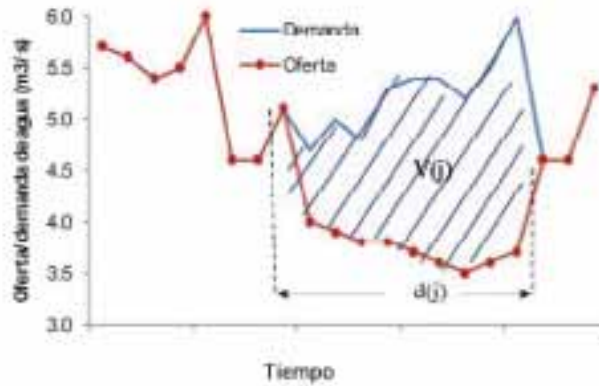
donde  $S$  es la variable de estado del sistema. El concepto más ampliamente aceptado y aplicado de ocurrencia de confiabilidad puede ser estimado como:

$$Rel = 1 - \frac{\sum_{j=1}^M d(j)}{T}$$

donde  $d(j)$  es la duración de la  $j$ -ésima falla,  $M$  es el número de fallas y  $T$  es el número total de intervalos de tiempo.

Figura 4.13

**Características de la duración y el volumen de un evento de falla**



#### 4.4.3 RESILIENCIA

La resiliencia es la medida de la rapidez del sistema en regresar a un estado satisfactorio desde un estado de falla. Hashimoto *et al.* (1982) definen resiliencia como una probabilidad condicional:

$$Res = P\{S(t+1) \in NF / S(t) \in F\}$$

donde  $S(t)$  es la variable de estado del sistema. Esta definición de resiliencia es igual a la inversa del promedio de la duración de las fallas, es decir:

$$Res_1 = \left\{ \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M d(j) \right\}^{-1}$$

donde  $d(j)$  es la duración de la falla (déficit) y  $M$  es el número total de fallas. Moy *et al.* (1986) definieron resiliencia como la duración máxima consecutiva de falla en la cual se

queda el sistema. La resiliencia se expresa como la inversa de la duración máxima:

$$Res_2 = \left\{ \max_j \{d(j)\} \right\}^{-1}$$

Algunos autores argumentan que la definición basada en los valores máximos son mejores que los basados en valores medios.

#### 4.4.4 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es una medida del daño probable de la falla y fue definida por Hashimoto *et al.* (1982) como:

$$Vul = \sum_{j \in F} e(j)h(j)$$

donde  $h(j)$  es el resultado más severo del estado de falla en el tiempo  $j$  y  $e(j)$  es la probabilidad de  $h(j)$  de ser el resultado más severo en el estado insatisfactorio.

Hashimoto *et al.* (1982) y Jinno *et al.* (1995) basaron su vulnerabilidad en el déficit total de agua experimentado durante toda la duración en  $F$ , es decir, déficit de volumen. Esta definición es muy adecuada para sistemas con embalses y puede ser estimada como el valor medio de los déficits:

$$Vul_1 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M v(j)$$

En resumen en la literatura están disponible dos conjuntos diferentes de estimadores de resiliencia y vulnerabilidad. Un conjunto de estimadores se centra en la media de las características del defecto observado, mientras que el otro se centra en las propiedades de los valores máximos observados de las propiedades del fracaso.

### 4.5 MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

#### 4.5.1 GENERALIDADES

El proceso de modelamiento hidrológico del Sistema Chira Piura, fue realizado con la ayuda de un programa de cómputo WEAP21.

#### 4.5.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Es una herramienta de computación para la planificación integrada de los recursos hídricos. WEAP provee un marco conceptual completo, flexible y amigable para analizar políticas y directrices en el manejo del agua.

Actualmente muchas regiones enfrentan grandes retos en el manejo de recursos hídricos, incluyendo la asignación de los limitados recursos de agua, el mantenimiento de la calidad del agua y la definición de políticas de manejo del recurso. Para enfrentar estos retos, los modelos convencionales orientados al suministro de agua no siempre son adecuados.

El modelo WEAP se basa en el principio de contabilidad del balance de agua y es aplicable a sistemas de agua potable y sistemas agrícolas, cuencas individuales, o sistemas más complejos.

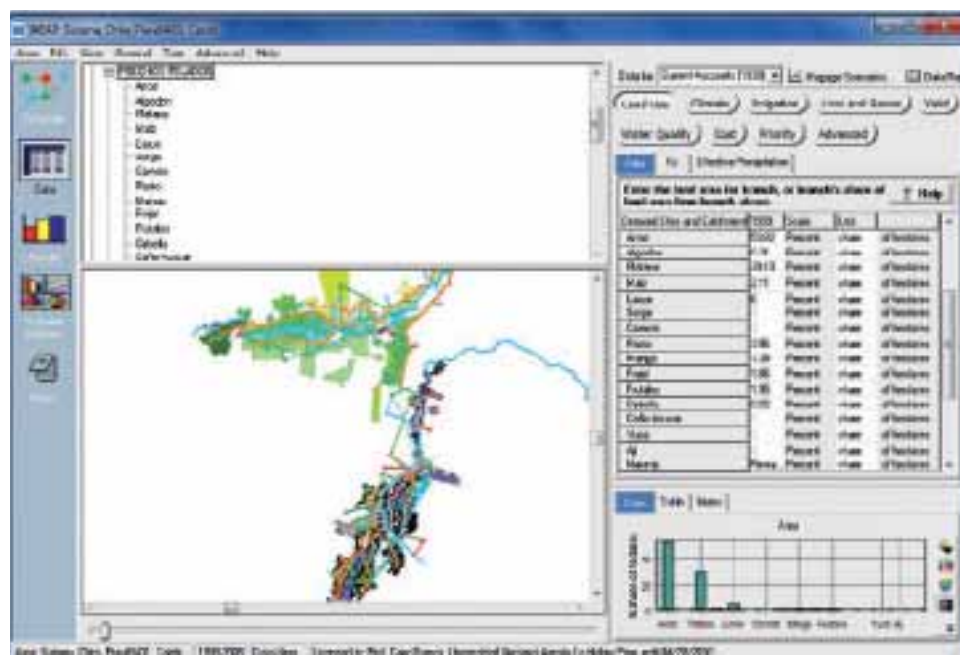
El análisis de escenarios es fundamental en WEAP. Los escenarios se usan para explorar la respuesta del modelo a una amplia gama de preguntas, como por ejemplo, qué sucede si: a) los patrones económicos o demográficos cambian; b) los requerimientos del ecosistema son más estrictos; c) la combinación de cultivos cambia; d) la eficiencia de la irrigación mejora; e) se usa mayor cantidad de agua subterránea; f) las reglas de operación de los embalses cambian; g) el cambio climático altera la demanda y las fuentes de agua; h) la contaminación afecta la calidad del agua y otros.

#### 4.5.3 FORMULACIÓN DEL MODELO

El Modelamiento del Sistema hidráulico Chira Piura, estará definido en el modelo con todas las fuentes de agua (río Chira y Piura), agua subterránea, todas las demandas de los usuarios y con todas las obras hidráulicas que comprende el sistema de manera que pueda reproducirse el comportamiento del Sistema y la distribución de agua según las prioridades de la demanda y la preferencia de las ofertas (Figura 4.14).

Figura 4.14

#### Modelo Hidrológico del Sistema Hidráulico Chira Piura en WEAP



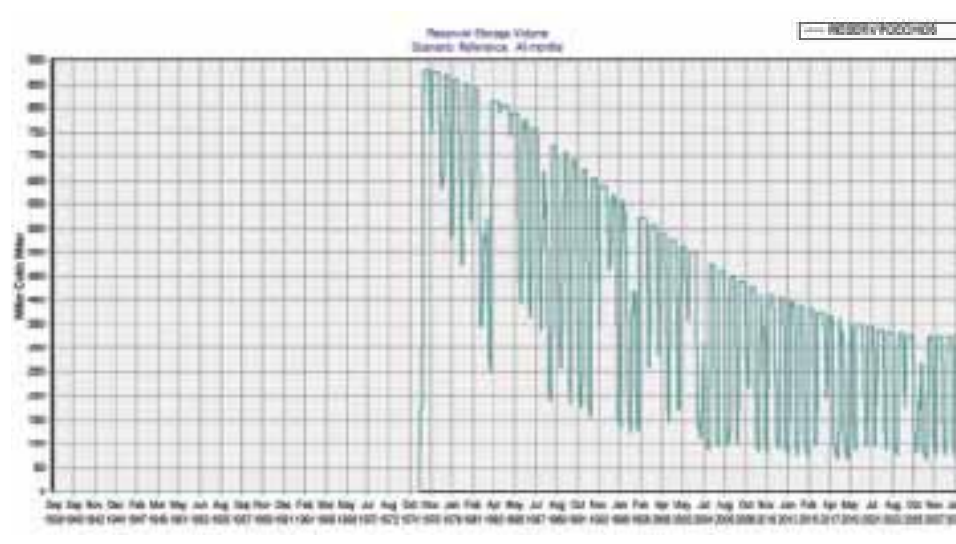
Una obra restrictiva del sistema es el Embalse de Poechos ya que dependerá del almacenamiento de este embalse la posibilidad de abastecer con agua a mayor o menor área de cultivo. Esta obra ha venido perdiendo volumen útil de almacenamiento por el



progresivo proceso de colmatación que viene sufriendo, debido básicamente a la carga de sedimento de la escorrentía en la cuenca (Figura 4.15).

Figura 4.15

**Variación del volumen del Embalse Poechos**



De acuerdo al comportamiento histórico de la colmatación y manteniendo esta tendencia se espera que a finales del 2030 el volumen útil del embalse alcance un volumen de 360 Hm<sup>3</sup> en la cota 103 y 400 Hm<sup>3</sup> en la cota 104,1, siempre que no hayan eventos severos como El Niño 1982 y 1998; en tal caso el valor del volumen útil sería aun menor.

Las características del embalse determinadas por las batimetrías efectuadas por el Proyecto Especial Chira Piura se muestran en la Cuadro 4.12.

Cuadro 4.12

**Característica Geométrica del Embalse Poechos**

Nivel Característico	Cota (msnm)	1976	1999	2005	2008(&)
		Volumen (MMC)	Volumen (MMC)	Volumen (MMC)	Volumen (MMC)
	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	73,5	40,0	13,9	11,9	10,4
	76,0	70,0	19,8	16,7	14,5
	76,5	80,0	28,9	23,5	20,1
Vol Muerto	81,0	130,0	39,5	33,4	29,1
Cota del Canal	84,0	180,0	55,0	46,4	40,3
Derivacion	86,0	220,0	75,4	63,6	55,2
Daniel Escobar	88,5	270,0	102,9	87,1	75,8
Cota min.	91,0	360,0	138,7	117,8	102,9
Operacion	93,5	410,0	186,1	158,6	139,0
	95,0	485,0	247,0	208,9	181,7
	98,5	610,0	326,4	276,5	265
	101,0	760,0	427,2	363,1	342,7
*	103,0	880,0	556,9	474,7	441,0
	104,0	890,0	604,0	540,4	491,0
**	105,0	900,0	653,7	556,2	510,9
Cota limite***	106,2	1000,0	701,5	598,1	549,2

\* Nivel de operación ordinaria.

El nivel de Operación actual es el 104 msnm, aprobado por el Comité.

\*\* Nivel de vertedero, nunca a llegado y no debe llegar por razones de sequiridad.

\*\*\* Nivel de eventos máximos extraordinarios hasta la fecha el agua nunca llegó a este nivel.

(&) Campaña de medición de perfiles y sedimentos acumulados, se determinó el volumen a la cota 103 y el resto de valores fue estimado.

**4.5.4 CALIBRACIÓN DEL MODELO**

El modelo fue calibrado con las descargas registradas en el Puente Sullana para el período de los años 1976 – 2008 y los volúmenes registrados en el embalse Poechos en el mismo período. El modelo muestra una buena correlación y una calibración satisfactoria como puede apreciarse en las Figuras 4.16, 4.17 y 4.18, donde las masas anuales y mensuales calculadas tienen un comportamiento similar a las masas anuales y mensuales registradas en los puntos de comparación. Presentan un coeficiente de correlación Pearson de 0,95 por ciento, lo cual indica una buena representación del sistema.

Figura 4.16

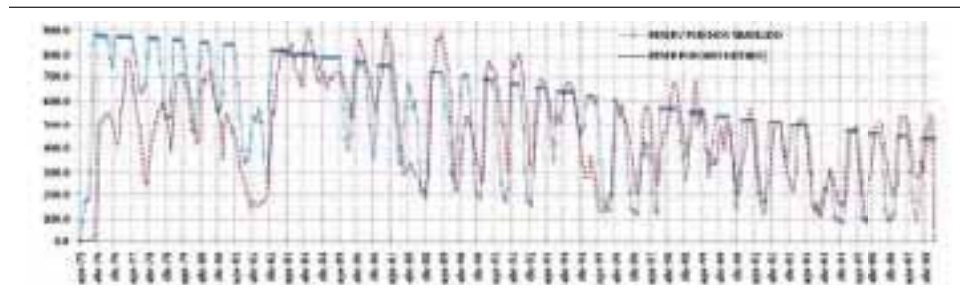
**Volumen del embalse Poechos simulado y medido en Hm<sup>3</sup>**

Figura 4.17

Comparación de los caudales simulados y medidos en la Estación Sullana (Hm<sup>3</sup>)

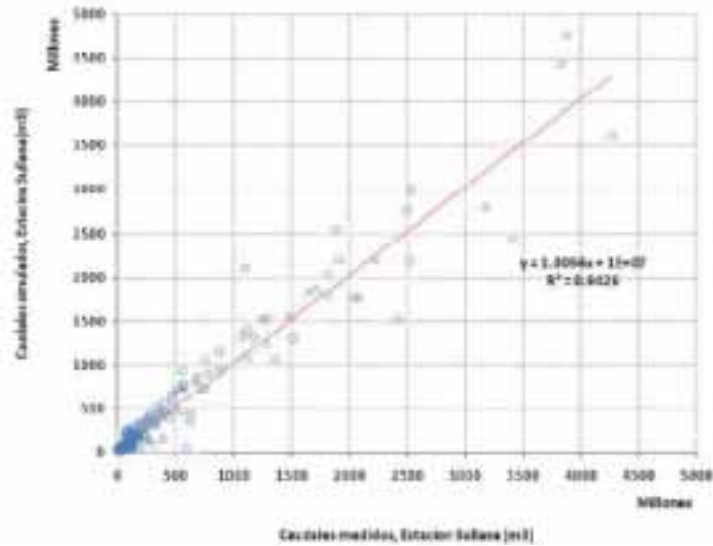
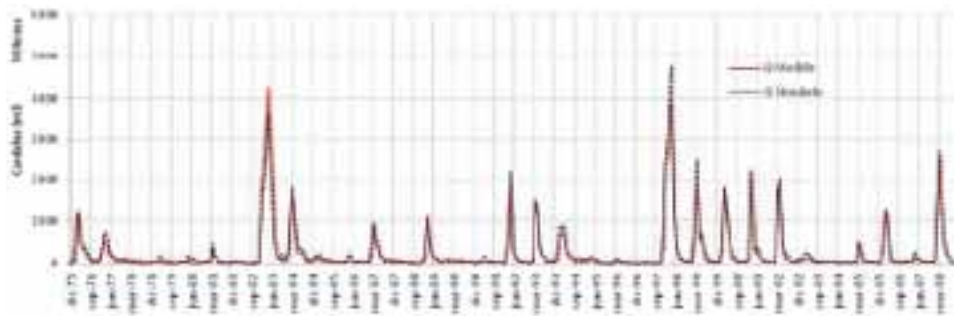


Figura 4.18

Volumen medio mensual Estación Sullana (simulado y medido) Hm<sup>3</sup>



## REFERENCIAS

**Actualización** del Estudio de Asignación de Agua en Bloques de Riego para la Consolidación del Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua en el Valle Chira, del agosto 2009.

**Actualización** del Estudio de Conformación de Bloques de Riego para la Consolidación del Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua en el Valle Chira, aprobado mediante Resolución Administrativa N° 025-2009-ANA-ALA CHIRA, del 25.12.2009.

**B. Srdjevic y D. Obradovic**, Reliability-Risk Concept In Evaluating Control Strategies For Multireservoir Water Resources System, IFAC Large Scale Systems, Londres, 1995.

**Caracterización** hídrica y adecuación entre la oferta y la demanda en el ámbito de la cuenca binacional Catamayo - Chira, Consorcio ATA - UNP -UNL, Loja – Piura, Perú, 2003.

**Castillo Casanova Abner**, Gobierno Regional de Piura, Dirección de Operación y Mantenimiento División Poechos Canal Derivación, Medición de Sedimentos Presa Poechos, 2007.

**David Yates, Jack Sieber, David Purkey y Annette Huber-Lee**, parte 1 y 2, 2005, International Water Resources Association, "WEAP21 – A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model".

**Diagnóstico** de gestión de la oferta de agua en las cuencas Chira – Piura. Proyecto Especial Chira-Piura - INADE en Julio 2001.

**Diagnóstico** de la red de estaciones hidrológicas de nueve proyectos hidráulicos de la costa, INADE-SENAMHI, Octubre 2001.

**Estudio** Hidrológico de sedimentación del reservorio, determinación de los límites de inundación aguas debajo de la presa Poechos, Energoprojekt Hidroinzenjering, Diciembre 2000.

**Estudio** Propuesta de Asignación de Agua en Bloques (Volúmenes Anuales y Mensuales) para la Formalización de Derechos de Uso de Agua del Valle del Chira, 2004.

**Hashimoto, T., Loucks, D. P. y Stedinger, J.** (1982) Reliability, resilience and vulnerability for water resources system performance evaluation. *Water Resour. Res.* 18(1), 14–20. *Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*, Estadística y proyección poblacional, y perfil socio demográfico del departamento de Piura, (<http://www.inci.gob.pe>)

**José Carlos de Araújo y Pedro Henrique Augusto Medeiros.** Water availability reduction in reservoirs for different sediment yield scenarios in a semiarid watershed.

**McMahon, T. A.** (1993). Hydrologic Design for Water Use. Chapter 27 in Handbook of Hydrology (ed. D. R. Maidment), McGraw-Hill, Estados Unidos de América.

**Minobe, S.** 1997: A 50-70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America. *Geophysical Research Letters*, Vol 24, pp 683-686.

**Moy, W-S, Cohon, J. L. y ReVelle, C. S.** (1986) A programming model for analysis of the reliability, resilience, and vulnerability of a water supply reservoir. *Water Resources Research*, 22(4), 489-498.

**Nathan J. Mantua, Steven R. Hare, Yuan Zhang, John M. Wallace y Robert C. Francis.** “A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1997. <http://jisao.washington.edu/pdo>.

**Plan de gestión** de la oferta de agua en las cuencas de los proyectos hidráulicos de costa del INADE, Asesores Técnicos Asociados, Agosto 2002.

**Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes y Martin Smith,** “Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”, FAO 56, Roma 2006.

**Thomas Rodding Kjeldsen.** Sustainability Assessment of Water Resources Systems, Sustainability Assessment of Water Resources Systems, 2001.

**Waqar A. Jehangir, Hugh Turrall y I. Masih.** Water productivity of rice crop in irrigated areas, 4th International Crop Science Congress. 2004.

([http://www.cropsscience.org.au/icsc2004/poster/1/2/959\\_jehangir.htm](http://www.cropsscience.org.au/icsc2004/poster/1/2/959_jehangir.htm))

**Tadeo Ramos,** 2009, Determinación del porcentaje de pérdidas en el sistema secundario Chira Piura (años 2006 al 2008), Proyecto Especial Chira Piura, Dirección de Operaciones y Mantenimiento.

**Jinno, K., Zongxue, X. Kawamura, A. y Tajiri, K.** (1995) Risk assessment of a water supply system during drought. *Water Resour. Devel.* 11(2), 185-204

# METODOLOGÍA APLICADA EN EL ANÁLISIS DE RECURSOS DE BIOMASA LEÑOSA Y DE RESIDUOS PARA USO COMBUSTIBLE

Víctor Barrena Arroyo, Jaime Gianella, Henry García, Noelia Flores, Ethel Rubín, Juan Carlos Ocaña, Roxana Guillén

## 5.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas energéticos basados en la biomasa, se diferencian de otros sistemas energéticos por el recurso primario utilizado (Patiño *et al.*, 2008). En el caso de la biomasa, su gran heterogeneidad en su origen, composición, recolección y tratamiento y en su distribución geográfica, le otorga un carácter complejo en comparación a otros recursos energéticos primarios.

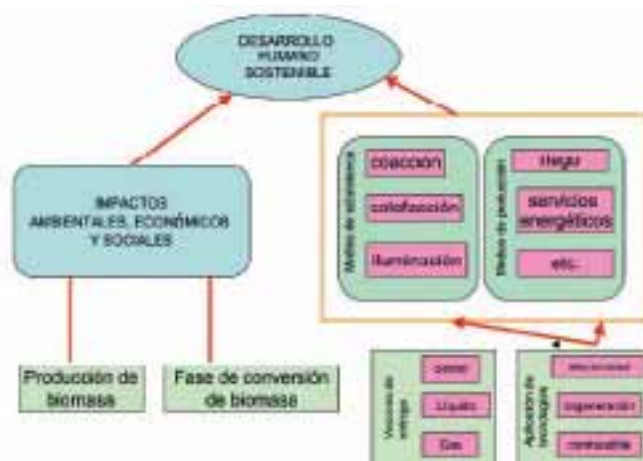
Para el estudio de un sistema complejo como el que se analiza en el presente estudio, el elemento fundamental es la sostenibilidad económica, ambiental y social, por lo que es necesario tener presentes los siguientes conceptos:

- Uso sostenible.
- Sostenibilidad medioambiental.
- Sostenibilidad social.
- Dimensión espacial.
- Dimensión temporal.

En la Figura 5.1 se muestran los vínculos entre la bioenergía y el desarrollo sostenible.

Figura 5.1

Vínculos entre la bioenergía y el desarrollo sostenible (modificado de Masera *et al.*, 2004)



Por esta razón, los estudios bioenergéticos son complejos y específicos para un sitio específico.

La heterogeneidad tanto de la materia prima para el abastecimiento de dendrocombustibles (bosques naturales, matorral, podas de cultivos arbóreos, residuos agrícolas, entre otros) como en los sectores de demanda de biomasa, demuestra la necesidad de encarar un estudio pormenorizado acerca de los patrones de consumo y sus fuentes de abastecimiento. Lamentablemente, en muchas ocasiones las estadísticas relevadas no contemplan todas las fuentes de abastecimiento, ni la totalidad de los distintos consumos de biomasa con fines energéticos.

## 5.2 HERRAMIENTAS Y METODOLOGIA

El desarrollo tecnológico basado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representa una herramienta de gran ayuda para abordar el contexto geográfico y el amplio rango de los aspectos pertinentes al tema de la producción de energía a partir de biomasa, en especial en lo que concierne a la demanda de energía y al suministro de biomasa. La mayor ventaja de la utilización de los SIG es otorgar un marco geo-referenciado y cuantificado de las diferencias territoriales y de los factores que pueden influir en la oferta de biomasa y en la aparición de problemas sociales y ambientales (Patiño *et al.*, 2008).

La integración de la información en un SIG permite llevar a cabo procedimientos simultáneos de análisis de los dos componentes del dato geográfico: espacial y temático; de esta manera brinda soluciones a problemas espaciales complejos (Gómez *et al.*, 2006).

El programa utilizado es ARC GIS (ver 9.2), uno de los programas de SIG más populares en la actualidad lo que asegura que sea usada la metodología WISDOM.

La metodología aplicada para el análisis de biomasa a partir de residuos fue el Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles (*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping - WISDOM*) desarrollada por el Programa de Dendroenergía de la FAO. La metodología WISDOM originalmente estaba enfocada solamente a la evaluación de la biomasa leñosa, aunque recientemente esta visión se ha ampliado para comprender también otros tipos de biomasa no leñosa, tales como la de origen agrícola y agroindustrial. De hecho, la metodología permite la incorporación de otras capas de información geo-referenciada relativas a la oferta y al consumo de otras fuentes de biomasa. En esta aplicación de WISDOM para Perú han sido considerados tanto la biomasa no leñosa de origen agrícola, como los residuos de poda y cosecha y los subproductos de las agroindustrias.

WISDOM consiste en el mapeo de la Oferta y la Demanda de Biomasa con fines energéticos y, a posteriori, el desarrollo de un módulo de integración de ambas. El módulo de integración ofrece como resultado el balance entre la biomasa disponible y accesible y la demanda total de la misma.

La aplicación de la metodología de análisis WISDOM implica cinco pasos principales (FAO, 2003):

1. Definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de demanda.
3. Desarrollo del módulo de oferta.
4. Desarrollo del módulo de integración.
5. Selección de las áreas prioritarias o puntos fundamentales de biomasa bajo diferentes escenarios.

Además, pueden delimitarse áreas de aprovisionamiento de recursos biomásicos para la explotación del recurso con fines energéticos; para ello se siguen los siguientes pasos:

6. La oferta potencial “comercial” disponible para el mercado<sup>8</sup>.
7. Definición de áreas de oferta sostenible (biocuenca), basadas en la producción potencialmente comercial de biomasa.

En la Figura 5.2 se observa un resumen de los módulos y de las principales capas temáticas de WISDOM Perú.

Es importante aplicar WISDOM en el Perú pues la producción de leña y carbón registrada oficialmente predomina sobre cualquier otro producto maderable como lo muestra el Cuadro 5.1. Leña y carbón representan el 88,02 por ciento, en peso, del total de la producción maderable en el Perú que comprende madera aserrada, triplay, parquet, postes, durmientes y láminas contrachapadas.

Cuadro 5.1

#### Resumen de producción de productos maderables 2007

Producto	Volumen (m <sup>3</sup> )	F conv-kg	TN	%
Laminada y chapas decorativas	3 642,18	700	2 549 526	0,04
Triplay	68 664,4	650	44 631,86	0,74
Parquet	18 624,89	750	13 968,6675	0,23
Postes	1 733,31	725	1 256,64975	0,02
Durmientes	1 278,6	780	997,308	0,02
Madera aserrada	936 666,8	700	655 666,76	10,92
Carbón*	68 907,7	500	34 453,85	0,57
Leña**	7 243 180	725	5 251 305,5	87,45
<b>Total</b>	<b>8 342 697,88</b>		<b>6 004 830,12</b>	<b>100,00</b>
Un m <sup>3</sup> de Carbón = 500 kg				

(\*\*) Producción estimada en base a la población rural del país  
Fuente: INRENA (2008)

<sup>8</sup> Para definir la productividad comercial se utilizó un umbral que garantice como mínimo una producción de 12Tm/ha con una rotación de 25 años. A partir de esto, solo las áreas que presentan una productividad anual sustentable (disponible y accesible) superior a 0,48 Tm/ha (3 Tm/pixel) son consideradas como potencialmente comerciales.



### 5.3 MATERIALES

Este tipo de análisis tiene un carácter intrínsecamente geográfico y se adapta a las características específicas del territorio. Una de las limitantes más importantes en este tipo de análisis es la calidad de la información. Existe una estrecha relación entre los datos relevados, la confiabilidad de las fuentes de información utilizadas y el resultado de este primer balance. A continuación se realiza una descripción de las fuentes utilizadas y las limitaciones de las mismas.

#### 5.3.1 BASE CARTOGRÁFICA ADMINISTRATIVA DE ANÁLISIS

La base cartográfica político-administrativa seleccionada para el análisis es la división provincial, ya que por el momento no es posible obtener todos los datos que incorporen un análisis de forma homogénea a nivel distrital.

A nivel de provincia es posible obtener distintas variables socioeconómicas y productivas relacionadas con la oferta y el consumo de biomasa.

El mapa administrativo del Perú utilizado fue elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en 2005. El Perú está dividido administrativamente en 25 regiones administrativas (antes departamentos), 194 provincias y 1 828 distritos.

#### 5.3.2 INFORMACIÓN UTILIZADA

1. Los datos obtenidos para el módulo de oferta, fueron:

- La información sobre bosques naturales a nivel nacional fue obtenida del Mapa Forestal del INRENA para el año 2000.
- La superficie de plantaciones forestales a nivel departamental fue obtenida de las estadísticas forestales para el año 2007 producidas por INRENA (2008); no existe un mapa de plantaciones forestales en el Perú.
- La información de base sobre las existencias volumétricas fue obtenida de los Mapas Forestales del Perú de 1975 y de 1995.
- El incremento medio anual (IMA), tanto de bosques naturales como de plantaciones forestales, fueron obtenidos de diversas fuentes bibliográficas.
- Superficie agrícola implantada con los diferentes cultivos, superficie cosechada, rendimientos, producción y residuos agroindustriales. Los datos fueron facilitados por el MINAG. Las características de los mismos y la metodología de análisis se detallan en los Apéndices 5E al 5H.
- La extracción de madera para usos industriales (productos maderables) de base de datos del ex INRENA.
- La oferta de residuos provenientes de la industria del aserrado de madera, se obtuvo a nivel distrital y fue proporcionado por el MINAG. Dado que los datos se encuentran a un nivel más detallado, permitió una localización más concreta de la oferta de este tipo de residuos y delinear los flujos de traslado de los productos madereros.

- Mapa de Uso del Suelo para Sudamérica del Proyecto Global *Land Cover Map* del año 2000 (GLC2000), de píxeles de 1 km de lado, elaborado por el *Joint Research Center of the European Commission* (Eva *et al.*, 2003).
- El producto global MODIS: *Vegetation Continuous Field Tree Cover Percent Map* obtenido del sitio web: [tp://ftp.glcf.umiacs.umd.edu/modis/VCF/Collection\\_4](tp://ftp.glcf.umiacs.umd.edu/modis/VCF/Collection_4) (versión 2005), escenas: KJ 1718, KJ 1920, ML 1718, ML 1920.
- El modelo digital de terreno global de 90 m de tamaño de píxel (STRM) <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- El Mapa de Carreteras elaborado en el 2009 por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El Mapa de Ferrocarriles elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El Mapa de Ríos principales y secundarios.
- El Mapa de las Áreas naturales protegidas del Perú elaborado por INRENA en 2009.

2. Los datos obtenidos para el módulo de demanda fueron:

- Estructura del consumo energético en los hogares como combustible más utilizado para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción, entre los cuales se encuentra relevado el consumo de leña y carbón vegetal. Estos datos se encuentran a disposición en el censo poblacional del 2007.
- Balance de Energía Útil en el sector residencial, obtenidos por el Ministerio de Energía y Minas para el año 2000

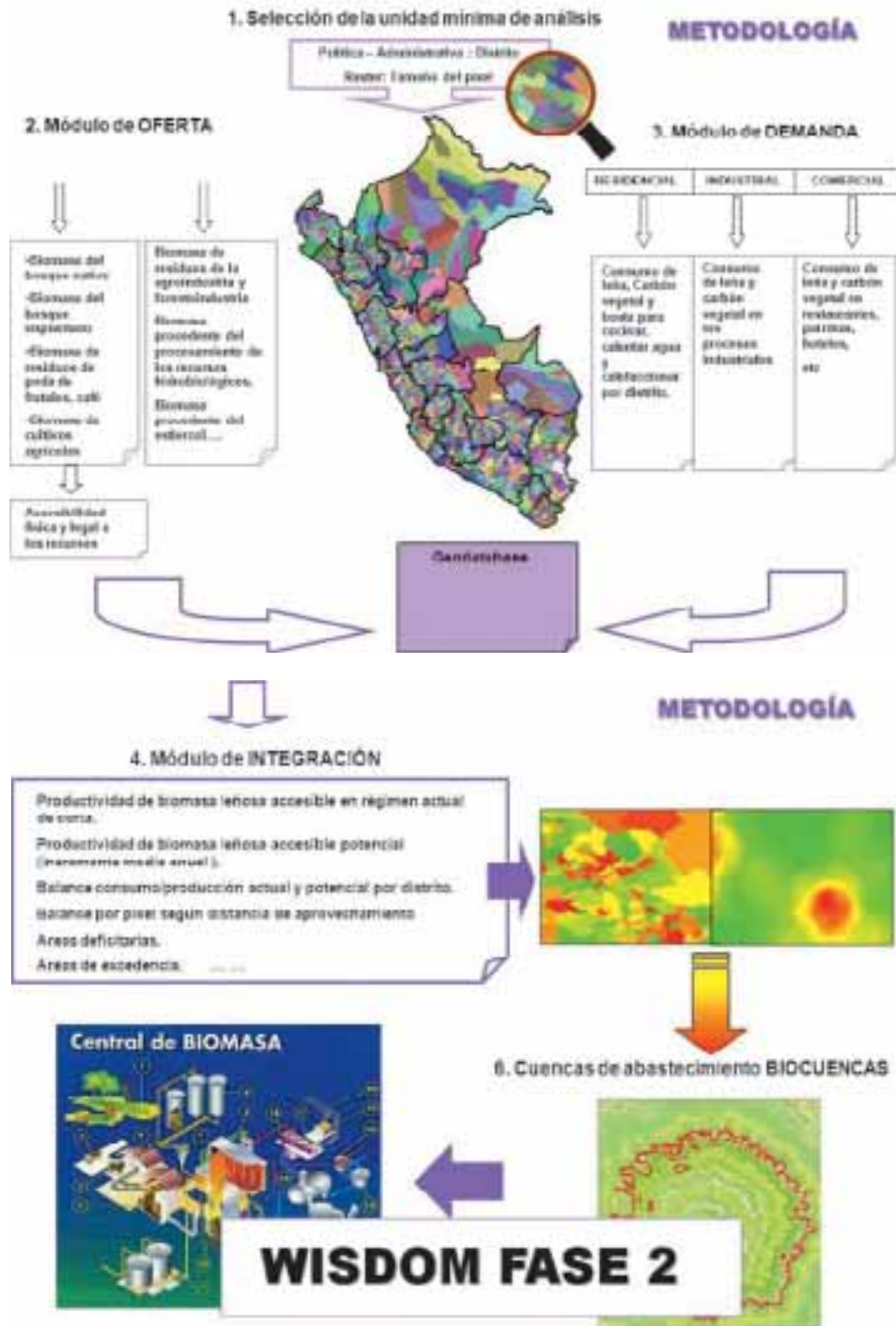
En el Apéndice 5A se presenta, de manera resumida, información sobre las capas principales, variables y fuentes de datos utilizadas en los módulos de WISDOM Perú.

## 5.4 MÉTODOS

### 5.4.1 DEFINICIÓN DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA/ESPACIAL MÍNIMA DE ANÁLISIS.

Una vez revisada la información con el grupo de trabajo de WISDOM Perú y sumado a la disponibilidad de los tiempos establecidos para el relevamiento de la información faltante; se acordó trabajar a nivel de Provincia y con un tamaño de píxel de 250 m x 250 m, con una superficie de 6,25 ha.

Figura 5.2  
WISDOM Perú. Pasos del análisis y capas temáticas



## 5.4.2 DESARROLLO DEL MÓDULO DE OFERTA

### 5.4.2.1 OFERTA DIRECTA

El análisis y la representación espacial de las fuentes de oferta directa de biomasa disponibles para energía, consta de tres fases:

1. Estimación y distribución geográfica de las existencias de biomasa leñosa de los bosques naturales y de las plantaciones forestales.
2. Estimación y distribución geográfica de la productividad sustentable y cálculo de la cantidad anual disponible para usos energéticos.
3. Estimación de la biomasa accesible, física y legalmente, sobre la productividad sustentable y disponible de los bosques naturales y de las plantaciones forestales.

Estas fases se representan en la Figura 5.3

#### a) **Primera Fase: estimación y distribución geográfica de las reservas de biomasa leñosa derivada de bosques naturales y plantaciones forestales.**

La primera fase representa un requisito previo importante, ya que los valores de la biomasa disponible y accesible para fines energéticos son calculados a partir de los valores de las existencias (stock) y productividad de biomasa de las clases del Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra.

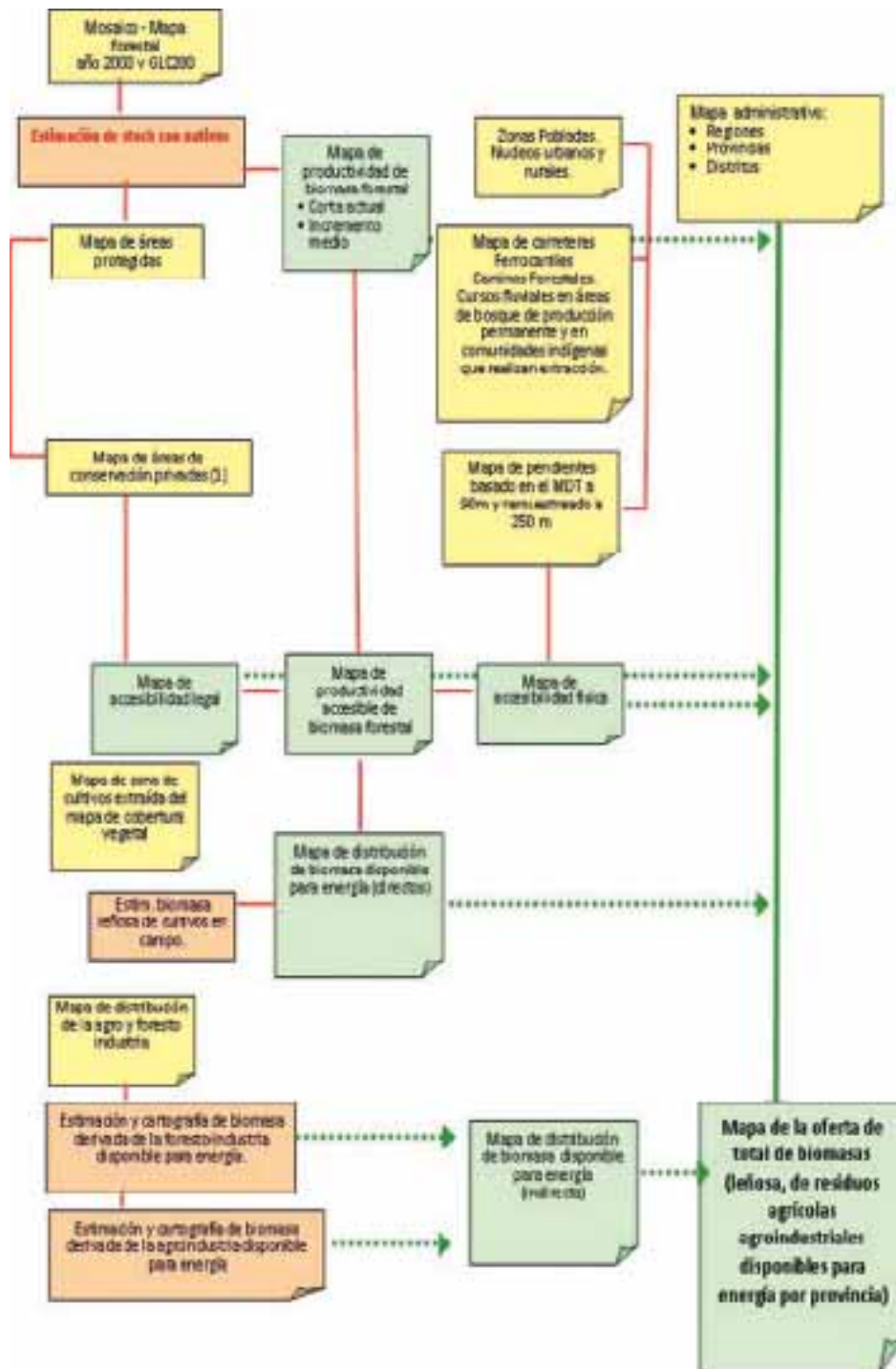
#### *Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra*

La cobertura del suelo y uso de la tierra representa una capa cartográfica esencial para el análisis WISDOM, ya que es a partir de las distintas clases que conforman este mapa que se desarrolla el Módulo de Oferta.

Para la construcción de esta capa fundamental se utilizó el Mapa Forestal del año 2000 elaborado por INRENA (2005). Sobre este mapa se asignan los valores de las existencias y productividad (IMA) mínima, media y máxima a cada clase. Las existencias volumétricas fueron obtenidas e inferidas de los mapas forestales de los años 1975 y 1995.

Figura 5.3

Diagrama de flujos de las principales capas de información y fases analíticas del módulo de oferta



Estos datos asignados expresan el contenido volumétrico (m<sup>3</sup>/ha) de estas clases. Para expresarlos en valores de biomasa, en t/ha, los valores expresados en m<sup>3</sup> fueron multiplicados por el Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) según WISDOM Argentina (FAO, 2009) y por la densidad básica promedio encontrada en la literatura. En el Cuadro 5.2 se muestran la función y los valores tomados para obtener el FEB.

Cuadro 5.2

**Factor de Expansión de Volumen**

Factor de expansión de la Biomasa (FEB)	Bosques densos de frodosas (VFSC10 >60)	EXP(3,213-0,506*LN(BV))	Para BV<190 (BV = VFSC 10*DBL sh)	Brown S., 1997 Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer Forestry Paper 134. Ecuación 3.1.4, Pág. 8
	Formaciones abiertas (VSFC 10<60)	3,0	Para BV>190	Brown, comunicación personal con R. Drigo; Brown, S. and A. E. Lugo. 1984 Biomass tropical forest: a new estimate based on volumens. Science 223:1290-1293

Fuente: FAO (2009)

El Mapa Forestal fue revisado con ayuda de imágenes LANDSAT ETM+ y con el producto MODIS, el *Vegetation Continuous Field Tree Cover Percent Map (Tree Cover)* con el objetivo de verificar si las formaciones vegetales, principalmente de la Costa y de la Sierra, eran uniformes en cada clase del mapa y que correspondiesen con las existencias.

Algunas de las clases del Mapa Forestal de la Costa y de la Sierra no presentaban correspondencia y por eso fueron sustituidas por las clases del Mapa de Uso del Suelo para Sudamérica del Proyecto *Global Land Cover Map* del año 2000 (GLC2000); correspondían a estas áreas geográficas para lo cual se superpusieron ambos mapas.

El GLC2000 fue remuestreado a píxeles de 250 m para que su resolución sea la misma de todos los mapas a utilizar.

En el Apéndice 5B se muestra un ejemplo de la falta de concordancia mencionada y de las clases que fueron sustituidas.

Los valores de existencias e IMA de las clases nuevas provenientes del GLC2000 fueron los valores utilizados en WISDOM Argentina (FAO, 2009) en estas clases y así evitar mayores errores.

De esta manera se obtienen los valores de las existencias y productividad en biomasa. El mapa resultante fue considerado como el Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra.

En el Apéndice 5C se muestra este Mapa y las clases que lo componen.

En la Figura 5.4 se observa un detalle del Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra

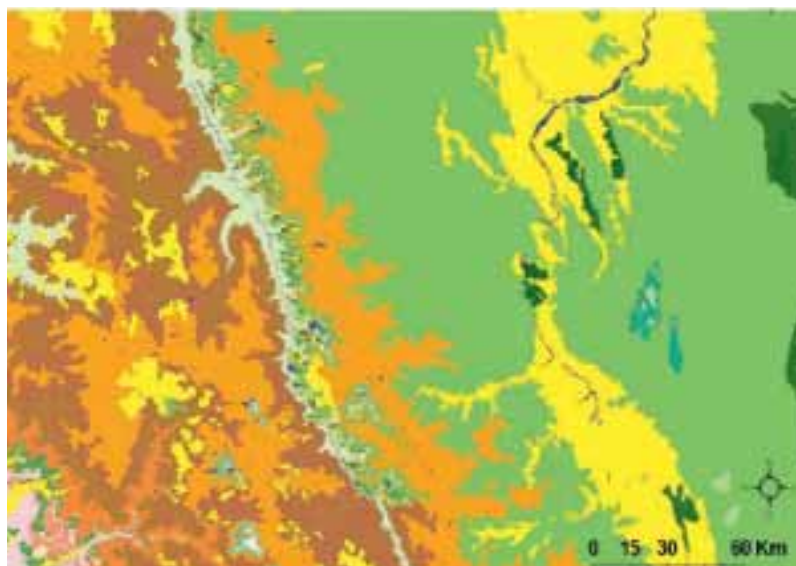
que corresponde a un área entre las regiones de Cajamarca, La Libertad y San Martín. La leyenda se muestra en el Apéndice 5C.

En el Apéndice 5D se presentan los valores de la existencias de cada una de las clases. Todos los cálculos se realizaron en toneladas base seca.

En lo que se refiere a las plantaciones forestales, no existen los mapas pertinentes en el Perú; solo existe la superficie plantada por Región. El total acumulado para el país en 2007 fue de 824 310 ha (INRENA, 2008). Tampoco hay información sobre las existencias volumétricas de estas plantaciones.

Figura 5.4

#### Detalle del Mapa Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra



#### b) Segunda Fase: estimación y distribución geográfica de la productividad sustentable y cálculo de la cantidad anual disponible para usos energéticos.

Para esta segunda fase se requiere contar con los Incrementos Medio Anuales (IMA) tanto de los bosques naturales como de las plantaciones forestales. En el caso de los bosques naturales estos valores de productividad fueron obtenidos de la bibliografía disponible. Estos valores se encuentran en el Apéndice 5D.

El IMA de las plantaciones también se obtuvo de las referencias bibliográficas teniendo en cuenta que la FAO indica que en el Perú el 75 por ciento de las especies plantadas corresponde a eucaliptos, el 6 por ciento a pinos y el 19 por ciento restante corresponde a otras especies.

En esta fase empieza el análisis espacial haciendo uso de las facilidades que brindan los SIG.

- Las existencias y la productividad de cada clase de cobertura del suelo y uso de la tierra tienen que tener en cuenta la variabilidad de la densidad de la vegetación, que como se ha visto, varía dentro de una misma clase.

Para realizar esta ponderación o ajuste se recurrió al *Vegetation Continuous Field Tree Cover Percent Map (Tree Cover)*, de tal manera que cada pixel refleje las variaciones de densidad o cobertura existente en cada clase.

El producto *Tree Cover Percent* fué elaborado para los años 2000 al 2005. Revisados todos los productos se decidió utilizar el año 2005, debido a que los años anteriores no reflejan la deforestación, aunque el producto elaborado para el año 2000, es el que mejor refleja la variabilidad porcentual de la cobertura arbórea.

Luego se hizo un mosaico de todas las escenas e inmediatamente después, se recortó este mosaico para circunscribirlo al territorio peruano para lo cual se le aplicó una “máscara” con los límites del Perú. Posteriormente, como todos los mapas, se remuestreó a 250 metros de resolución por píxel, para obtener el mapa de porcentaje de cobertura arbórea. En la Figura 5.5 se muestra un detalle del *Tree Cover* para una zona entre las regiones de Cajamarca, La Libertad y San Martín

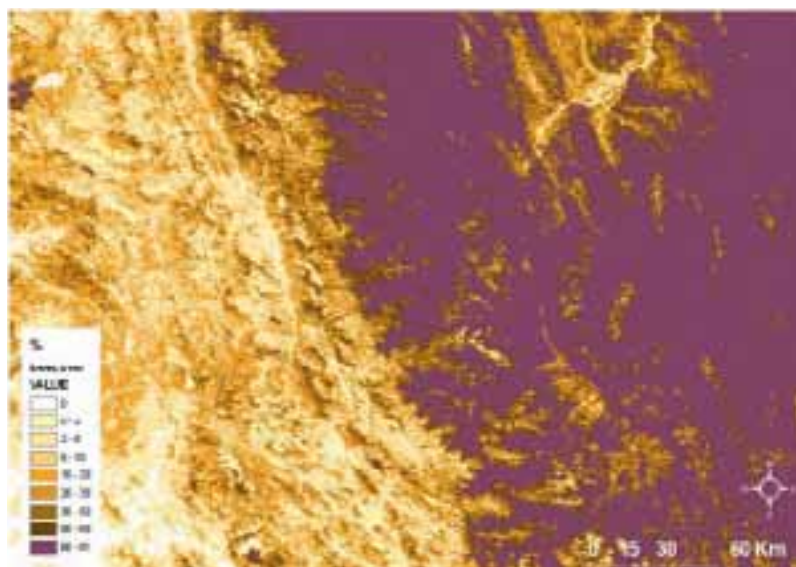
Con esta cobertura se calculó el valor promedio del *Tree Cover (TCm)* para cada una de las clases del Mapa de Cobertura del Suelo y del Uso de la Tierra; esta operación se realizó usando la función *zonalstatistics* del módulo *Spatial Analyst* de ArcGis.

Los valores promedio de cobertura (por ciento) para cada clase del Mapa de cobertura del suelo y uso de la tierra se presentan en el Apéndice 5D.

- Luego de determinar los valores promedio de cobertura, se procedió a calcular los valores de coeficientes de reducción que permitirán determinar tanto la biomasa disponible como la productividad disponible para usos energéticos. Este cálculo se realizó en una hoja de cálculo Excel.



Figura 5.5

**Detalle del mapa de Porcentaje de Cobertura Arbórea**

Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$CS_x = \frac{S_x}{TCM_x}$$

Donde

$CS_x$  = Coeficiente de las existencias (stock) para la clase x

$S_x$  = Existencias promedio (stock promedio) de la clase x

$TCM_x$  = Valor promedio de la cobertura arbórea de la clase x

$$CI_x = \frac{I_x}{TCM_x}$$

Donde

$CI_x$  = Coeficiente de productividad (IMA) para la clase x.

$I_x$  = IMA (min, med, max) para la clase x..

$TCM_x$  = Valor promedio de la cobertura arbórea de la clase x.

- Luego se procedió a calcular los multiplicadores de la cobertura arbórea tanto para las existencias de biomasa así como para la productividad de cada clase del Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra. Para ello, se dividió el valor de existencias y de IMA de cada clase entre el valor de cobertura promedio (TCm) de cada clase. Estos cálculos fueron hechos en una hoja de cálculo Excel. Los multiplicadores calculados fueron luego llevados a kilogramos. Estos valores fueron asignados a cada clase y expresados en mapas.

- Estas capas de multiplicadores fueron multiplicadas por el mapa del *Tree Cover* y por 6,25 ha que es la superficie de cada pixel. De esta manera se obtienen mapas conformados por valores discretos en los que queda reflejada la distribución de las existencias y de la productividad mínima, media y máxima de biomasa leñosa dentro de cada una de las clases de bosque natural.

Un ejemplo del mapa de existencias promedio (stock medio) se presenta en la Figura 5.6.

En la Figura 5.7 se muestra un ejemplo de la productividad promedio del bosque natural.

- Para calcular la productividad de las plantaciones forestales se toman en cuenta las proporciones de plantaciones por especie y se utilizaron los siguientes IMA: eucaliptos 23 m<sup>3</sup>/ha/año, pinos 16 m<sup>3</sup>/ha/año y otras especies 10 m<sup>3</sup>/ha/año, de acuerdo a Berni (2009). Estos cálculos se realizan en una hoja de cálculo de Excel tomando en cuenta la superficie de las plantaciones forestales por departamento. Llevando esta información al SIG se obtuvieron los mapas de existencias y productividad de la biomasa de plantaciones forestales por Región.

Figura 5.6

**Detalle del mapa de Stock (medio) de la biomasa del bosque natural**

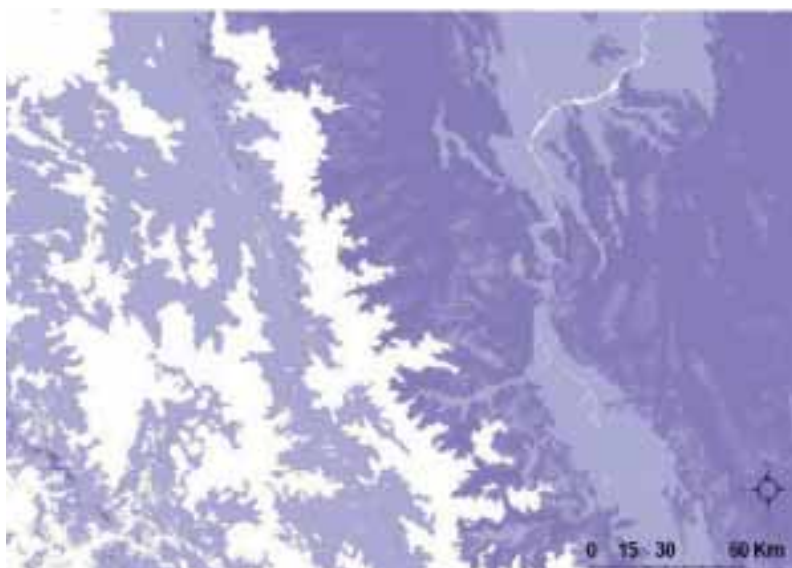
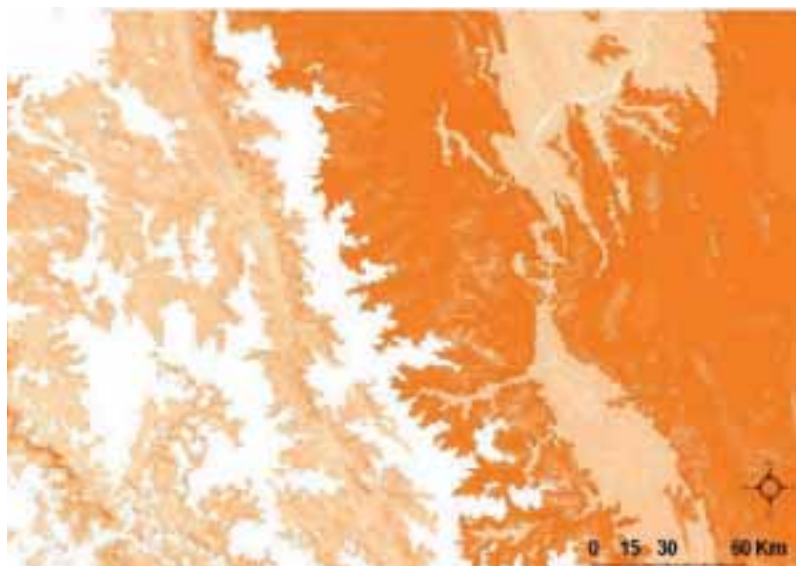


Figura 5.7

**Detalle del mapa de Incremento Medio Anual de la biomasa del bosque natural**

- A partir de la productividad (IMA) de los bosques naturales que se obtiene por clase de cobertura de suelo y uso de la tierra se calcula por medio de función *zonalstatistics* del módulo *Spatial Analyst* de ArcGis los valores de IMA de bosques naturales por Región. Luego se suman las capas de los IMA de bosques naturales y de plantaciones forestales, el resultado es la capa de productividad de biomasa total por región.
- Para determinar el incremento de biomasa “disponible” para dendroenergía, se dedujo del IMA la fracción correspondiente a la extracción de madera estimada a partir de la producción de madera para usos industriales. Para ello primero se cálculo, en una hoja Excel, la fracción de extracción por Región a partir de la información por departamento de la producción de productos maderables (INRENA, 2008) expresada en kilogramos. El total de país para 2007 se muestra en el Cuadro 5.1.

El factor de extracción es la fracción correspondiente a la diferencia entre las extracciones industriales de madera y el potencial IMA sustentable, para cada región.

El mapa resultante fue multiplicado por los mapas de IMA para crear el mapa de productividad total por región. Un detalle de este mapa se presenta en la Figura 5.8

- Finalmente, se calculó la cantidad de biomasa disponible para usos energéticos. Para ello, los mapas de la productividad total por departamento fueron multiplicados por el Factor de Fracción Dendroenergética (FFD) que representa la biomasa existente

sobre el suelo correspondiente al fuste, corteza y ramas, pero no toma en cuenta ni las ramitas ni las hojas; se consideró un FFD de 0,88 de acuerdo a FAO (2009). La Figura 5.9 muestra un detalle de este Mapa.

Figura 5.8

**Detalle del mapa de la Productividad (Incremento Medio Anual) de la biomasa disponible del bosque natural y de las plantaciones forestales**

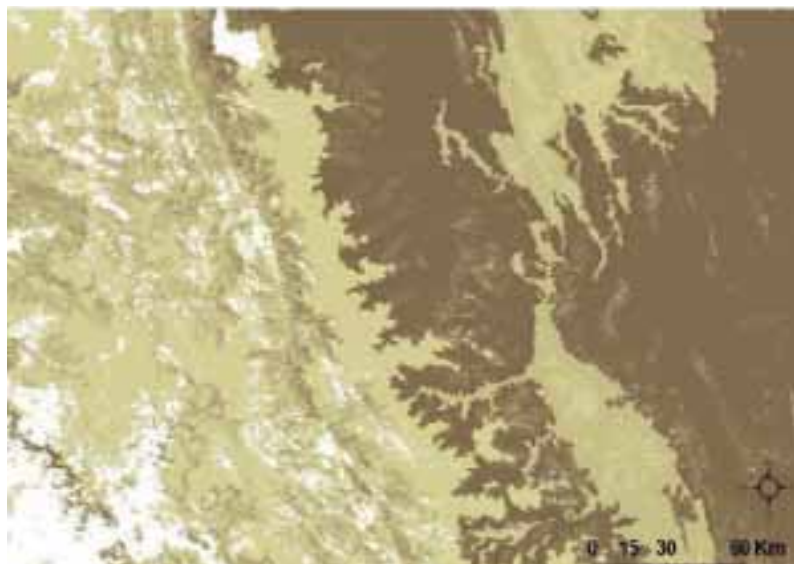
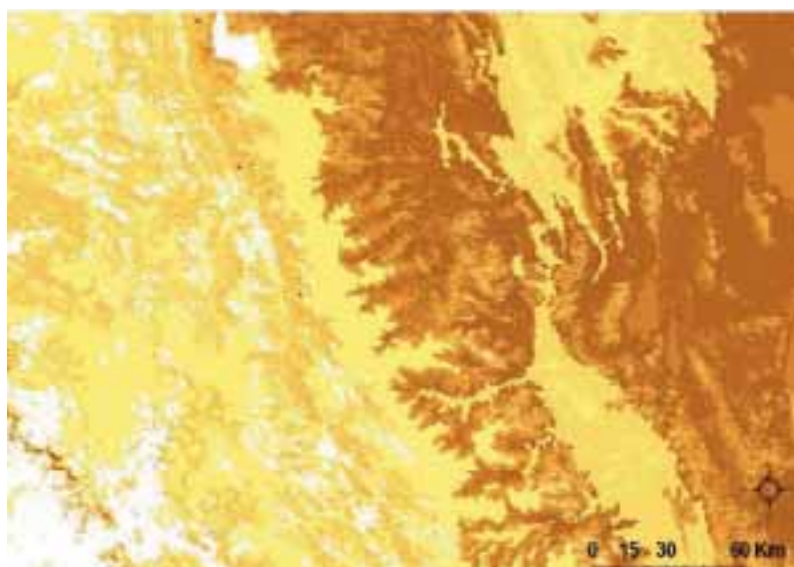


Figura 5.9

**Detalle del mapa de la Productividad (Incremento Medio Anual) de la biomasa dendroenergética.**



**c) Tercera fase: estimación de la biomasa accesible, física y legalmente, sobre la productividad sostenible y disponible de los bosques naturales y de las plantaciones forestales**

En la tercera fase, se define que parte de la biomasa disponible para fines energéticos calculada en la fase anterior, es accesible.

***Accesibilidad Física***

Es un parámetro espacial que define la accesibilidad de un determinado recurso biomásico en relación a la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso y a un factor de costo basado en características del terreno. Para determinar la biomasa disponible que es físicamente accesible, se siguieron los siguientes pasos:

- Remuestrear el Modelo Digital de Terreno (DTM) del tamaño original del pixel (90 m por 90 m) a un pixel de 250 m, acorde con la resolución del trabajo.
- A partir del DTM remuestreado, se generó un mapa de pendientes.
- Para analizar la accesibilidad física es necesario contar con las redes de caminos, cursos fluviales utilizables para el transporte de madera, ferrocarriles, entre otros. Estas capas fueron fusionadas conjuntamente con el mapa de lugares poblados (ciudades, pueblos y parajes) en una capa en formato *raster*.
- Determinación del costo acumulativo más bajo para cada celda mediante la función *Cost Distance* del módulo *Spatial Analyst* de ArcGis; para ello se utilizó como base los mapas generados en los dos pasos previos.
- Conversión de los valores continuos de accesibilidad a un adecuado número de clases que representen el rango de accesibilidad (como porcentaje del recurso relativo). Se generó un mapa de 20 clases con intervalos de cinco por ciento de accesibilidad
- El mapa de clases de accesibilidad fue utilizado como coeficiente de los mapas de IMA disponible para fines energéticos para obtener el mapa de IMA disponible y físicamente accesible para fines energéticos.

***Accesibilidad Legal***

Es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico en relación a las restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial.

De manera particular, estas restricciones están impuestas sobre las áreas naturales protegidas para la conservación de la naturaleza. El mapa de accesibilidad legal se genera sobre la base de información disponible acerca de las áreas protegidas, de la siguiente manera:

- Se compiló la información cartográfica de áreas protegidas y se generó una sola capa vectorial que luego fue convertida en *raster* a 250 m de tamaño de pixel
- Se categorizó a las áreas protegidas de acuerdo a la posibilidad de extracción de recursos. En los Parques Nacionales, los Santuarios Nacionales y los Santuarios Históricos, por definición, no debe realizarse ninguna extracción, mientras que en las otras categorías podría haber eventualmente algún tipo de actividad humana. Sobre el mapa de áreas protegidas se genera el mapa de accesibilidad legal, que refleja el grado de accesibilidad legal, en porcentaje, cero por ciento para los Parques Nacionales, los Santuarios Nacionales y los Santuarios Históricos y 20 por ciento para las otras categorías.

En la Figura 5.10 se muestra un detalle del mapa de accesibilidad física y legal. Se observa en la parte central el parque nacional del Río Abiseo y hacia la derecha el parque nacional Cordillera Azul.

#### *Cálculo de los recursos dendroenergéticos disponibles y accesibles*

Finalmente, para obtener los mapas de la biomasa (incrementos medios anuales) disponible y accesible (mínimo, medio y máximo), se multiplicaron los mapas obtenidos en la segunda fase, es decir, en primer lugar, los mapas de biomasa disponible para fines energéticos por el mapa de accesibilidad. El mapa resultante fue multiplicado posteriormente por el de accesibilidad legal.

Un detalle del mapa de biomasa dendroenergética disponible y accesible se muestra en la Figura 5.11.

Figura 5.10

**Detalle del mapa de accesibilidad física y legal.**

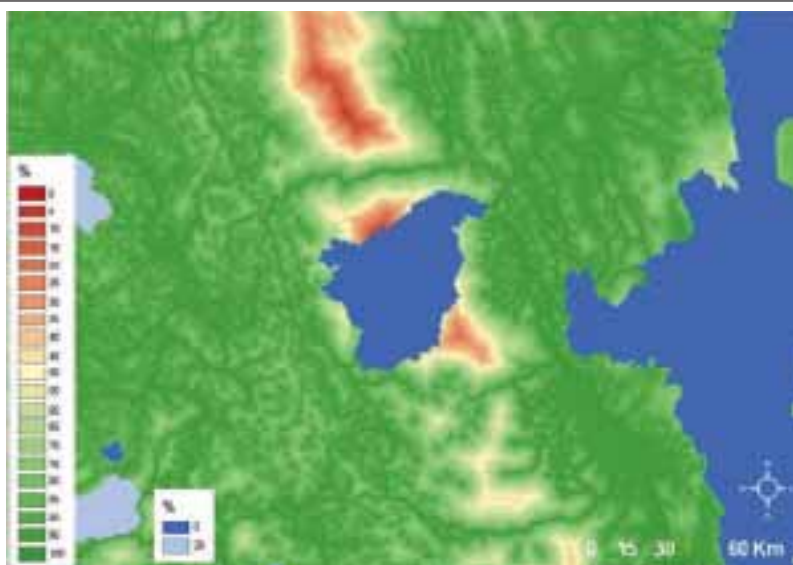
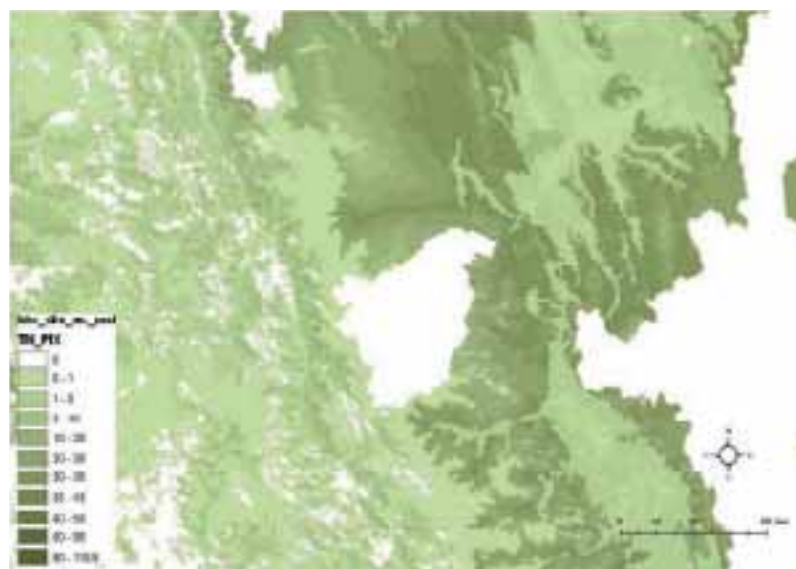


Figura 5.11

**Detalle del mapa de la biomasa dendroenergética disponible y accesible**

Cabe resaltar que el área representada en la Figura 5.11, es la misma de las Figuras 5.4 a 5.10.

**d) Otras fuentes directas de biomasa**

Se consideran fuentes directas de biomasa las derivadas de los cultivos agrícolas y los residuos en el campo que no están siendo utilizados con otros fines.

Se define como residuo agrícola a los componentes de la biomasa aérea de los cultivos seleccionados, que quedan en el campo luego de la cosecha o son producto de podas, los cuales no se utilizan para complementar la oferta del producto cosechado. Se les reconoce como subproducto sin mayor valor comercial y en su mayoría se eliminan en el campo mediante incineración al aire libre.

El cálculo del volumen de residuos agrícolas se efectuó en base al valor anual promedio de la producción/cosecha que registraron los cultivos seleccionados para el período 2005 – 2008. Se considera que parte de estos residuos se deja en el campo por razones de conservación de suelos.

Los residuos de los cultivos considerados como oferta de biomasa directa en esta primera aplicación de WISDOM en el Perú, son: maíz amarillo duro, arroz, caña de azúcar, algodón, espárrago, olivo; en el caso del olivo se considera las podas.

Los residuos agrícolas de estos cultivos han sido seleccionados en base a la importancia de la

superficie dedicada a los cultivos que los generan y a la importancia de los mismos en términos de valor económico de su producción y de cadena productiva.

También fueron considerados para analizar su incorporación en esta aplicación de WISDOM, los residuos pecuarios que comprenden las excretas y su transformación en estiércol (por fermentación natural), que genera el universo de especies de aves y ganado criados en el territorio nacional con fines comerciales.

La información sobre tamaño de la población pecuaria, constituye la base para estimar el volumen de residuos “estiércol” que nominalmente se dispondría para fines de energía (biogas proceso anaeróbico). Las especies consideradas para tal cálculo fueron: aves (pollo de carne, ponedoras, reproductoras, reproductores), alpaca, llama, caprino, ovino, porcino y vacuno. Dicha información corresponde a estadísticas sistematizadas por MINAG para un determinado año; se consideró el 2005 para el caso de aves y el 2006 para el resto de las especies.

Dado que el manejo de las especies pecuarias seleccionadas implica la posibilidad de que en un plazo relativamente corto (menos de 12 meses) se registren significativos cambios de localización y tamaño de las mismas (traslados, beneficio/saca), las cifras e inferencias de análisis deben tomarse como indicadores de carácter agregado o promedio, que reflejan valores que se ubican en escalas o rangos de ocurrencia razonablemente factible que corresponden a cifras exactas sobre el tamaño de la población pecuaria en un determinado año y lugar del territorio nacional.

La información estadística analizada corresponde a fuentes secundarias. Esta se tomó de documentos de carácter oficial y de fuentes académicas e informes técnicos de entidades privadas; lo cual se complementó con información de entrevistas a funcionarios, empresarios y profesionales vinculados a la actividad agrícola y pecuaria del país.

Debido a que el contenido energético del estiércol de las especies consideradas es reducido para un uso de producción comercial de energía y por la dispersión de los núcleos de crianza, los residuos pecuarios no fueron incluidos en el análisis. Las posibilidades de uso del estiércol con fines de energía, se limita a opciones para autoconsumo doméstico y en contados casos consumo para procesos de producción en pequeña escala.

En el Apéndice 5E se muestran las definiciones de cada residuo agrícola y pecuario utilizado en el presente estudio.

También se consideró comprender en WISDOM Perú a los residuos de las industrias pesqueras. De acuerdo a Dextre (com. pers.) y a Vargas (com. pers.), en los últimos años las industrias pesqueras tienden a reutilizar todos los residuos sólidos, en una primera etapa para recuperar insumos para su misma producción y, en una segunda etapa, para producir insumos para alimentos balanceados. Esto fue confirmado por Gianella (com. pers.) que



indicó que la biomasa seca existente en los residuos de las plantas pesqueras (estos residuos son líquidos), es insignificante como para pensar en generar energía. Por ello no se tomaron en cuenta los residuos de esta industria en el presente estudio.

En el Apéndice 5F y 5G se presentan los valores de biomasa por provincia de los residuos de los cultivos considerados en el presente estudio.

#### *Distribución espacial de los residuos directos*

Como no existen mapas de cultivos en el país, se utilizó información estadística a nivel provincial. Por otro lado, se consideró utilizar el mapa de cobertura del suelo y uso de la tierra para distribución espacial de los residuos agrícolas dejados en el campo. De este mapa se extrajeron las siguientes clases:

- Actividad agropecuaria
- Actividad agropecuaria / bosque secundario
- Agricultura – intensiva
- Mosaico agricultura / vegetación degradada
- Mosaico agricultura / bosques degradados

Se sobrepusieron a este nuevo mapa, los mapas de residuos de cada cultivo a nivel provincial. Los mapas de residuos fueron generados reclasificando el mapa de provincias de acuerdo a los valores presentados en el Apéndice 5G para cada cultivo.

De esta manera se localizaron geográficamente los residuos de cada uno de los cultivos considerados. Luego, se sumaron todas estas capas para producir el Mapa de la Oferta de otras fuentes directas de biomasa.

En el Apéndice 5F se presenta un mapa con la distribución geográfica de los residuos agrícolas en campo y los residuos de los aserraderos.

#### **5.4.2.2 OFERTA INDIRECTA**

Las fuentes de oferta indirecta se refieren a la biomasa obtenida de los subproductos de las actividades industriales relacionadas con actividades agroindustriales y forestales. Normalmente los residuos, están localizados en plantas donde tienen lugar los procesos de transformación. Para este estudio se han considerado los residuos provenientes de aserraderos, de las piladoras de arroz, el bagazo producido en los trapiches de caña de azúcar y el orujo producido en el procesamiento de las aceitunas. No se han considerado los residuos de otros procesos agroindustriales porque generan volúmenes poco significativos de residuos, de manera estacional y con bajo contenido energético en razón del alto contenido de humedad.

En el Apéndice 5G se presentan los valores de biomasa por provincia de cada residuo de los procesos agroindustriales considerados.

Para el cálculo de los residuos de aserraderos, se ha utilizado la información de la totalidad de aserraderos inscritos en la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFF) a nivel de las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (ATFFS), información que se ha llevado a nivel provincial.

Se cuenta con información procesada de volúmenes de producción de 26 provincias madereras. Esta información fue tomada del censo de aserraderos proporcionada por la DGFF (ex INRENA) del MINAG. Las unidades de producción han sido llevadas a m<sup>3</sup> por año. Detalle de esta información se muestra en la Figura 5.12.

Figura 5.12

Detalle de la base de datos de la producción en de aserraderos

ID	Nombre	NOME_PROV	NOME_DEP	RES_ARG
1	Aserradero	BHLLA	ARIUNZUEVO	4034
2	Aserradero	CONDUCARAZU	ARIUNZUEVO	103
3	Aserradero	RODRIGUEZ DE BENDICIA	ARIUNZUEVO	1323
4	Aserradero	HUANICO	HUANICO	1036
5	Aserradero	INHO	HUANICO	1714
6	Aserradero	DOS DE MAYO	HUANICO	5428
7	Aserradero	CHANTALBATE	LIMA	5000
8	Aserradero	SATRO	JUNIN	16965
9	Aserradero	TASMA	JUNIN	3423
10	Aserradero	NAHAC	LERETE	1254040
11	Aserradero	ALTO ABASZANS	LERETE	5848
12	Aserradero	LIRETO	LERETE	4928
13	Aserradero	MARICAL RAMON CASTILLA	LERETE	10275
14	Aserradero	PECLENI	LERETE	2007
15	Aserradero	ICAPALI	LERETE	82808
16	Aserradero	TAMBOPATA	MADRE DE DIOS	867
17	Aserradero	SATI	MADRE DE DIOS	832
18	Aserradero	TAMBOPATA	MADRE DE DIOS	5748
19	Aserradero	MARICAL UETE	MISQUEÑA	1927
20	Aserradero	LO	MISQUEÑA	1071
21	Aserradero	MURRES	MURRES	3914

### Distribución espacial de oferta indirecta de biomasa

Como no se cuenta con mapas que muestren donde se producen estos residuos, se decidió distribuirlos espacialmente en los núcleos urbanos de las provincias que declaran estas actividades agroindustriales y forestales. Se elaboró un mapa por cada tipo de residuo.

Luego estas capas fueron sumadas y se obtuvo el mapa de la oferta de fuentes indirectas de biomasa.

### 5.4.2.3 MAPAS FINALES DE OFERTA

Con el fin de ofrecer en el balance final varios resultados, fueron considerados tres tipos de oferta de biomasa que se muestran a continuación.

- La Oferta total de biomasa dendroenergética disponible y accesible, ya determinada anteriormente.

- La Oferta total de residuos, para lo cual se sumaron todas las capas de residuos agrícolas y agroforestal industriales directos e indirectos.
- La Oferta total, resultado de la suma de la biomasa dendroenergética disponible y accesible con la capa de la oferta total de residuos.

En el Volumen I Cuadro 5.2 se muestran los datos de oferta de biomasa en las distintas provincias. En la Figura 5.4 del mismo volumen se muestra el mapa de la oferta de biomasa total, accesible y potencialmente disponible para usos energéticos

## 5.5 DESARROLLO DEL MÓDULO DE DEMANDA

El diagrama que se presenta en la Figura 5.13 muestra la descripción de las principales capas temáticas y las etapas de procesamiento del Módulo de Demanda que se ha desarrollado dentro de WISDOM Perú.

### 5.5.1 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE BIOMASA PARA ENERGÍA

La estimación de la demanda de energía a partir de biomasa ha sido dividida en dos etapas; cada una de ellas presenta información de base diferente. Las dos etapas son:

1. Estimación de la demanda residencial
2. Estimación de la demanda comercial e industrial

#### a) Estimación de la demanda residencial

Para estimar la demanda residencial de energía, se ha utilizado la información a nivel provincial y regional del Censo Poblacional del Perú del año 2007, llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (<http://censos.inei.gob.pe/censos2007/>).

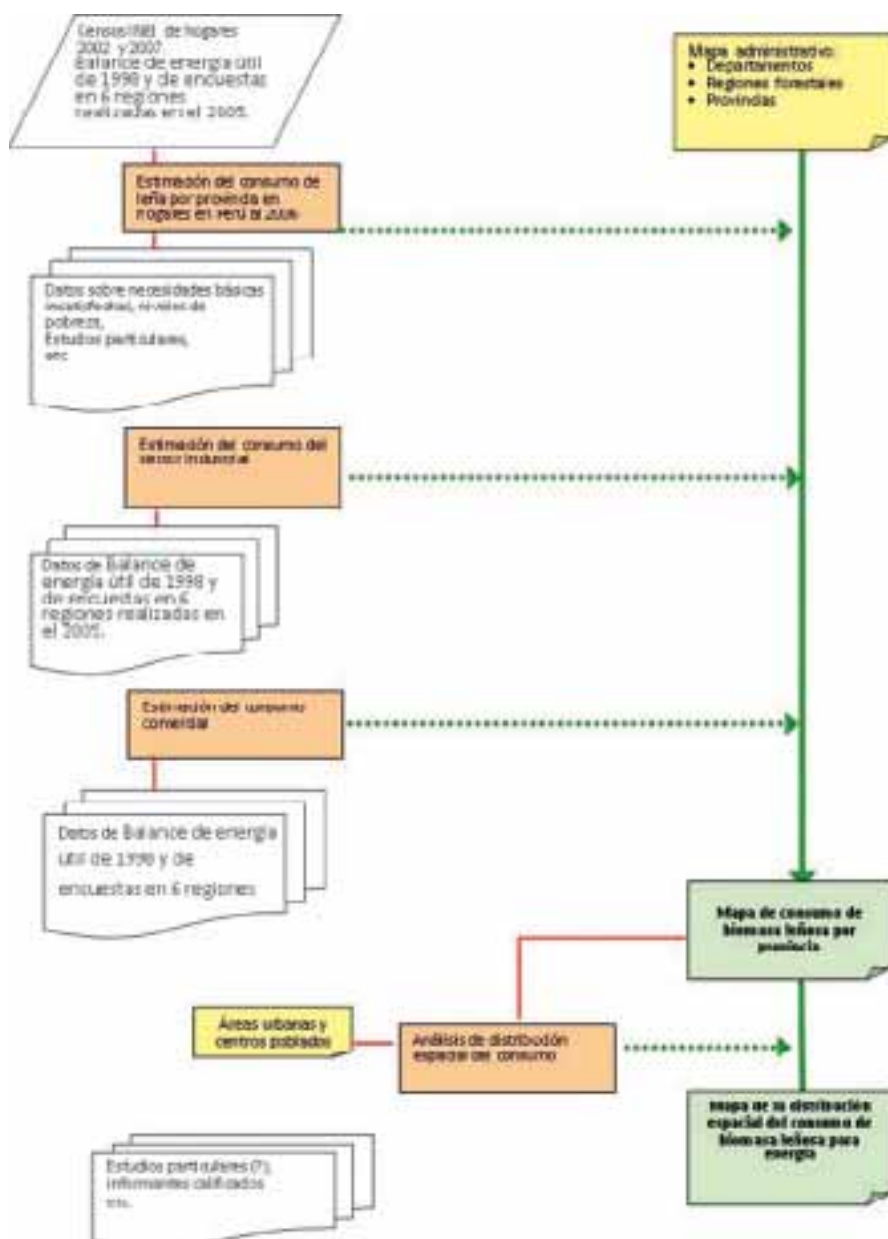
Los resultados de este Censo brindan información sobre la estructura de consumo de energía para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción a nivel provincial. Además incluyen datos sobre el número de hogares de cada provincia así como también que porcentajes corresponde al ámbito rural y al urbano. En el Apéndice 5I se presenta un ejemplo de la información proporcionada por este Censo.

Además del Censo, se ha contado con los resultados del Balance de Energía Útil (BNE) en el sector residencial, obtenidos por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) para el año 2000. De este balance se dispone de los consumos específicos de leña, carbón vegetal, estiércol y yareta, por hogar, a nivel de cada región del país y desagregado en el ámbito rural y urbano y dentro de cada ámbito clasificado por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). En el Apéndice 5J se presenta la clasificación por NBI desarrollada por el INEI así como un ejemplo de su aplicación. (La yareta es un musgo que crece en las alturas y que una vez seco es utilizado como combustible en las regiones más pobres del país).

Después de la generación de las carpetas con las base de datos de la información de los Censos 2007 y de la Demanda de Energía en el Sector Residencial, se procedió a crear un archivo que sistematice toda esta información y en el cual se obtenga una estimación de la demanda de energía en el sector residencial de residuos biomásicos y desagregados por provincia.

Figura 5.13

**Diagrama de flujos de las principales capas de información y fases analíticas del módulo de demanda**



Para la determinación de la demanda en el sector residencial, se ha realizado una desagregación por región y provincia en la cual se ha incluido en primer término a partir de los datos del Censo 2007, la estructura de consumo de Energía, tal y como se aprecia en el Cuadro 5.3.

Cuadro 5.3

**Ejemplo de la estructura de consumo de energía en el Sector Residencial por provincia. Censo 2007**

Consumo por regiones		Censo 2007							Censo 2007		
Región	Provincia	utiliza gas	utiliza lena	utiliza bosta	utiliza kerosene	utiliza carbon	utiliza electricidad	Saldo Leña	Cantidad de hogares	% rural	% Urbano
Amazonas	Bagua	27,8	66,4	0	0,5	0,6	0,4	4,3	17 055	53,2	46,8
	Chachapoyas	38,6	54,2	0	0,2	0,4	0,3	6,3	13 513	30,9	69,1
	Condorcanqui	4,1	93,6	0	0,1	0,3	0	1,9	8 720	85,1	14,9
	Rodriguez de Mendoza	15,1	82,2	0,1	0,1	0,1	0,1	2,3	6 888	67,4	32,6
	Luya	8,3	89	0	0	0,2	0,1	2,4	11 837	59,6	40,4
	Utcubamba	25,6	69,6	0	0,2	0,6	0,2	3,8	26 024	56,8	43,2
	Bongara	26,5	69,4	0	0,1	0,3	0,3	3,4	6 608	40,1	59,9
Ancash	Shiuas	7,7	90,7	0	0,1	0,5	0,1	0,9	7 070	74	26
	Santa	79,4	12,2	0	3,1	1	1,1	3,2	95 635	6,5	93,5
	Recuay	12,9	79,5	4,6	0,8	0,3	0,1	1,8	5 047	43,1	56,9
	Pomabamba	5,1	93,6	0	0,1	0,2	0,1	0,9	6 543	78	22
	Pallasca	3,4	90,1	0,1	0	2,5	0,1	3,8	7 326	48,3	51,7
	Ocros	12,7	81,6	0	0,9	0,7	0,2	3,9	2 559	42,4	57,6
	Mariscal Luzuriaga	1,7	97,1	0	0	0,2	0,1	0,9	5 444	87,7	12,3
	Huaylas	16,7	80	0,2	0,7	0,3	0,3	1,8	13 080	67,4	32,6
	Huarmey	58,4	33,4	0	2,8	0,9	0,5	4	6 898	24,2	75,8
	Huari	8,1	89,5	0,3	0,2	0,3	0,1	1,5	14 710	64,4	35,6
	Huaraz	42,7	51,8	0,4	1,6	0,3	0,6	2,6	37 124	25,8	74,2
	Corongo	7,2	89,7	0,1	0,2	0,4	0,7	1,7	1 939	50,6	49,4
	Casma	48,7	44,5	0,1	1,7	0,5	0,4	4,1	10 832	30,5	69,5
	Carlos Fermin	4,9	93,6	0	0,1	0,2	0,1	1,1	5 359	84	16
	Carhuaz	8,2	89,6	0	0,3	0,3	0,2	1,4	11 200	66,1	33,9
	Bolognesi	16,1	71	4,7	0,5	5,2	0,2	2,3	7 740	36,9	63,1
	Asuncion	8,2	90	0	0	0,4	0,3	1,1	2 343	74,6	25,4
Antonio Raimondi	4,4	90,4	3,1	0,2	0,4	0,1	1,4	4 057	73,9	26,1	
Aija	5,2	90,4	2,6	0,1	0,5	0	1,2	2 157	68,4	31,6	
Yungay	8,2	89,8	0,1	0,4	0,4	0,2	0,9	13 024	75,9	24,1	

Asimismo, se ha sistematizado la información de Consumos Específicos por Hogar a nivel de Región, ámbito urbano y NBI a partir de información obtenida del Balance de Energía Útil que realizó el Ministerio de Energía y Minas en el año 2000 (Cuadro 5.4).

Estos Cuadros se han elaborado desagregados por tipo de fuente de energía (carbón vegetal, leña, estiércol y yareta), por ámbito (urbano y rural) y NBI.

Cuadro 5.4

**Ejemplo del consumo residencial de carbón vegetal por región**

Consumo por regiones		Censo 2007							Censo 2007		
Región	Provincia	utiliza gas	utiliza lena	utiliza bosta	utiliza kerosene	utiliza carbon	utiliza electricidad	Saldo Leña	Cantidad de hogares	% rural	% Urbano
Amazonas	Bagua	27,8	66,4	0	0,5	0,6	0,4	4,3	17 055	53,2	46,8
	Chachapoyas	38,6	54,2	0	0,2	0,4	0,3	6,3	13 513	30,9	69,1
	Condorcanqui	4,1	93,6	0	0,1	0,3	0	1,9	8 720	85,1	14,9
	Rodriguez de Mendoza	15,1	82,2	0,1	0,1	0,1	0,1	2,3	6 888	67,4	32,6
	Luya	8,3	89	0	0	0,2	0,1	2,4	11 837	59,6	40,4
	Utcubamba	25,6	69,6	0	0,2	0,6	0,2	3,8	26 024	56,8	43,2
	Bongara	26,5	69,4	0	0,1	0,3	0,3	3,4	6 608	40,1	59,9
Ancash	Shiuas	7,7	90,7	0	0,1	0,5	0,1	0,9	7 070	74	26
	Santa	79,4	12,2	0	3,1	1	1,1	3,2	95 635	6,5	93,5
	Recuay	12,9	79,5	4,6	0,8	0,3	0,1	1,8	5 047	43,1	56,9
	Pomabamba	5,1	93,6	0	0,1	0,2	0,1	0,9	6 543	78	22
	Pallasca	3,4	90,1	0,1	0	2,5	0,1	3,8	7 326	48,3	51,7
	Ocros	12,7	81,6	0	0,9	0,7	0,2	3,9	2 559	42,4	57,6
	Mariscal Luzuriaga	1,7	97,1	0	0	0,2	0,1	0,9	5 444	87,7	12,3
	Huaylas	16,7	80	0,2	0,7	0,3	0,3	1,8	13 080	67,4	32,6
	Huarmey	58,4	33,4	0	2,8	0,9	0,5	4	6 898	24,2	75,8
	Huari	8,1	89,5	0,3	0,2	0,3	0,1	1,5	14 710	64,4	35,6
	Huaraz	42,7	51,8	0,4	1,6	0,3	0,6	2,6	37 124	25,8	74,2
	Corongo	7,2	89,7	0,1	0,2	0,4	0,7	1,7	1 939	50,6	49,4
	Casma	48,7	44,5	0,1	1,7	0,5	0,4	4,1	10 832	30,5	69,5
	Carlos Fermin	4,9	93,6	0	0,1	0,2	0,1	1,1	5 359	84	16
	Carhuaz	8,2	89,6	0	0,3	0,3	0,2	1,4	11 200	66,1	33,9
	Bolognesi	16,1	71	4,7	0,5	5,2	0,2	2,3	7 740	36,9	63,1
	Asuncion	8,2	90	0	0	0,4	0,3	1,1	2 343	74,6	25,4
	Antonio Raimondi	4,4	90,4	3,1	0,2	0,4	0,1	1,4	4 057	73,9	26,1
	Aija	5,2	90,4	2,6	0,1	0,5	0	1,2	2 157	68,4	31,6
	Yungay	8,2	89,8	0,1	0,4	0,4	0,2	0,9	13 024	75,9	24,1

Las unidades en las cuales se ha trabajado corresponden a toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Esta unidad se refiere a la energía contenida en una tonelada de petróleo diesel medida a partir de su poder calorífico inferior. Posteriormente para efectos de mayor comprensión de los reportes, estos valores han sido convertidos a toneladas de cada fuente energética evaluada.

Dado que para cada región generalmente hay más de un consumo específico por NBI identificado, se ha tenido que escoger el NBI más representativo considerando el que tiene mayor cantidad de información se incluye en una celda tanto para el ámbito rural como urbano. Con ello se obtienen los valores de consumo específico por hogar para dicho NBI. Esto se puede apreciar en el Cuadro 5.5. **Las celdas en amarillo, son las que se seleccionaron** a través de un menú desplegable a fin de que se aprecien los consumos específicos por hogar, por fuente, para cada provincia y en el ámbito urbano o rural.

Cuadro 5.5

**Ejemplo de valores de consumo específico por hogar por NBI representativo**

Consumo por regiones		Índice de Pobreza mas Representativo		Consumos Específicos (TEP/(10 <sup>3</sup> hogar año))							
				Urbano				Rural			
Región	Provincia	Urbano	Rural	Carbón Vegetal	Leña	Bosta	Yareta	Carbón Vegetal	Leña	Bosta	Yareta
Huancavelica	Huaytara	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Huancavelica	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Churcampa	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Castrovirreyna	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Angaraes	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Acobamba	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
	Tauacaja	NBI4	NBI5	85,9	280,68	0	0	71,37	647,43	404,13	542,48
Huanuco	Puerto Inca	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Pachitea	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Maranon	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Leoncio Prado	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Lauricocha	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Huacaybamba	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Huanuco	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	huamalies	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Dos de Mayo	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
	Ambo	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0
Yarowilca	NBI3	NBI4	16,54	198,76	0	0	13,86	467,54	12,62	0	
Ica	Palpa	NBI4	NBI4	31,53	132,62	0	0	45,79	304,89	1 720,08	0
	Nazca	NBI4	NBI4	31,53	132,62	0	0	45,79	304,89	1 720,08	0
	Ica	NBI4	NBI4	31,53	132,62	0	0	45,79	304,89	1 720,08	0
	Chincha	NBI4	NBI4	31,53	132,62	0	0	45,79	304,89	1 720,08	0
	Pisco	NBI4	NBI4	31,53	132,62	0	0	45,79	304,89	1 720,08	0

En cada región, se han utilizado los mismos consumos específicos representativos dados que no se dispone de esta información desagregada a nivel de provincia.

Posteriormente, con el número de hogares urbanos y rurales para cada provincia (Censo 2007), la estructura de consumo de energía por provincia (Censo 2007), los consumos

específicos más representativos tanto en el ámbito rural y urbano (BNE 2007), el poder calorífico inferior tanto para el carbón vegetal, leña y estiércol (BNE 2007), se estiman los consumos de energía por tipo de biomasa. La estimación se hace primero en TEP y luego se transforman a t/año por tipo de biomasa (Cuadro 5.6).

Debido a que en la estructura de consumo del Censo de 2007 no se incluye la yareta, no ha sido posible determinar los consumos al 2007 de esta fuente energética en el sector residencial, pese a que se dispone de consumos específicos promedio por hogar para algunas regiones.

En el Apéndice 5K, se presentan algunas observaciones a la estimación realizada.

Cuadro 5.6

**Ejemplo de Consumo residencial de energía (t/año) por ámbito según fuente de energía.**

Consumo por regiones		Consumos de Energía (Ton/año)					
Región	Provincia	Urbano			Rural		
		Carbón Vegetal	Leña	Bosta	Carbón Vegetal	Leña	Bosta
Huancaavelica	Huaytara	0	1 051	0	1	5 890	522
	Huancaavelica	2	5 263	0	2	16 703	3 420
	Churcampa	1	1 791	0	2	13 962	123
	Castrovirreyña	0	1 173	0	1	5 865	221
	Angaraes	2	2 047	0	3	11 526	1 437
	Acobamba	2	2 560	0	3	13 639	1 274
	Tauacaja	3	4 606	0	6	32 485	73
Huanuco	Puerto Inca	0	0	697	0	6 599	0
	Pachitea	0	945	0	0	13 321	0
	Maranon	0	469	0	0	6 560	0
	Leoncio Prado	3	5 647	0	2	9 308	0
	Lauricocha	1	579	0	3	4 688	41
	Huacaybamba	0	432	0	0	4 596	0
	Huanuco	5	10 934	0	3	16 863	4
	Huamalies	1	5 648	0	0	5 193	1
	Dos de Mayo	0	1 824	0	0	7 970	3
	Ambo	0	2 117	0	1	9 975	3
	Yarowilca	0	1 061	0	1	7 690	2
Ica	Palpa	1	415	0	1	493	3
	Nazca	3	1 177	0	1	376	0
	Ica	14	4 822	0	2	1 030	0
	Chincha	4	2 999	0	1	861	14
	Pisco	5	2010	0	1	654	0

Finalmente se hizo una base de datos para todas las regiones con los cuadros por NBI, ámbito (urbano y rural) y región obtenidos en el 2000. En el Cuadro 5.7 se muestra un ejemplo.



Cuadro 5.7

**Ejemplo de las demandas del sector residencial de energía por Región por área y por NBI****CUADROS DE RESULTADOS FINALES**

SECTOR: HOGARES

DEPARTAMENTO: AMZONAS

AREA URBANA NBI: III

Usos	Consumo de energía neta expandida (TEP)										
	Fuentes de energía										
	EE	GLP	GD	KE	LE	CV	BS	YT	BC	SL	TOTAL
Iluminación	124,71			8,88							133,6
Cocción	5,3	274,54		380,28	846,53	1,03					1 507,72
Calentamiento de agua	1,49	37,9		4,47	76,17	4,56					124,59
Calefacción											
Ventilación de ambientes											
Conservación de alimentos	51,33										51,33
Otros artefactos diversos	219,19	1,57		3,81		5,26					229,89
Bombe de agua											
Fuerza motriz	0,55										0,55
<b>TOTAL (a)</b>	<b>402,66</b>	<b>314,02</b>		<b>397,44</b>	<b>922,71</b>	<b>10,85</b>					<b>2 047,67</b>
Miles de hogares (b)	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17
Miles de hogares la fuente (c)	5,01	2,43		2,01	2,62	0,25					
% De consumidores (a/b*100)	96,87	47,09		38,89	50,69	4,84					
Consumo por fuente/hogar (a/b)	77,9	60,75		76,99	178,51	2,1					396,14
Consumo fuente. Hogar por fuente (a/c)	80,42	129,01		197,73	352,18	43,38					

**b) Estimación de la demanda comercial e industrial***Sector industrial*

Procesamiento de la información proporcionada por el Ministerio de la Producción (PRODUCE) respecto a la cantidad de empresas a nivel provincial y región por rama CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) a 4 dígitos.

Se revisó cuales ramas industriales estaban involucradas con la generación de residuos de biomasa tanto para la industria alimentaria como la industria forestal. Las ramas detectadas y sus códigos, se muestran en el Apéndice 5L.

Posteriormente, se enviaron dichas ramas CIU a la Oficina de Estadística del Ministerio de la Producción a fin de que indiquen cuantas empresas de cada una de

estas ramas había en el país a nivel nacional y provincial. Para ello se consideró el Censo Industrial Manufacturero de 2007.

El Cuadro 5.8 expresa parte de dichos resultados, proporcionados por el Ministerio de la Producción.

Cuadro 5.8

**Ejemplo de información sobre número de empresas por rama CIU que generan residuos de biomasa nivel provincial y nacional**

Región	Provincia	CIUs													Total general
		1511	1512	1513	1514	1520	1531	1533	1542	1543	1551	1552	1553	1554	
Amazonas	Bagua	3				2	14							1	20
	Chachapoyas	4		1		5			2	9	1			1	23
	Utcubamba	6					2		2	1					11
<b>Total Amazonas</b>		<b>13</b>		<b>1</b>		<b>7</b>	<b>16</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>54</b>
Ancash	Bolognesi	2				2	1								5
	Carhuaz	1				3	1								5
	Casma	4					2								6
	Huaraz	14				7	29				1			1	52
	Huari					1									1
	Huarmey		1		1										2
	Huaylas	1				2					1				4
	Pomabamba	2					2								4
	Santa	101	51	3	6	4	18	2	1	1	1	1			189
	Yungay	5					1								6
<b>Total Ancash</b>		<b>130</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>274</b>
Apurimac	Arequipa	14	4	6		37	16	4		5	24	7	3	6	126
	Camana					4	17								21
	Caraveli		1												1
	Castilla					1					3	1			5
	Caylloma	1				3	2								6
	Condesuyos					9									9
	Islay	1	3	1			6	1	1						13
<b>Total Apurimac</b>		<b>16</b>	<b>8</b>	<b>7</b>		<b>54</b>	<b>41</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>181</b>

Fuente: Oficina de Estadística del Ministerio de la Producción.

Lo mismo ocurre para las otras ramas industriales solicitadas.

Posteriormente, de los Balances de Energía Útil que se realizaron el año 2008, se obtuvieron reportes de los consumos por rama CIU para cada región, tal como se muestra en el Cuadro 5.9.

Tomando en cuenta dichos reportes, se obtuvo la siguiente información:

- Consumos específicos de energía por tipo de fuente (incluidas la biomasa) para cada rama CIU.
- Proporción de industrias por rama CIU que consumen dichas fuentes.

Cuadro 5.9

## Ejemplo de reporte de consumo de energía por rama CIUU

## CUADROS DE RESULTADOS FINALES

SECTOR: INDUSTRIA MANUFACTURERA

DEPARTAMENTO: AMZONAS

AREA URBANA CIUU 152: ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS

Usos	Energía neta expandida (TEP)											
	Fuentes de energía											
	DO	PI	PIQ	KE	GM	GD	GLP	CM	BC	CQ	LE	BG
Calor												
Conservacion de alimentos y otros												
Fuerza motriz												
Iluminacion												
Electroquimica y electronica												
<b>Total (a)</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Numero de empresas (b)												
Empresas que consume la fuente (c)												
% De consumidores de la fuente (a/b*100)												
Consumo por fuente/hogar (a/b)												
Consumo fuente por empresa (a/c)												
Produccion total (tm)	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81	1 706,81

Luego, se aplicó la siguiente relación para estimar los consumos de biomasa:

$$CB_i R_j C_k = N_k \times P_i \times Ce_i$$

Donde:

$CB_i R_j C_k$  = Consumo de biomasa  $i$  en la rama industrial con código CIUU  $k$  para la Región  $j$  (obtenido de los reportes por rama CIUU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).

$N_k$  = Número total de empresas de la rama industrial con código CIUU  $k$  que existen la Región  $j$  (proporcionado por el Ministerio de Industrias en el Censo Manufacturero 2007).

$P_i$  = Proporción del total de empresas que tiene la Región  $j$  en la rama CIUU  $k$  que consumen la biomasa  $i$  (obtenido de los reportes por rama CIUU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).

$Ce_i$  = Consumo específico de la biomasa  $i$  (TEP/industria) para la rama industrial con código CIUU  $k$  (obtenido de los reportes por rama CIUU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).

### Sector comercial

Se ha trabajado con la base de datos de clientes de las empresas distribuidoras de energía eléctrica proporcionada por la Dirección General del Ministerio de Energía y Minas para el año 2006. En dicha base de datos se encuentran desagregados por ramas CIIU, los clientes de las empresas eléctricas. Esta información se ha analizado a fin de que se identifiquen la cantidad de negocios que existen en rubros Restaurantes y Hoteles, que es donde se han identificado consumos de biomasa en el Balance de Energía Útil 1998.

Al igual que en otros sectores, se ha trabajado con los indicadores obtenidos de los reportes del Balance Nacional de Energía Útil 1998; se muestra un ejemplo en el Cuadro 5.10.

Cuadro 5.10

#### Ejemplo de reporte del consumo de energía de restaurantes y hoteles por fuente por fuente.

##### CUADROS DE RESULTADOS FINALES

SECTOR: COMERCIO Y SERVICIOS

DEPARTAMENTO: ANCHAS

AREA URBANA CIIU 551: HOTELES, CAMPAMENTOS Y OTROS TIPOS DE HOSPEDAJE TEMPORAL

Usos	Energía neta expandida (TEP)									
	Fuentes de energía									
	EE	GLP	KE	PI	LE	BC	CV	SL	DO	GM
Iluminacion	24,82									
Coccion	3,28	16,38						431,98	268,43	
Calentamiento de agua	23,86	0,36								
Calefaccion	4,46									
Ventilacion de ambientes	0,31									
Conservacion de alimentos	8,53									
Otros artefactos diversos	16,31									
Bombe de agua	2,01									
Fuerza motriz	43,25									
<b>Total (a)</b>	<b>126,83</b>	<b>16,73</b>	<b>29,44</b>					<b>431,89</b>	<b>268,43</b>	
Numero de empresas (b)	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Empresas que consume la fuente (c)	62	36	26					26	3	
% De consumidores de la fuente (a/b*100)	100	58,06	41,94					41,94	4,84	
Consumo de la fuente por empresas (a/b)	2,05	0,27	0,47					6,97	4,33	
Consumo de la fuente por empresas que la utilizan (a/c)	2,05	0,46	1,13					16,61	89,48	
Numero total de habitaciones (tm)	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00	1 411,00

LE: Leña; CV: Carbón vegetal.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

De modo similar al sector industrial, se estimaron los consumos de biomasa a partir de la cantidad de establecimientos en base al año 2006, para cada región y considerando los consumos específicos y la proporción de negocios del total que consumen biomasa, de acuerdo a la siguiente relación:

$$CB_iR_jSC_k = N_k \times P_i \times Ce_i$$

Donde:

- $CB_iR_jSC_k$  = Consumo de biomasa  $i$  en el Sector Comercial con código CIU  $k$  para la Región  $j$  (obtenido de los reportes por rama CIU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).
- $N_k$  = Número total de comercios con código CIU  $k$  que existen en la Región  $j$  (proporcionado por la base de datos de los clientes eléctricos 2006 proporcionado por el Ministerio de Energía y Minas).
- $P_i$  = Proporción del total de comercios que tiene la Región  $j$  en la rama CIU  $k$  que consumen la biomasa  $i$  (obtenido de los reportes por rama CIU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).
- $Ce_i$  = Consumo específico de la biomasa  $i$  (TEP/comercio) para el Sector Comercial con código CIU  $k$  (obtenido de los reportes por rama CIU y región del Balance de Energía Útil 1998 que se realizó en el año 2000).

### 5.5.2 CARTOGRAFIA DEL ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE BIOMASA PARA ENERGIA

Luego de estimado el consumo de biomasa para energía, tanto residencial como comercial e industrial, estos consumos fueron relacionados a la base cartográfica de centros poblados.

#### *Preparación de las capas de los centros poblados*

- A partir de la información vectorial de centros poblados se generó un *raster* de 250 m de tamaño de pixel. Se seleccionaron aquellos centros clasificados como rurales para luego codificar los núcleos rurales con el código provincial y distribuir sobre éstos el consumo rural.
- Se procedió de igual manera a obtener un *raster* de 250 m para los centros poblados clasificados como urbanos. El INEI define centro urbano a “aquel que tiene como mínimo 100 viviendas agrupadas contiguamente y, por excepción, también se considera como tal a todos los centros poblados que son capitales de distritos aún cuando no reúnan la condición indicada”. Los núcleos urbanos fueron codificados con el código provincial con el fin de distribuir sobre estos el consumo urbano.
- Luego se fusionaron las capas de centros poblados urbanos y rurales con el objetivo de generar una única capa de núcleos poblados.

- Se calculó el número de píxeles de núcleos poblados por departamento para lo cual se usó la función *zonalstatistics* del módulo *Spatial Analyst* de ArcGis.

#### *Estimación del consumo por pixel*

Esta etapa se realizó en una hoja de cálculo Excel. Se utilizaron los valores de consumo de leña y carbón vegetal en hogares rurales y urbanos así como el consumo de leña, carbón vegetal y bagazo en los sectores industrial y comercial; los valores correspondientes a los sectores industrial y comercial fueron distribuidos en los núcleos urbanos.

Los consumos de carbón vegetal fueron transformados a su equivalente en leña (1 t de carbón vegetal equivale a 5 t de leña).

#### *Distribución espacial del consumo por pixel*

El resultado del proceso fue la distribución espacial de la demanda residencial, comercial e industrial de biomasa en los píxeles identificados como rurales y urbanos.

### **5.5.3 MAPAS FINALES DE DEMANDA**

De igual manera que con la oferta y con el fin de ofrecer en el balance final varios resultados, fueron considerados dos tipos de consumo.

- El consumo de dendrocombustibles, para lo cual se sumaron los consumos de carbón vegetal y leña de los sectores residencial, comercial e industrial.
- El consumo de biomasa para energía, para lo cual se sumaron el mapa de consumo de dendrocombustibles con los mapas de consumo de bagazo comercial e industrial.

En la Figura 5.5 del Volumen I se muestra la demanda del consumo de biomasa como combustible, por provincia

### **5.6 DESARROLLO DEL MÓDULO DE INTEGRACIÓN**

El Módulo de Integración consiste en la elaboración del balance entre la oferta potencial de biomasa disponible y accesible desde el punto de vista legal y físico y el consumo de biomasa con fines energéticos.

El balance puede orientarse de distintas formas según los análisis que se quieran realizar.

- Dada la importancia del consumo de biomasa con fines energéticos en Perú (el 88 por ciento de la producción de productos maderables es leña y carbón vegetal) se decidió elaborar un primer balance dendroenergético, en el cual se comparó la oferta de biomasa leñosa procedente de los bosques naturales y de las plantaciones forestales, con la demanda de dendrocombustibles (leña y carbón vegetal).

- En segundo término se elaboró un balance entre la oferta total de biomasa que comprende además los residuos potenciales de los cultivos seleccionados y los residuos procedentes de las actividades agroindustriales y forestales-industriales, con la demanda total de biomasa.

Para la mejor comprensión, los mapas de balance al igual que el mapa de demanda fueron procesados posteriormente, mediante la función *focal mean* del módulo *Spatial Analyst* de ArcGis 9.2. Con ayuda de esta función se calculó el valor medio entre la oferta y la demanda en un radio determinado de 10 km.

En las Figuras 5.6 y 5.7 del Volumen I se muestra la distribución por provincia de los balances dendroenergéticos y totales para todo el país, respectivamente.

## REFERENCIAS

**Andrews, S.** 2006. Crop Residue Removal for Biomasa Energy Production: Effects on Soil and Recommendations. Technology Development Team USDA National Resource Conservation Service.

**Balmaceda, E.** 1986. Problemas y perspectivas de la veda del Bosque Seco Tropical del Noroeste. *En* Documentos de la reunión de coordinación y planeamiento de la Dirección General Forestal y de Fauna y las Direcciones Forestales y de Fauna de las Regiones Agrarias. Oficina de Programación-DGFF-Ministerio de Agricultura. pp 69-75.

**Barrena, V.; Garnica, C.; Huerta, P. y Ortiz, H.** 2008. Informe: El mapa de ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales del Perú. LTA-ECOBONA. 34 p.

**Barrena, V.** 2008. Recursos Forestales del Perú Notas de curso *Tropical Forestry* en The Mendel University of Agriculture and Forestry. Brno. República Checa.

**Barrena, V.** 1990. Estimaciones del volumen de árboles de la Amazonía peruana a partir de ecuaciones de ahusamiento. Traducción de tesis para optar el grado de M. Sc. Université Laval, Québec, Canadá. Lima. 111 p. + Apéndices.

**Bouille, D.** 2006. Búsqueda de una matriz energética sustentable: el papel de las fuentes nuevas y renovables de energía. CONAM Hacia una política ambiental sostenible en el Perú, pp. 45 – 57. Lima.

**Bueno, J.; Gonzales, V. y Lombardi, I.** 1978. El Recurso Forestal, Potencial y Proyecciones en Relación al Desarrollo Nacional. Prog. Acad. De Ciencias Forestales, UNALM. 15 p.

**Dirección General Forestal t de Fauna Silvestre. (DGFF).** 2009. Perú forestal en números, año 2008. Ministerio de Agricultura-DGFF. Lima. 82 p.

**Drigo, R.; Masera, O. y Trossero, M.** 2002. WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos. UNASYLVA 211. 53:36-40.

**Eguren, F.** El Censo del 2007 y la Población rural. (Disponible en [http://www.actualidadeconomica-Peru.com/antiores/ae\\_2008/oct2008/art\\_04\\_oct\\_2008.pdf](http://www.actualidadeconomica-Peru.com/antiores/ae_2008/oct2008/art_04_oct_2008.pdf) Visitado en 2010).

**FAO.** 2009. Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina - WISDOM Argentina. Departamento Forestal, Servicios y Productos Forestales – Dendroenergía. Proy TCP/ARG/3103.102 p.



- Gianella, J.C.** 2008. Cambio de matriz energética y biocombustibles (I). *Coyuntura* (4) 21: 21–25. CISEPA PUCP. Lima.
- Gianella, J.C.** 2009. Cambio de matriz energética y biocombustibles (II). *Coyuntura* (5) 22: 13 – 18. CISEPA PUCP. Lima.
- Gianella, J.** 2007 Nota I sobre Cambio de Matriz Energética y Biocombustibles. Monder S.A.C. 5 p.
- Guevara, M.** 1986. Actividad forestal y desarrollo campesino. En Documentos de la reunión de coordinación y planeamiento de la Dirección General Forestal y de Fauna y las Direcciones Forestales y de Fauna de las Regiones Agrarias. Oficina de Programación-DGFF-Ministerio de Agricultura. pp 81-97.
- GEPLACEA** 1987. Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento. Mexico D.F.
- INEI.** 2008. Perfil socioeconómico del Perú. 2da. Edición. Censos Nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda. Lima. 474 p.
- INRENA.** 1996. Guía Explicativa del Mapa Forestal 1995. Dirección General Forestal y de Fauna. Ministerio de Agricultura. 131 p. + Apéndices.
- INRENA.** 2005. Mapa Forestal del Perú 2000. No publicado.
- IDEA.** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 2007. Biomasa: producción eléctrica y cogeneración. Madrid, España.
- Jon, R.** 2001. Memoria del Taller de Formulación de la Visión consolidada para el desarrollo forestal. FAO-Proyecto FAO/GCP/PER/035/NET. Lima. 35 p.
- Loayza, M.** 1986. Dendroenergía y desarrollo rural en la región andina del Perú. En Documentos de la reunión de coordinación y planeamiento de la Dirección General Forestal y de Fauna y las Direcciones Forestales y de Fauna de las Regiones Agrarias. Oficina de Programación-DGFF-Ministerio de Agricultura. pp 111-133.
- Loayza, M. y Tafur, I.** 1986. Planificando el futuro de los bosques. *En* Documentos de la reunión de coordinación y planeamiento de la Dirección General Forestal y de Fauna y las Direcciones Forestales y de Fauna de las Regiones Agrarias. Oficina de Programación-DGFF-Ministerio de Agricultura. pp 11-32.
- López, M.** 2003. Análisis del crecimiento diamétrico de cinco especies forestales en los bosques de colinas bajas de la Unidad Dantas. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, UNALM. 89 p.

- Malleux, J.** 1975. Mapa Forestal del Perú (Memoria Explicativa). Depto. Manejo Forestal, UNALM. 161 p.
- Marcos, F.** 2000. Biocombustibles sólidos de origen forestal. Asociación Española de Normalización y Certificación – AENOR. Madrid, España.
- MINAG.** 2006. La Industria Azucarera Peruana 1998 – 2005. Lima.
- MINAG.** 2007. Compendio de Estadístico Agrario 1994 – 2005. Lima.
- MINAG.** 2010. Información estadística no publicada sobre series de producción agrícola y pecuaria 2005 – 2008. Dirección General de Información Agraria. Lima.
- MEM.** 2008. Plan Referencial de Electricidad 2006 – 2015. Dirección General de Electricidad. Lima.
- MEM.** 2009a. Balance Nacional de Energía 2007. Oficina de Planeamiento, Inversiones y Cooperación Internacional. Lima
- MEM.** 2009b. Anuario Estadístico de Electricidad 2008. Dirección General de Electricidad. Lima.
- Portuguez, H. y Huerta, P.** 2005. Memoria Explicativa del Mapa de Deforestación de la Amazonia Peruana al año 2000. Convenio INRENA-CONAM. PROCLIM. Lima. 99 p. + Apéndices.
- PROYECTO ALGARROBOa.** 2003. Mapa de bosques secos del departamento de Tumbes. INRENA. 31p + mapa.
- PROYECTO ALGARROBOb.** 2003. Mapa de bosques secos del departamento de Piura. INRENA, Ministerio de Agricultura. 40 p.
- Reicosky, D.C.; Evans, S.D., Cambardella, C.A., Allmaras, R.R., Wilts, A.R. y Huggins, D.R.** 2002. *Continuous corn with moldboard tillage: Residue and fertility effect on soil carbon.* Journal of Soil and Water Conservation 57(5): 277-284.
- Reynel, C.** 1988. Plantas para leña en el Sur-occidente de Puno. Proyecto ARBOLANDINO-Puno, Ministerio de Agricultura (DGFF), INTERCOOPERATION. Puno, Perú. 165 p.
- Saico, L.** 2005. Determinación de Substratos óptimos para la producción de Biogas a partir de Estiércol de ganado ovino, vacuno y porcino de los corrales de Crianza de la UNALM. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, UNALM. 97 p.

**Salgado, L.** 1999. Estimación de biomasa forrajera potencial del Overo (*Cordia lutea* lam) en los bosques de la comunidad Ignacio Távara Pasapera (Piura). Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad. de Ciencias Forestales. UNALM 98 p. + Apéndices.

**Schuetz, G.** 2007. Vínculos entre Bioenergía y la Seguridad Alimentaria. FAO II Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles. San Salvador, El Salvador.

**Suleiman, J., Lima, R., de Carvalho, L.** 2005. *Biomass power generation: Sugar cane bagasse and trash*. PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento CTC - Centro de Tecnología Canavieira. Piracicaba, Brasil.

**Vargas, C.; Barrena, V.** 2004. La Caoba en el Perú; informe de la Autoridad Científica CITES. FCF – UNALM.

**Vilela, J.** 2005. Sistematización de la experiencia del INRENA-Proyecto Algarrobo en el manejo del fuego en la región de Piura (Experiencia 1998-2000). Trabajo profesional para optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad. de Ciencias Forestales. UNALM. 54 p. + Apéndices.

**Yallico, E.** 1992. Distribución de *Polylepis* en el sur de Puno. ONERN-ARBOLANDINO. 138 p.



# RESUMEN DE LAS CAPAS PRINCIPALES, VARIABLES Y FUENTES DE DATOS UTILIZADAS EN LOS MÓDULOS DE WISDOM

Módulo/fase	Capa/parámetro	Variable clave	Fuente de información	Comentarios
Base espacial (Vectorial)	Mapa administrativo	Departamentos (25) Provincias (194) Distritos (1828)	IGN. Cobertura digital acondicionada por el Ministerio de Educación para su uso en sistemas de información geográfica o similares que demanden información de la localización de las regiones - 2005	NACIONAL 2005
		Entidades de población (puntos de núcleos de población) (98.011)	Información del IGN acondicionada con información del censo 2007 por el INEI para su uso en sistemas de información geográfica	NACIONAL 2003-2007
	Mapa Forestal	1:250.000 Forestal (mapa forestal) Núcleos Urbanos	INRENA	NACIONAL 2000
	Mapa de cursos fluviales	1:100.000 ríos intermitentes, secos, quebradas etc.	IGN	NACIONAL Serán utilizados solo aquellos cursos fluviales del entorno de las áreas de producción permanente y "sus salidas"
	Red Vial	Nacional, departamental y vecinal	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	NACIONAL 2008
	Mapa de ferrocarriles		Ministerio de Transporte y Comunicaciones	NACIONAL
	Mapa de Áreas Protegidas		Sistema Nacional de áreas protegidas	NACIONAL De acuerdo con el Sistema de Áreas Protegidas de Perú, no puede realizarse un uso de extracción de biomasa leñosa
	Mapa de áreas de conservación comunales		CDC	Solo podrían considerarse 3
Raster (raster 250m)	Mapa de Pendientes	Píxel de 90m en %	SRTM	NACIONAL Remuestreo a 250 m

Módulo/fase	Capa/parámetro	Variable clave	Fuente de información	Comentarios
	Mapa de accesibilidad física	Mapa de pendientes. Mapa de núcleos urbanos y centros poblados. Mapa de carreteras. Ferrocarriles. Pistas Forestales. Cursos fluviales en áreas de bosque de producción permanente y en comunidades indígenas que realizan extracción		Se elaborará un mapa de accesibilidad 0 con los mapas de ?????
Raster (raster 250m)	Mapa de Pendientes	Pixel de 90m en %	SRTM	NACIONAL Remuestreo del pixel a 250 m
	Mapa de accesibilidad Legal	Mapa de áreas protegidas. Mapa de áreas de conservación municipales		
	Biomasa Leñosa			
	Bosques Naturales	Productividad anual sostenible de biomasa leñosa por fibra o energía y otras cualidades menores de madera potencialmente disponible	Universidad Nacional Agraria La Molina	Las estimaciones se realizarán a partir de los factores aplicados en otros WISDOM o con valores locales obtenidos a partir de la información de anteriores Mapas Forestales (1975, 1995) de estudios privados de los concesionarios de información documentaria e investigaciones de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
	Residuos de la Industria forestal	Estimación de los residuos del procesamiento de la madera	INRERNA	Censo de aserraderos. INRENA
	Biomasa procedente de cultivos	Estimación de los residuos disponibles de cultivos herbáceos	Ministerio de Agricultura Estudios de las cadenas productivas de los cultivos	Las áreas de cultivos herbáceos no se encuentran digitalizados por lo que su distribución espacial se determinó como área probable y se basó en las estadísticas del Ministerio de Agricultura.
		Residuos de la Agroindustria	Ministerio de Agricultura Estudios de las cadenas productivas de los cultivos	Núcleos urbanos

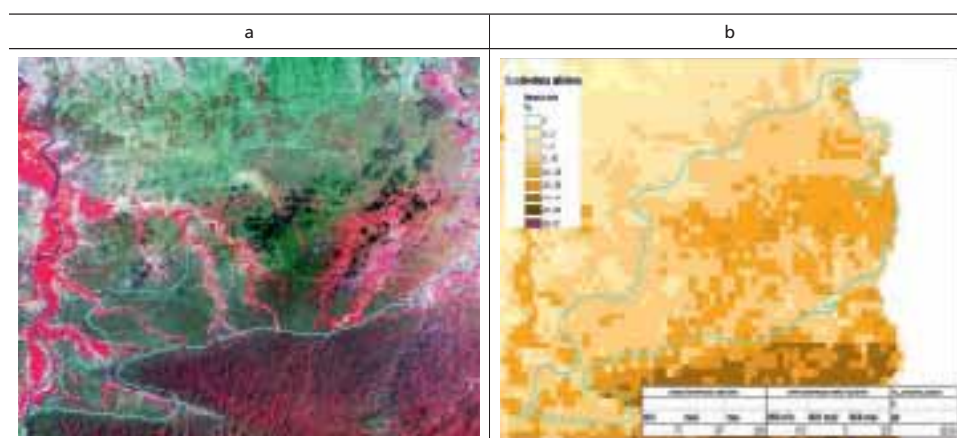
Módulo/fase	Capa/parámetro	Variable clave	Fuente de información	Comentarios
	Consumo en hogares	Datos demográficos (provincia./2007); áreas rurales/urbanas. Calefacción	Se utilizarán los datos del censo 2007. Los datos son de estructura de consumo para uso de cocción y calentamiento de agua en porcentaje, por hogares	
			Indicadores de consumo por región a nivel de hogar obtenidos del Balance de Energía Útil (MINEM) de 1998 y de encuestas en 6 regiones realizadas en el 2005	
	Consumo industrial	Consumo de biomasa leñosa (residuos) en el sector industrial	Balance de energía útil de 1998 y de encuestas en 6 regiones realizadas en el 2005	Estos datos se encuentran disgregados por tipo de industria y por región.
	Consumo comercial	Servicios comerciales Restaurantes (Pollerías) Panaderías		
	Balance de energía útil de 1998 y de encuestas en 6 regiones realizadas en el 2005. Los valores serán deducidos por revisiones de estudios particulares, consultas a personal calificado y al MINEM	Estos datos se encuentran disgregados por tipo de industria y por región.		

## EJEMPLO DE NO CONCORDANCIA ENTRE LA COBERTURA Y LOS VALORES DE LAS EXISTENCIAS Y DEL IMA

Se tomará como ejemplo la clase Bosque semiárido cálido del Mapa Forestal.

Figura 5B.1

a) Clase Bosque semiárido cálido. b) *Tree Cover* para la clase Bosque semiárido cálido.



En la Figura 5B.1 se observa delimitado en celeste el Bosque semiárido cálido ubicado en las partes altas de Tumbes. En la Figura 5B.1a se aprecia en una imagen de satélite que las tonalidades del color rojo presentes en este polígono son claras lo que indica una vegetación no muy vigorosa ni densa; se aprecia hacia el sur de esa clase donde existen tonos rojos oscuros que existe una vegetación densa y vigorosa.

Además, se aprecia también que dichas tonalidades dentro de esta clase son muy variadas, lo que indica una cobertura heterogénea; esto se confirma con la Figura 5B.1b donde se muestra la cobertura del *Tree Cover Percent* para esta clase.

En el Cuadro 5B.1 se muestra que la cobertura promedio para esta clase es 10 por ciento y que no tiene concordancia con el valor de las existencias ni con el de la productividad; es probable que estos valores correspondan solo a las áreas más densas de esta clase.

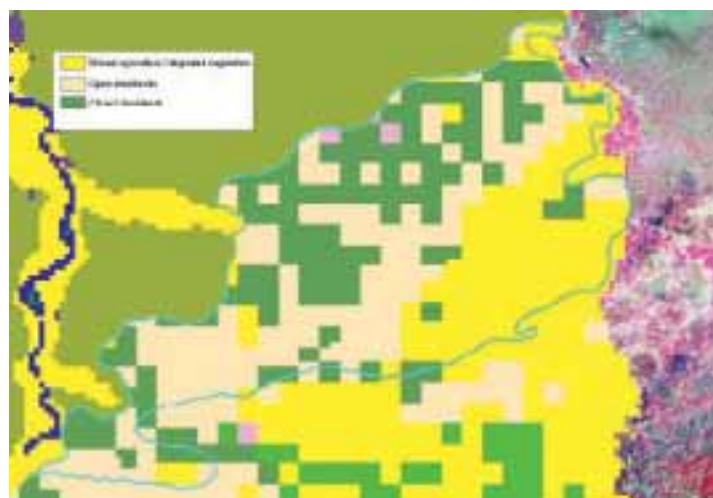
Cuadro 5B.1

**Valores de existencias, IMA y cobertura del bosque semiárido cálido**

Existencias de biomasa (t/ha)	IMA biomasa (t/ha/año)	TC media clase (%)
Media	Media	
97	5	10,01

En la Figura 5B.2 se muestra como fue sustituido el bosque semiárido cálido por tres clases del GLC2000.

Figura 5B.2

**Clases reportadas por GLC2000 para la clase bosque semiárido cálido**

Las clases que se sustituyeron del Mapa Forestal fueron las siguientes:

- Bosque semiárido cálido
- Bosque subhúmedo cálido
- Desierto cálido
- Desierto semicálido
- Monte árido cálido
- Monte árido semicálido.

El mapa de cobertura del suelo y uso de la tierra resultante está en el archivo usos\_del\_suelo\_3.grd



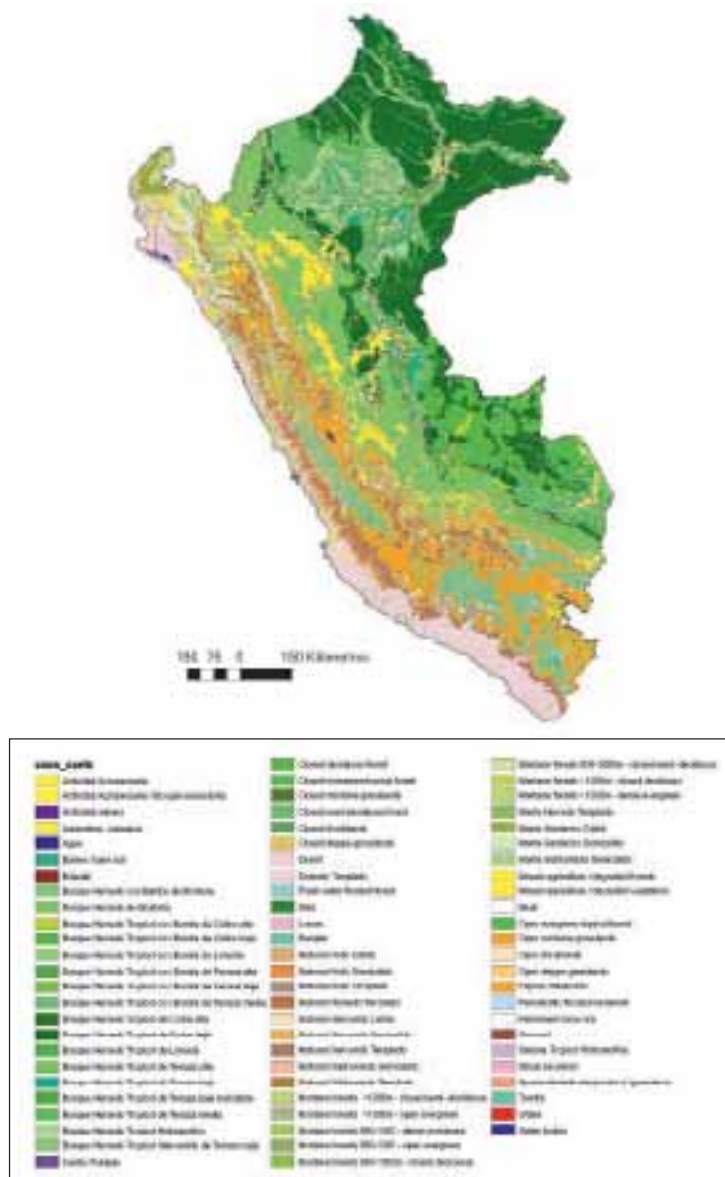
APÉNDICE 5

C

# MAPA DE COBERTURA DEL SUELO Y USO DE LA TIERRA

Figura 5C.1

Mapa de Cobertura del Suelo y Usos de la Tierra



El Cuadro 3C.1 muestra las clases consideradas en el Mapa de Cobertura del Suelo y Uso de la Tierra. Se presenta la superficie y el código de cada clase así como también la fuente de donde proviene cada una de ellas. Las clases que provienen del GLC2000 tienen nombre en inglés.

Cuadro 3C.1

**Clases del mapa usos y cobertura del suelo**

Código forestal	Número de píxeles	Superficie (ha)	Fuente	Descripción
10	626 918	3 918 237,5	inrena2000	Actividad Agropecuaria
11	1 180 702	7 379 387,5	inrena2000	Actividad Agropecuaria / Bosque secundario
12	1 593	9 956,25	inrena2000	Actividad minera
13	13 931	87 068,75	inrena2000	Centro Poblado
14	195 289	1 220 556,25	inrena2000	Agua
15	46 627	291 418,75	inrena2000	Islas
16	18 149	113 431,25	inrena2000	Lomas
17	1208	7550	inrena2000	Manglar
18	113 355	708 468,75	inrena2000	Nival
19	2 500 352	15 627 200	inrena2000	Pajonal Altoandino
20	905 214	5 657 587,5	inrena2000	Tundra
101	23 474	146 712,5	inrena2000	Bofedal
102	916 740	5 729 625	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical Hidromórfico
103	1 604	10 025	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical Intervenido de Terraza baja
104	59 228	370 175	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Colina alta
105	987 521	6 172 006,25	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Colina baja
106	15 139	94 618,75	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Lomada
107	5 746	35 912,5	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Terraza alta
108	24 495	153 093,75	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Terraza baja
109	18 925	118 281,25	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical con Bambú de Terraza media
110	247 250	1 545 312,5	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Colina alta
111	373 9606	23 372 537,5	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Colina baja
112	121 314	758 212,5	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Lomada
113	453 954	2 837 212,5	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Terraza alta
114	671 348	4 195 925	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Terraza baja
115	524 545	3 278 406,25	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Terraza baja inundable
116	687 349	4 295 931,25	inrena2000	Bosque Húmedo Tropical de Terraza media
117	35 719	223 243,75	inrena2000	Bosque Húmedo con Bambú de Montaña
118	2 490 374	1 5564 837,5	inrena2000	Bosque Húmedo de Montaña
123	353 160	2 207 250	inrena2000	Desierto Templado
124	7 150	44 687,5	inrena2000	Matorral árido cálido
125	226 660	1 416 625	inrena2000	Matorral árido semicálido

126	19 778	123 612,5	inrena2000	Matorral árido templado
127	691 002	4 318 762,5	inrena2000	Matorral Húmedo templado
128	9 342	58 387,5	inrena2000	Matorral semiárido cálido
129	21 111	131 943,75	inrena2000	Matorral semiárido semicálido
130	409 629	2 560 181,25	inrena2000	Matorral Semiarido Templado
131	9 341	58 381,25	inrena2000	Matorral Subhúmedo Semicálido
132	354 618	2 216 362,5	inrena2000	Matorral Subhúmedo Templado
135	38 110	238 187,5	inrena2000	Monte Húmedo templado
136	125 926	787 037,5	inrena2000	Monte semiárido cálido
137	185 860	1 161 625	inrena2000	Monte semiárido semicálido
138	73 032	456 450	inrena2000	Monte Subhúmedo semicálido
140	5 692	35 575	inrena2000	Quenual
141	1 654	10 337,5	inrena2000	Sabana Tropical Hidromórfica
2010	2 014	12 587,5	glc2000	Bosque tropical siempreverde cerrado
2011	35	218,75	glc2000	Bosque tropical siempreverde abierto
2020	1 786	11 162,5	glc2000	Bosque decíduo cerrado
2022	7 694	48 087,5	glc2000	Bosque semidecíduo cerrado
2031	30	187,5	glc2000	Bosque inundado por agua dulce
2050	1 292	8 075	glc2000	Agricultura - intensiva
2051	39 153	244 706,25	glc2000	Agricultura mosaico / vegetación degradada
2052	16 743	104 643,75	glc2000	Agricultura mosaico / bosques degradados
2061	4 319	26 993,75	glc2000	Sabana arbustiva
2063	2 278	14 237,5	glc2000	Sabana inundada periódicamente
2064	90 209	563 806,25	glc2000	Sabana arbustiva cerrada
2065	55 498	346 862,5	glc2000	Sabana arbustiva abierta
2068	36 492	228 075	glc2000	Pastoreo montano cerrado
2069	38 269	239 181,25	glc2000	Pastoreo montano abierto
2070	9 543	59 643,75	glc2000	Pastoreo de estepa cerrado
2071	180	1 125	glc2000	Pastoreo de estepa abierto
2075	215 863	1 349 143,75	glc2000	Estepa desértica pobre arbustos/pastos
2080	61	381,25	glc2000	Tierras abandonadas/suelos desnudos
2081	865 921	5 412 006,25	glc2000	Desierto
2083	12 874	80 462,5	glc2000	Cuerpos de agua
2084	157	981,25	glc2000	Nieves/hielos permanentes
2090	4 469	27 931,25	glc2000	Urbana
2110	492	3075	glc2000	Bosques montanos 500-1000 – densos, siempreverdes
2111	56	350	glc2000	Bosques montanos 500-1000 – ralos, siempreverdes
2120	1 534	9 587,5	glc2000	Bosques montanos 500-1000 – densos, siempreverdes cerrados, decíduos
2122	11 313	70 706,25	glc2000	Bosques montanos 500-1000 – densos, semidecíduos–
2160	864	5 400	glc2000	Bosques montanos >1000m – densos, siempreverdes
2161	252	1 575	glc2000	Bosques montanos >1000m –abiertos, siempreverdes
2170	1 014	6 337,5	glc2000	Bosques montanos >1000m –cerrados decíduos
2172	12 782	79 887,5	glc2000	Bosques montanos >1000m – cerrados, semidecíduos



# EXISTENCIAS E IMA POR CLASE DEL MAPA DE COBERTURA DEL SUELO Y USO DE LA TIERRA

Fuente LC	Descripción	Fuente Stock e IMA	Existencias biomasa t/ha			IMA biomasa t/ha/año			TC_media_clase (%)
			min	prom	max	min	PRO	max	Tree cover
inrena2000	Actividad Agropecuaria	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	12,58
inrena2001	Actividad Agropecuaria / Bosque secundaria	WISDOM_Arg	4	5	6	0,2	0,3	0,4	58,87
inrena2000	Actividad minera	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	8,25
inrena2000	Centro Poblado	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	1,95
inrena2000	Agua	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	35,64
inrena2000	Islas	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	49,10
inrena2000	Lomas	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	0,31
inrena2000	Manglar	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	26,37
inrena2000	Nival	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	1,64
inrena2000	Pajonal Altoandino	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	10,83
inrena2000	Tundra	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	3,19
inrena2000	Bofedal	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	10,12
inrena2000	Bosque Humedo Tropical Hidromorfico	Victor Barrena	31	61	92	0,5	5	15	76,40
inrena2000	Bosque Humedo Tropical Intervenido de Terraza baja	INRENA, 1995	41	69	96	0,5	5	15	73,89
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Colina alta	Victor Barrena	50	75	100	0,5	5	15	79,26
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Colina baja	Victor Barrena	39	84	123	0,5	5	15	79,55
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Lomada	Victor Barrena	60	78	96	0,5	5	15	79,73
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Terraza alta	INRENA, 2000	69	81	93	0,5	5	15	79,09
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Terraza baja	INRENA, 2000	65	87	108	0,5	5	15	76,54
inrena2000	Bosque Humedo Tropical con Bambu de Terraza media	INRENA, 2000	77	97	116	0,5	5	15	77,71
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Colina alta	INRENA, 1995 - 2000	60	101	129	0,5	5	15	78,89
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Colina baja	INRENA, 1995	63	118	162	0,5	5	15	79,59
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Lomada	INRENA, 2000	102	110	119	0,5	5	15	79,79
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Terraza alta	INRENA, 2000	107	122	152	0,5	5	15	79,33

Fuente LC	Descripción	Fuente Stock e IMA	Existencias biomasa t/ha			IMA biomasa t/ha/año			TC_media_clase (%)
			min	prom	max	min	PRO	max	Tree cover
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Terraza baja	INRENA, 1995	68	89	121	0,5	5	15	78,00
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Terraza baja inundable	Malleux, J. 1975	82	92	102	0,5	5	15	72,50
inrena2000	Bosque Humedo Tropical de Terraza media	Malleux, J. 1975-INRENA, 1995	77	120	139	0,5	5	15	79,27
inrena2000	Bosque Humedo con Bambu de Montana	Victor Barrena	50	75	100	0,5	5	15	69,69
inrena2000	Bosque Humedo de Montaña	Malleux, J. 1975	69	94	119	0,5	5	15	69,76
inrena2000	Desierto Templado	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	0,38
inrena2000	Matorral Arido Calido	Victor Barrena	12	30	48	0,32	0,4	0,48	13,27
inrena2000	Matorral Arido Semicálido	Victor Barrena	6	12	18	0,32	0,4	0,48	1,54
inrena2000	Matorral Arido Templado	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	2,70
inrena2000	Matorral Humedo Templado	Victor Barrena	0	2	6	0,32	0,4	0,48	17,16
inrena2000	Matorral Semiarido Calido	Victor Barrena	0	1	4	0,32	0,4	0,48	28,11
inrena2000	Matorral Semiarido Semicálido	Victor Barrena	6	12	18	0,32	0,4	0,48	17,66
inrena2000	Matorral Semiarido Templado	Victor Barrena	0	0	0	0	0	0	3,58
inrena2000	Matorral Subhumedo Semicálido	Victor Barrena	1	6	12	0,32	0,4	0,48	26,62
inrena2000	Matorral Subhumedo Templado	Victor Barrena	0	1	2	0,32	0,4	0,48	15,32
inrena2000	Monte Humedo Templado	Victor Barrena	6	12	18	0,32	0,4	0,48	26,24
inrena2000	Monte Semiarido Calido	Victor Barrena	6	18	30	0,32	0,4	0,48	7,98
inrena2000	Monte Semiarido Semicálido	Victor Barrena	6	18	24	0,32	0,4	0,48	13,60
inrena2000	Monte Subhumedo Semicálido	Victor Barrena	6	24	36	0,32	0,4	0,48	21,70
inrena2000	Quenal	Yallico, Malleux, J. 1975-INRENA, 1995	24	29	258	0,96	1,2	1,44	8,17
inrena2000	Sabana Tropical Hidromorfica	Victor Barrena	1,6	2	2,4	0,1	0,1	0,1	60,25
glc2000	Bosque tropical cerrado siempreverde	wisdom_Arg_Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	7,03
glc2001	Bosque tropical abierto siempreverde	wisdom_Arg_Rudi Drigo	16,0	20,0	24,0	0,6	1,0	1,4	37,29
glc2002	Bosque cerrado deciduo	wisdom_Arg_Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	27,12
glc2003	Bosque cerrado semideciduo	wisdom_Arg_Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	16,93
glc2004	Bosque inundado con agua dulce	wisdom_Arg_Rudi Drigo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,07
glc2005	Agricultura – intensiva	wisdom_Arg_Rudi Drigo	4,0	5,0	6,0	0,2	0,3	0,4	8,27
glc2006	Agricultura mosaico/ vegetación degradada	wisdom_Arg_Rudi Drigo	4,0	5,0	6,0	0,2	0,3	0,4	4,87
glc2007	Agricultura mosaico/ bosques degradados	wisdom_Arg_Rudi Drigo	4,0	5,0	6,0	0,2	0,3	0,4	21,85
glc2008	Sabana arbustiva	wisdom_Arg_Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	11,04
glc2009	Sabana periódicamente inundada	wisdom_Arg_Rudi Drigo	1,6	2,0	2,4	0,1	0,1	0,1	2,82

Fuente LC	Descripción	Fuente Stock e IMA	Existencias biomasa t/ha			IMA biomasa t/ha/año			TC_media_clase (%)
			min	prom	max	min	PRO	max	Tree cover
glc2010	Sabana arbustiva cerrada	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	6,4	8,0	9,6	0,2	0,4	0,6	6,46
glc2011	Sabana arbustiva abierta	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	4,8	6,0	7,2	0,2	0,3	0,4	8,14
glc2012	Pastoreo montano cerrado	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	3,2	4,0	4,8	0,1	0,2	0,3	3,89
glc2013	Pastoreo montano abierto	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	1,6	2,0	2,4	0,1	0,1	0,1	3,84
glc2014	Pastoreo de estepa cerrado	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	2,4	3,0	3,6	0,1	0,2	0,2	1,34
glc2015	Pastoreo de estepa abierto	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	1,6	2,0	2,4	0,1	0,1	0,1	1,71
glc2016	Estepa arbustiva rala desértica / pastorreo	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	2,4	3,0	3,6	0,1	0,2	0,2	0,36
glc2017	Tierras abandonadas / suelo desnudo	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,61
glc2018	Desierto	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08
glc2019	Cuerpos de agua	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,63
glc2020	Hielo/nieve permanente	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
glc2021	Urbana	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	3,2	4,0	4,8	0,1	0,2	0,3	0,76
glc2022	Bosques montanos 500-1000 - densos siempreverdes	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	12,0	15,0	18,0	0,5	0,8	1,1	11,39
glc2023	Bosques montanos 500-1000 - abiertos, siempreverdes	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	16,0	20,0	24,0	0,6	1,0	1,4	31,39
glc2024	Bosques montanos 500-1000m - cerrados, deciduos	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	34,64
glc2025	Bosques montanos 500-1000m - cerrados, semi-deciduos	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	27,70
glc2026	Bosques montanos >1000m - densos, siempreverdes	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	29,45
glc2027	Bosques montanos >1000m - abiertos, siempreverdes	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	8,0	10,0	12,0	0,3	0,5	0,7	34,62
glc2028	Bosques montanos >1000m - cerrados deciduos	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	12,0	15,0	18,0	0,5	0,8	1,1	36,86
glc2029	Bosques montanos >1000m - cerrados semi-deciduos	wisdom_Arg_ Rudi Drigo	12,0	15,0	18,0	0,5	0,8	1,1	23,01

# DEFINICIONES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y PECUARIOS

## 1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA

### 1.1 CAÑA DE AZÚCAR

La biomasa aérea de la caña de azúcar considerada como residuo está conformada por el follaje más el residuo agroindustrial o “bagazo integral” que resulta del proceso de molienda de la caña.

El follaje comprende el cogollo o penacho de la caña, hojas verdes y hojas secas, vainas verdes y vainas secas. Este conjunto representa entre el 17 y el 20 por ciento de la biomasa aérea de las variedades de caña de azúcar que usualmente se cultivan en el Perú. Desde mediados de la década pasada se vienen introduciendo nuevas variedades que tienen una mayor proporción de follaje respecto del total de biomasa aérea. Para los fines de este informe se considera como follaje base húmeda el 17,5 por ciento de la biomasa aérea de la caña, y 13,2 por ciento como follaje en base seca (10 por ciento o menos de humedad).

### 1.2 ALGODÓN

El residuo de algodón que se toma en cuenta para evaluar la posibilidad de su uso para energía comercial está conformado por la biomasa aérea que permanece en el campo luego de la cosecha o paña de la fibra de algodón; comprende tallo, ramas, hojas y restos de pétalos.

En función a los tipos de algodón usualmente cultivados en la costa del Perú (Tanguis, Pima, Cerro y en años recientes, Hazera), se estima una producción promedio no menor de 10 t/ha de rastrojo. Esta cantidad puede variar por mayor densidad de siembra y/o robustez de la planta según las variedades. Puede tomarse como referencia la posibilidad de variaciones en el orden de 10 por ciento respecto del volumen indicado.

### 1.3 ARROZ

Para calcular el potencial energético de los residuos de arroz se considera la cáscara y el tallo. La cáscara resulta del proceso de pilado. La “cáscara de arroz” representa el 20 por ciento del peso del arroz cosechado o “arroz cáscara”. Las cantidades que de ello se obtiene se toman como volumen que teóricamente estaría disponible para su uso con fines de energía.

Con relación al tallo del arroz se considera que el 50 por ciento de lo que usualmente queda en el campo luego de la cosecha, es similar al peso del arroz cáscara obtenido y su poder calorífico es ligeramente inferior al de la cáscara de arroz.

#### 1.4 MAÍZ AMARILLO DURO

La biomasa aérea residuo del maíz amarillo duro que constituye un recurso energético está conformada por tallo, hojas, panojas y coronta en base seca (humedad menor a 12 por ciento). La cantidad de la misma equivale a 2,5 veces el peso del grano de maíz cosechado. Para efectos de estimar la magnitud del recurso que podría ser acopiado para fines de energía comercial, se consideran dos opciones: 50 por ciento y 30 por ciento del volumen de biomasa aérea poscosecha.

#### 1.5 ESPÁRRAGO

El residuo del espárrago considerado como potencial fuente de energía primaria comercial, es la broza que se extrae/retira para iniciar la cosecha del fruto-esturión. La cantidad de broza por hectárea que se obtiene por cosecha fluctúa alrededor de 25 t/ha con un contenido de humedad de 65 por ciento. La información sobre frecuencia de cosecha por hectárea, por región, zona o valle; así como la información referente a condiciones climáticas, disponibilidad de agua, comportamiento de mercados, variaciones en costos, entre otros, según el patrón de manejo del espárrago en la Costa del Perú asume 1,5 cosechas como promedio por ha/año.

#### 1.6 OLIVO

El residuo del olivo que se contabiliza en este informe como fuente potencial de energía primaria comercial, lo conforma el material que se obtiene de las podas y el orujo que resulta de la extracción/molienda de la aceituna para aceite para consumo humano.

### 2. DEFINICIÓN DE RESIDUOS DE ORIGEN PECUARIO

#### 2.1 AVES

La producción de estiércol de los pollos para carne se estima en 0,065 kg/día y para el resto de las aves en 0,095 kg/día; estas cifras determinan un promedio ponderado de 0,070 kg/día de estiércol/ave/día en base húmeda y 0,021kg en base seca.

#### 2.2 GANADO VACUNO

La producción media en kg/día de estiércol fresco por cabeza de ganado vacuno se estima en 40 kg. Esta materia contiene de 80 a 90 por ciento de humedad que en términos de base seca representa 2,2 t/año.

#### 2.3 GANADO OVINO

El manejo de hatos de ovinos implica el pastoreo rotativo en amplias áreas y un mínimo de la población y tiempo bajo condición estabulada. La producción promedio de estiércol del ganado ovino alcanza a 3,0 kg/día para las ovejas madres y 1,5 kg/día para el resto (lechales, machos), lo cual da una media de 2,25 kg/día por cabeza; esta cifra equivale a una producción de 0,82 t/año en base húmeda y 0,41 t/año en base seca.



## 2.4 GANADO CAPRINO

La producción de estiércol por cabeza es similar a la del ganado ovino: 1,1 t/año las cabras madres y 0,55 t/año los chivos y cabritos. La producción de estiércol promedio/año por animal se estima en 0,825 t en base húmeda y 0,33 en base seca.

## 2.5 GANADO PORCINO

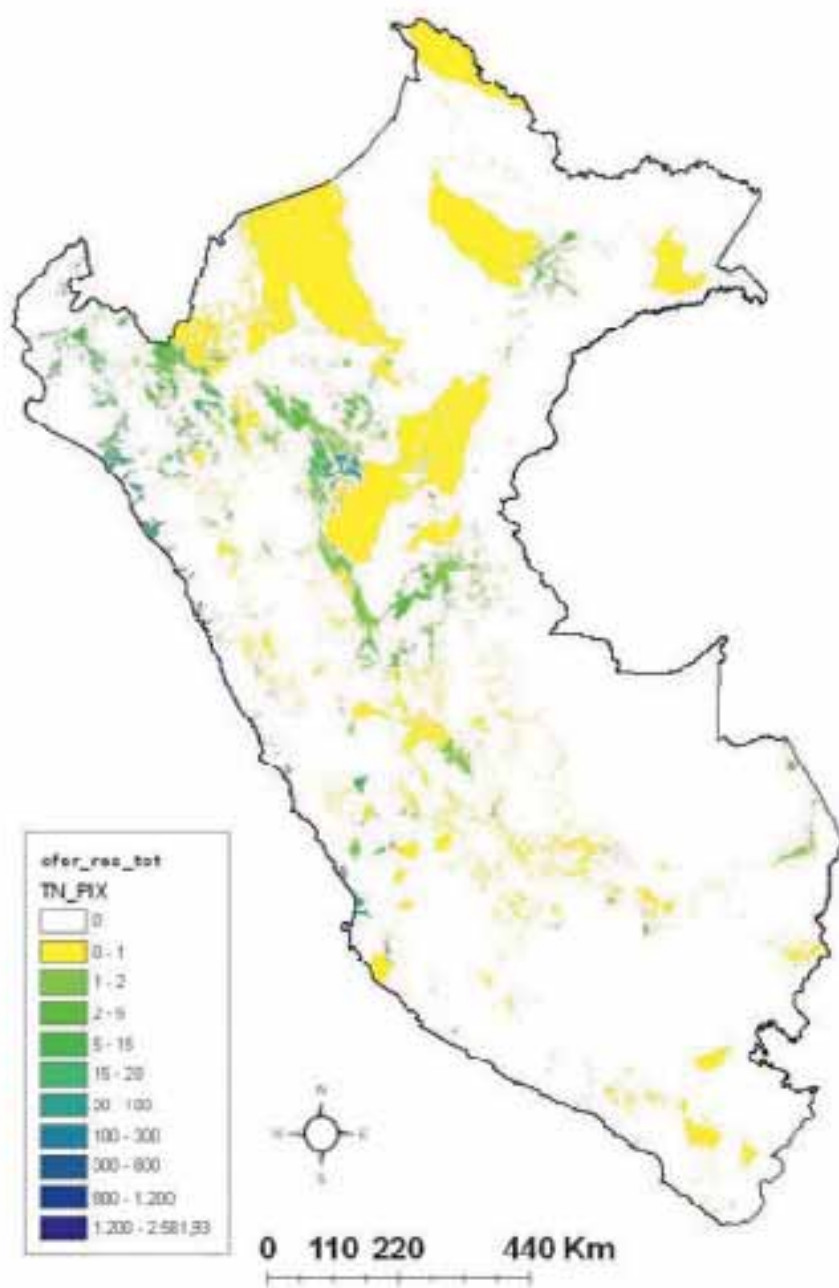
Los antecedentes de producción según estrato tecnológico, indican que, por cada cabeza de animal, se generan anualmente entre 3 y 4,8 m<sup>3</sup> de residuos líquidos (efluentes) y entre 0,21 y 0,65 t de sólidos (guanos). Estos sólidos están constituidos por 75 por ciento de agua y 25 por ciento de sólidos (peso seco a 60°C). De acuerdo a las cifras descritas se estima una producción promedio por animal de 0,435 t/año de estiércol.

## 2.6 LLAMA Y ALPACA

Son herbívoros con muy alta eficiencia de conversión de forraje en carne y fibra. Poseen una eficiencia de 55 a 60 por ciento mayor a la de los ovinos para transformar el alimento (forraje) en peso vivo. A similar cantidad de ingesta por día (ovino 2,77 kg/día de materia seca y produce 0,82 t/año de estiércol), se infiere que la producción de estiércol por individuo (alpaca y llama) alcanza un rango entre 250 kg/año a 270 kg/año en base húmeda y entre 150 kg/año a 160 kg/año en base seca.

# F

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE ASERRADEROS



## APÉNDICE 5



# BIOMASA DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS DIRECTO POR PROVINCIA Y POR AÑO

PERÚ: MAÍZ AMARILLO DURO - RESIDUO AGRÍCOLA

KILOGRAMOS EN CAMPO DE TALLO FOLLAJE PANOJA Y CORONTA

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton Período	Residuo Kg promedio año	Residuo Equivalencia tep
				2005	2006	2007	2008			
0102	Maiz amarillo duro	Amazonas	Bagua	1 851,95	2 470,2	3 140,1	2 080,6	9 542,85	5 964 281,25	1 944,87
0103	Maiz amarillo duro	Amazonas	Bongara	1 137,8	27,62	635,96	771,42	2 572,80	1 608 000,00	524,35
0101	Maiz amarillo duro	Amazonas	Chachapoyas	876,3	322,49	381,75	258,56	1 839,10	1 149 437,50	374,82
0104	Maiz amarillo duro	Amazonas	Condorcanqui	257,53	184,19	249,88	274,9	966,50	604 062,50	196,98
0105	Maiz amarillo duro	Amazonas	Luya	2217,3	2 190,77	2 207,25	2 426,65	9 041,97	5 651 231,25	1 842,79
0106	Maiz amarillo duro	Amazonas	Rodriguez de Mendoza	2 695,94	2 729,88	2 668,171	2 162,3	10 256,29	6 410 181,88	2 090,28
0107	Maiz amarillo duro	Amazonas	Utcubamba	8 873,66	8 824,05	12 814,15	18 075,15	48 587,01	30 366 881,25	9 902,24
0202	Maiz amarillo duro	Ancash	Aija	36	104	185	40	365,00	228 125,00	74,39
0205	Maiz amarillo duro	Ancash	Bolognesi	244	530	449	429	1 652,00	1 032 500,00	336,68
0208	Maiz amarillo duro	Ancash	Casma	6 035	9 397	8 774	3 071	27 277,00	17 048 125,00	5 559,17
0209	Maiz amarillo duro	Ancash	Corongo	60	87	117	136	400,00	250 000,00	81,52
0201	Maiz amarillo duro	Ancash	Huaraz	253	321	184	127	885,00	553 125,00	180,37
0211	Maiz amarillo duro	Ancash	Huarmey	4 421,5	5 124	4 413	2 752,3	16 710,80	10 444 250,00	3 405,73
0212	Maiz amarillo duro	Ancash	Huaylas	276	220	225	135	856,00	535 000,00	174,46
0214	Maiz amarillo duro	Ancash	Ocos	3057	2327	1 059	933	7 376,00	4 610 000,00	1 503,26
0215	Maiz amarillo duro	Ancash	Pallasca	60	0	48	43	151,00	94 375,00	30,77
0217	Maiz amarillo duro	Ancash	Recuay			0	273,2	273,20	170 750,00	55,68
0218	Maiz amarillo duro	Ancash	Santa	65 839	62 949	66 177	79 002	273 967,00	171 229 375,00	55 835,67
0220	Maiz amarillo duro	Ancash	Yungay		289	574	515	1 378,00	861 250,00	280,84
0301	Maiz amarillo duro	Apurimac	Abancay	1 833	1 194,5	1 127,85	3 528,05	7 683,40	4 802 125,00	1 565,91

Codigo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton	Residuo	Residuo
				2005	2006	2007	2008			
0302	Maiz amarillo duro	Apurimac	Andahuaylas	276,88	560,38	460,864	691,608	1 989,73	1 243 582,50	405,52
0304	Maiz amarillo duro	Apurimac	Aymaraes	87,78	97,159	128,1	168,55	481,59	300 993,13	98,15
0306	Maiz amarillo duro	Apurimac	Chincheros	952,8	765,95	508,466	510,949	2 738,17	1 711 353,13	558,05
0403	Maiz amarillo duro	Arequipa	Caraveli	1 893	6 624,84	4 099,01	2 449,558	15 066,41	9 416 505,00	3 070,60
0404	Maiz amarillo duro	Arequipa	Castilla	70,5	94,65	39,61	35,33	240,09	150 056,25	48,93
0405	Maiz amarillo duro	Arequipa	Caylloma	96				96,00	60 000,00	19,57
0406	Maiz amarillo duro	Arequipa	Condesuyos	113,3			6	119,30	74 562,50	24,31
0501	Maiz amarillo duro	Ayacucho	Huamanga	36	107	103	74	320,00	200 000,00	65,22
0504	Maiz amarillo duro	Ayacucho	Huanta	427	451	623	383	1 884,00	1 177 500,00	383,97
0505	Maiz amarillo duro	Ayacucho	La Mar	667	1007	806	928	3 408,00	2 130 000,00	694,57
0506	Maiz amarillo duro	Ayacucho	Lucanas	115	86	226	329	756,00	472 500,00	154,08
0507	Maiz amarillo duro	Ayacucho	Parinacochas	187	31	95	75	388,00	242 500,00	79,08
0511	Maiz amarillo duro	Ayacucho	Vilcas Huaman	22	24	15	23	84,00	52 500,00	17,12
0602	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Cajabamba	1 745	2 934,74	2 474,04	2 607,229	9 761,01	6 100 630,63	1 989,34
0601	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Cajamarca	914	506	510	965	2 895,00	1 809 375,00	590,01
0603	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Celendin	747	872	1609,6	936,2	4 164,80	2 603 000,00	848,80
0604	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Chota	7 917,3	8 118,2	9 073,2	10 042,3	35 151,00	21 969 375,00	7 163,93
0605	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Contumaza	6 241,8	10 183,1	9 015,5	8 683,5	34 123,90	21 327 437,50	6 954,60
0606	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Cutervo	18 201	17 000,3	18 307	22 242	75 750,30	47 343 937,50	15 438,24
0607	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Hualgayoc	645	358	260	160	1 423,00	889 375,00	290,01
0608	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Jaen	4 330,28	6 762,36	6 948,5	7 106,377	25 147,52	15 717 198,13	5 125,17
0609	Maiz amarillo duro	Cajamarca	San Ignacio	5 974,95	6 555,04	6 714,429	6 768,15	26 012,57	16 257 855,63	5 301,47
0610	Maiz amarillo duro	Cajamarca	San Marcos	125	106,75	140	147	518,75	324 218,75	105,72
0611	Maiz amarillo duro	Cajamarca	San Miguel	12 212,15	13 202,9	13 620,5	16 059,45	55 095,00	34 434 375,00	11 228,60
0612	Maiz amarillo duro	Cajamarca	San Pablo	2 899,119	2 535,54	2 776,35	2380,199	10 591,21	6 619 505,00	2 158,53
0613	Maiz amarillo duro	Cajamarca	Santa Cruz	2 190,5	2 251,5	3 101,1	3 386	10 929,10	6 830 687,50	2 227,40
0803	Maiz amarillo duro	Cusco	Anta	105,3	430	430	374	1 339,30	837 062,50	272,96
0804	Maiz amarillo duro	Cusco	Calca	579,6	590	2 890,6	2 678	6 738,20	4 211 375,00	1 373,27

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton	Residuo Kg promedio año	Residuo Equivalencia tep
					2005	2006	2007	2008			
0809	Maiz amarillo duro	Cusco	La Convencion	6 566,1	6 264,68	6 548,92	6 239,59	25 619,29	16 012 056,25	5 221,32	
0811	Maiz amarillo duro	Cusco	Paucartambo	245	197	189	132,5	763,50	477 187,50	155,60	
0812	Maiz amarillo duro	Cusco	Quispicanchi	183	180	312	309	984,00	615 000,00	200,54	
0813	Maiz amarillo duro	Cusco	Urubamba	40	40	80	44	204,00	127 500,00	41,58	
0902	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Acobamba	15	2,7			17,70	11 062,50	3,61	
0903	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Angaraes	13	11	0	3,1	27,10	16 937,50	5,52	
0904	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Castrovirreyna	71	48	80	22,1	221,10	138 187,50	45,06	
0905	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Churcampa	13,5	0	6	10,4	29,90	18 687,50	6,09	
0901	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Huancavelica	74	62	15	5	156,00	97 500,00	31,79	
0906	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Huaytara			13	2,2	15,20	9 500,00	3,10	
0907	Maiz amarillo duro	Huancavelica	Tayacaja	142	201	150	186,7	679,70	424 812,50	138,53	
1002	Maiz amarillo duro	Huanuco	Ambo	678	524,3	584,2	614,5	2 401,00	1 500 625,00	489,33	
1004	Maiz amarillo duro	Huanuco	Huacaybamba	44				44,00	27 500,00	8,97	
1005	Maiz amarillo duro	Huanuco	Huamalies	278	307,8	321,9	231	1 138,70	711 687,50	232,07	
1001	Maiz amarillo duro	Huanuco	Huanuco	3 185	3 975,5	3 828,5	6 335,6	17 324,60	10 827 875,00	3 530,83	
1006	Maiz amarillo duro	Huanuco	Leoncio Prado	3 554	3 459,4	3 035,5	3 353	13 401,90	8 376 187,50	2 731,37	
1007	Maiz amarillo duro	Huanuco	Marañon	345	470	431	756	2 002,00	1 251 250,00	408,02	
1008	Maiz amarillo duro	Huanuco	Pachitea	883	2945	1 040,9	2 201,9	7 070,80	4 419 250,00	1 441,06	
1009	Maiz amarillo duro	Huanuco	Puerto Inca	20 164	15 509	16 180	15 045	66 898,00	41 811 250,00	13 634,10	
1102	Maiz amarillo duro	Ica	Chincha	25 865,92	27 450,13	29 933,689	32 931,55	116 181,29	72 613 305,63	23 678,25	
1101	Maiz amarillo duro	Ica	Ica	7 191,45	4 630,988	7 365,96	8 667,729	27 856,13	17 410 079,38	5 677,20	
1103	Maiz amarillo duro	Ica	Nazca	1 341,55	3 245,25	2 199,3	4 074,32	10 860,42	6 787 762,50	2 213,40	
1104	Maiz amarillo duro	Ica	Palpa	2 619,86	2 782,4	4 178,158	4 075,998	13 656,42	8 535 260,00	2 783,24	
1105	Maiz amarillo duro	Ica	Pisco	7 763,23	10 419,44	19 487,95	21 199,85	58 870,47	36 794 043,75	11 998,06	
1203	Maiz amarillo duro	Junin	Chanamayo	2 150	2 274,5	2 181,1	2 937,9	9 543,50	5 964 687,50	1 945,01	
1202	Maiz amarillo duro	Junin	Concepcion	8	8	10,5	15,7	42,20	26 375,00	8,60	
1201	Maiz amarillo duro	Junin	Huancayo	50	79,9	63,3	69,9	263,10	164 437,50	53,62	
1204	Maiz amarillo duro	Junin	Jauja	36	52	44,3	34,5	166,80	104 250,00	33,99	

Codigo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton	Residuo	Residuo
				2005	2006	2007	2008			
1206	Maiz amarillo duro	Junin	Satipo	8 006,6	6 601,1	6 504,84	9 740,49	30 853,03	19 283 143,75	6 287,98
1302	Maiz amarillo duro	La Libertad	Ascope	31 073,5	36 046	51 689	66 599,2	185 407,70	115 879 812,50	37 786,90
1303	Maiz amarillo duro	La Libertad	Bolivar	1 431	1 141	797	604	3 973,00	2 483 125,00	809,71
1304	Maiz amarillo duro	La Libertad	Chepen	22 898	25 630	48 423	56 662	153 613,00	96 008 125,00	31 307,00
1311	Maiz amarillo duro	La Libertad	Gran Chimu	1 582,2	2 687,5	4 086	3 514	11 869,70	7 418 562,50	2 419,10
1305	Maiz amarillo duro	La Libertad	Julcan	13				13,00	8 125,00	2,65
1306	Maiz amarillo duro	La Libertad	Otuzco	889,5	737	839	745,9	3 211,40	2 007 125,00	654,50
1307	Maiz amarillo duro	La Libertad	Pacasmayo	8 325	16 541,5	38 796	42 641	106 303,50	66 439 687,50	21 665,12
1308	Maiz amarillo duro	La Libertad	Pataz	2 916	2 544,6	3 812,5	2 790,5	12 063,60	7 539 750,00	2 458,61
1309	Maiz amarillo duro	La Libertad	Sanchez Carrion	155	186	0	52	393,00	245 625,00	80,10
1310	Maiz amarillo duro	La Libertad	Santiago De Chuco	73				73,00	45 625,00	14,88
1301	Maiz amarillo duro	La Libertad	Trujillo	9 718	9 256,7	11 856	12 072,9	42 903,60	26 814 750,00	8 743,94
1312	Maiz amarillo duro	La Libertad	Viru	75 018	80 062	72 297	67 672	295 049,00	184 405 625,00	60 132,27
1401	Maiz amarillo duro	Lambayeque	Chiclayo	45 422	31 411	34 528	41 053	152 414,00	95 258 750,00	31 062,64
1402	Maiz amarillo duro	Lambayeque	Ferreñafe	17 340	21 574	20 774	26 022	85 710,00	53 568 750,00	17 468,07
1403	Maiz amarillo duro	Lambayeque	Lambayeque	17 417	34 769	37 079	42 801	132 066,00	82 541 250,00	26 915,63
1502	Maiz amarillo duro	Lima	Barranca	41 214	31 799	60 914	65 029	198 956,00	124 347 500,00	40 548,10
1503	Maiz amarillo duro	Lima	Cajatambo	222	139	119	80	560,00	350 000,00	114,13
1504	Maiz amarillo duro	Lima	Canta	924	1 104	1 116	1 548	4 692,00	2 932 500,00	956,25
1505	Maiz amarillo duro	Lima	Cañete	53 751	45 238	64 558	80 834	244 381,00	152 738 125,00	49 805,91
1506	Maiz amarillo duro	Lima	Huaral	27 516	30 461	30 649	38 154	126 780,00	79 237 500,00	25 838,32
1507	Maiz amarillo duro	Lima	Huachochiri	51	99	28	131	309,00	193 125,00	62,98
1508	Maiz amarillo duro	Lima	Huaura	65 493	53 651	51 659	53 742	224 545,00	140 340 625,00	45 763,25
1501	Maiz amarillo duro	Lima	Lima	4 925,2	5 004,2	4 759,7	4 043,65	18 732,75	11 707 968,75	3 817,82
1510	Maiz amarillo duro	Lima	Yauyos	6				6,00	3 750,00	1,22
1602	Maiz amarillo duro	Loreto	Alto Amazonas	11 849	13 847	12 865	10 182	48 743,00	30 464 375,00	9 934,04
	Maiz amarillo duro	Loreto	Datem Del Marañon	4 086	3 448	3 995	2 863	14 392,00	8 995 000,00	2 933,15
1603	Maiz amarillo duro	Loreto	Loreto	8 267	5 026	3 457	3 142	19 892,00	12 432 500,00	4 054,08

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton	Residuo Kg promedio año	Residuo Equivalencia tep
					2005	2006	2007	2008			
1604	Maiz amarillo duro	Loreto	Mariscal R, Castilla	2 268	1 816	1 745	2 036	7 865,00	4 915 625,00	1 602,92	
1601	Maiz amarillo duro	Loreto	Maynas	21 973	20 245	18 957	20 684	81 859,00	51 161 875,00	16 683,22	
1605	Maiz amarillo duro	Loreto	Requena	3 567	2 717	3 959	3 789	14 032,00	8 770 000,00	2 859,78	
1606	Maiz amarillo duro	Loreto	Ucayali	18 048	16 764	14 447	10 837	60 096,00	37 560 000,00	12 247,83	
1702	Maiz amarillo duro	Madre De Dios	Manu	820,35	707,26	619,948	512,295	2 659,85	1 662 408,13	542,09	
1703	Maiz amarillo duro	Madre De Dios	Tahuamanu	2 339,3	3 648,8	3 218,2	0	9 206,30	5 753 937,50	1 876,28	
1701	Maiz amarillo duro	Madre De Dios	Tambopata	4 684,85	5 362,85	4 710,08	4 924,6	19 682,38	12 301 487,50	4 011,35	
1803	Maiz amarillo duro	Moquegua	Ilo	36	11,45	9	23,8	80,25	50 156,25	16,36	
1801	Maiz amarillo duro	Moquegua	Mariscal Nieto	173,9	114,35	136,78	298,16	723,19	451 993,75	147,39	
1903	Maiz amarillo duro	Pasco	Oxapampa	4 431	6 292	5 465,6	4 995,48	21 184,08	13 240 050,00	4 317,41	
1901	Maiz amarillo duro	Pasco	Pasco		0	75	74	149,00	93 125,00	30,37	
2002	Maiz amarillo duro	Piura	Ayabaca	6 329	15 827	9 862	10 551	42 569,00	26 605 625,00	8 675,75	
2003	Maiz amarillo duro	Piura	Huancabamba	2 204	1 258	1 348	1 205	6 015,00	3 759 375,00	1 225,88	
2004	Maiz amarillo duro	Piura	Morropon	12 365	20 863	10 819	16 454	60 501,00	37 813 125,00	12 330,37	
2005	Maiz amarillo duro	Piura	Paita	3 765	3 603	2 851	2 905	13 124,00	8 202 500,00	2 674,73	
2001	Maiz amarillo duro	Piura	Piura	19 072	27 122	30 212	20 501	96 907,00	60 566 875,00	19 750,07	
2008	Maiz amarillo duro	Piura	Sechura	3 041	5 224	5 657	5 527	19 449,00	12 155 625,00	3 963,79	
2006	Maiz amarillo duro	Piura	Sullana	4 637	2 427	3 028	4 238	14 330,00	8 956 250,00	2 920,52	
2103	Maiz amarillo duro	Puno	Carabaya	2 230	2 518	2 530	2 545	9 823,00	6 139 375,00	2 001,97	
2112	Maiz amarillo duro	Puno	Sandla	2 268	2 227	2 457	2 542	9 494,00	5 933 750,00	1 934,92	
2202	Maiz amarillo duro	San Martin	Bellavista	34 169	34 392	26 842,25	39 681	135 084,25	84 427 656,25	27 530,76	
2203	Maiz amarillo duro	San Martin	El Dorado	11 600	11 852	21 834	15 974	61 260,00	38 287 500,00	12 485,05	
2204	Maiz amarillo duro	San Martin	Huallaga	12 149	3 680,3	3 810	4 762,38	24 401,68	15 251 050,00	4 973,17	
2205	Maiz amarillo duro	San Martin	Lamas	6 765,4	6 550	2 915	3 608,95	19 839,35	12 399 593,75	4 043,35	
2206	Maiz amarillo duro	San Martin	Mariscal Caceres	14 978	7 430,2	7 144	8 922	38 474,20	24 046 375,00	7 841,21	
2201	Maiz amarillo duro	San Martin	Moyobamba	3 163	2 471	1 132,5	452	7 218,50	4 511 562,50	1 471,16	
2207	Maiz amarillo duro	San Martin	Picota	56 622	52 804	54 990,98	49 547,5	213 964,48	133 727 800,00	43 606,89	
2208	Maiz amarillo duro	San Martin	Rioja	1 131,45	1 664	1 706	1 558	6 059,45	3 787 156,25	1 234,94	

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton grano				Total ton	Residuo Kg promedio año	Residuo Equivalencia tep
					2005	2006	2007	2008			
2209		Maiz amarillo duro	San Martin	San Martin	1 298,15	1 769,5	2 642	1 340	7 049,65	4 406 031,25	1 436,75
2210		Maiz amarillo duro	San Martin	Tocache	4 136	4 525	4 287	6 433	19 381,00	12 113 125,00	3 949,93
2303		Maiz amarillo duro	Tacna	Jorge Basadre	35	52	59		146,00	91 250,00	29,76
2301		Maiz amarillo duro	Tacna	Tacna	217	112	77	111	517,00	323 125,00	105,37
2402		Maiz amarillo duro	Tumbes	Contralmirante Villar	209,775	256,579	124,82	254,89	846,06	528 790,00	172,43
2401		Maiz amarillo duro	Tumbes	Tumbes	71,96	246,35	150,438	160,01	628,76	392 973,75	128,14
2403		Maiz amarillo duro	Tumbes	Zarumilla	175,25	1 994,51	1 156,2	1 795,8	5 121,76	3 201 100,00	1 043,84
2502		Maiz amarillo duro	Ucayali	Atalaya	1 320,54	1 495,759	1 207,204	4 375,86	8 399,36	5 249 601,88	1 711,83
2501		Maiz amarillo duro	Ucayali	Coronel Portillo	15 121,7	14 751,15	13 673,695	16 285,814	59 832,36	37 395 224,38	12 194,09
2503		Maiz amarillo duro	Ucayali	Padre Abad	7 691,5	9 118,085	7 176,579	7 344,889	31 331,05	19 581 908,13	6 385,40
2504		Maiz amarillo duro	Ucayali	Purus	216	218	45,35	181,24	660,59	412 868,75	134,63

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima; Monder SAC Base Datos Estudio sobre Biocombustibles y Matriz Energética Lima 2008.

#### Notas

1. La cantidad/peso por hectárea del residuo del maíz amarillo duro (tallo hojas/follaje panojallimbos y coronta) en base seca (humedad = < 0,12) es equivalente a 2,5 veces el peso del grano de maíz cosechado.
2. Para fines de energía se considera factible el aprovechamiento del 90% del volumen del conjunto de residuos que quedan en el campo luego de la cosecha y correspondiente desgrane de la coronta.
3. Se considera 3 800 Kcal/Kg (15 MJ) de contenido energético para el residuo agrícola post cosecha del maíz amarillo duro y equivalencia en energía primaria de 2,76 ton de dicho residuo por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal).
4. En el Perú el maíz amarillo duro se cosecha manualmente y se desgrana en unidades estacionarias en campo (trilladoras) por lo tanto la coronta queda como residuo en campo.



## PERÚ: CAÑA DE AZÚCAR - RESIDUO AGRICOLA FOLLAJE

KILOGRAMOS EN CAMPO DE HOJAS VAINAS Y COGOLLO

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton / Caña Molida				Total Ton Caña Período	Residuo Follaje Bs Kg Promedio Año	Residuo Equivalencia Tep
					2005	2006	2007	2008			
0218	Caña de azúcar	Ancash	Santa	512 587	585 778	613 892	628 015	2 340 271,45	122 243 724,76	43 658,47	
0407	Caña de azúcar	Arequipa	Islay	82 979	95 354	116 090	90 685	385 108,46	20 116 082,06	7 184,32	
1302	Caña de azúcar	La Libertad	Ascope	2 066 529	2 324 259	2 701 471	3 248 668	10 340 927,41	540 156 776,45	192 913,13	
1301	Caña de azúcar	La Libertad	Trujillo	822 363	959 767	1 058 812	1 097 197	3 938 138,46	205 708 065,77	73 467,17	
1401	Caña de azúcar	Lambayeque	Chiclayo	1 274 400	1 689 427	2 111 538	2 689 532	7 764 896,87	405 598 211,71	144 856,50	
1502	Caña de azúcar	Lima	Barranca	945 402	984 171	1 060 632	1 025 345	4 015 550,20	209 751 656,28	74 911,31	
1508	Caña de azúcar	Lima	Huara	599 805	607 077	621 252	616 517	2 444 650,47	127 695 946,90	45 605,70	

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima; Monder SAC Base Datos Estudio sobre Biocombustibles y Matriz Energética Lima 2008,

## NOTAS

1. El cálculo sobre volumen de follaje se basa en información de un muestreo de 30 000 ha efectuado en la costa norte del Perú, Las variedades evaluadas corresponden a las "tradicionales" (H32-8560 H37-1933 H39-5803,,,PGS57-0497,,,Lar52-604 P12-745 Azul Casa Grande,,,) usadas mayoritariamente por la industria azucarera nacional hasta fines de la década del 90, El follaje compuesto por hojas verdes hojas secas vainas verdes vainas secas y cogollo representa el 17% - 18% de la biomasa aérea de la caña a humedad natural en campo antes de la cosecha, El promedio ponderado de humedad del follaje es 32%.
2. Para efectos de estimar el volumen de follaje se considera en 17,5% la proporción del mismo en el total de la biomasa aérea de la caña de azúcar en campo previa a la cosecha,
3. Las variedades de caña que se están difundiendo en el país (provenientes de Mexico Centro América Colombia Brasil) contiene una proporción mayor de follaje, A la fecha no se dispone de una evaluación suficiente de dicha participación/proporción ni del peso relativo de las variedades introducidas respecto del total del área bajo cultivo de caña de azúcar, Cálculos preliminares señalan que el follaje de las variedades introducidas al Perú alcanza al 30% de su biomasa aérea.
4. Se considera 3 750 Kcal/Kg (15,0 MJ) el contenido de energía primaria del follaje en base seca (= 12% de humedad) y equivalencia energética de 2,8 ton de follaje base seca por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal).

## PERÚ: ALGODÓN RESIDUO AGRÍCOLA

KILOGRAMOS BROZA / TALLO EN CAMPO - EQUIVALENCIA TEP SEGÚN PROVINCIA

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Hectareas Cosechadas				Total Ha Periodo	Residuo Broza Kg Promedio Año	Residuo Broza Equivalencia Tep
					2005	2006	2007	2008			
208	Algodon	Ancash	Casma	607	445	330	120	1 502,00	3 379 500,00	1 351,80	
218	Algodon	Ancash	Santa	5 401	4 890	5 213	2 779	18 283,00	1 136 750,00	16 454,70	
401	Algodon	Arequipa	Arequipa	80	46	102	92	320,00	720 000,00	288,00	
402	Algodon	Arequipa	Camana	40				40,00	90 000,00	36,00	
403	Algodon	Arequipa	Caraveli	611	426	520	587	2 144,00	4 824 000,00	1 929,60	
407	Algodon	Arequipa	Islay			2	21	23,00	51 750,00	20,70	
504	Algodon	Ayacucho	Huanta	2	4	2	2	10,00	22 500,00	9,00	
608	Algodon	Cajamarca	Jaen		33	22	2	57,00	128 250,00	51,30	
609	Algodon	Cajamarca	San Ignacio		15	22	22	59,00	132 750,00	53,10	
1009	Algodon	Huanuco	Puerto Inca	2 673	1 809	1 253	566	6 301,00	14 177 250,00	5 670,90	
1101	Algodon	Ica	Chincha	11 285	11 493	11 189	11 022,06	44 989,06	101 225 385,00	40 490,15	
1102	Algodon	Ica	Ica	9 360,396	9 501,099	8372	6 909,5	34 143,00	76 821 738,75	30 728,70	
1103	Algodon	Ica	Nazca	1 581,5	733,25	1 365,5	1 149,5	4 829,75	10 866 937,50	4 346,78	
1104	Algodon	Ica	Palpa	648,45	950,5	1 073,85	741,1	3 413,90	7 681 275,00	3 072,51	
1105	Algodon	Ica	Pisco	16598	15 586	13 299,61	13 371	58 854,61	132 422 872,50	52 969,15	
1206	Algodon	Junin	Satipo	0	135			135,00	303 750,00	121,50	
1304	Algodon	La Libertad	Chepen	28	344	824	906,04	2 102,04	4 729 590,00	1 891,84	
1307	Algodon	La Libertad	Pacasmayo	17	0	53	18,1	88,10	198 225,00	79,29	
1312	Algodon	La Libertad	Viru	0	0	2	18	20,00	45 000,00	18,00	
1401	Algodon	Lambayeque	Chiclayo	1 475	1130	2 184	2 526	7 315,00	16 458 750,00	6 583,50	
1402	Algodon	Lambayeque	Ferreñafe	588	274	430	428	1 720,00	3 870 000,00	1 548,00	
1403	Algodon	Lambayeque	Lambayeque	7 759	6 626	7 884	9 200	31 469,00	70 805 250,00	28 322,10	
1502	Algodon	Lima	Barranca	47	39	53	51	190,00	427 500,00	171,00	
1504	Algodon	Lima	Canta	126	48	7	9	190,00	427 500,00	171,00	
1505	Algodon	Lima	Cañete	5 514	5 066	3 524	3 134	17 238,00	38 785 500,00	15 514,20	
1506	Algodon	Lima	Huaral	3 157	3 237	3 104	1 842	11 340,00	25 515 000,00	10 206,00	
1508	Algodon	Lima	Huaura	707	704	554	666	2 631,00	5 919 750,00	2 367,90	
1501	Algodon	Lima	Lima	17	15	5	7,8	44,80	100 800,00	40,32	
1510	Algodon	Lima	Yauyos	5				5,00	11 250,00	4,50	
1903	Algodon	Pasco	Oxapampa	22	48	20	34	124,00	279 000,00	111,60	
2004	Algodon	Piura	Morropon	260	524	383	186	1 353,00	3 044 250,00	1 217,70	
2005	Algodon	Piura	Paita	1 300	1 335	1 351	983	4 969,00	11 180 250,00	4 472,10	
2001	Algodon	Piura	Piura	8 903	9 262	10 094	5 722	33 981,00	76 457 250,00	30 582,90	
2008	Algodon	Piura	Sechura	4 280	3 250	4 076	1 779	13 385,00	30 116 250,00	12 046,50	
2006	Algodon	Piura	Sullana	984	237	357	462	2 040,00	4 590 000,00	1 836,00	
2202	Algodon	San Martin	Bellavista	589	1481	1395	645	4 110,00	9 247 500,00	3 699,00	
2203	Algodon	San Martin	El Dorado	697	4 136	415	485	5 733,00	12 899 250,00	5 159,70	
2204	Algodon	San Martin	Huallaga	485	1 590	1 003	1 304	4 382,00	9 859 500,00	3 943,80	
2205	Algodon	San Martin	Lamas	1 412	1 688	1 012	952	5 064,00	11 394 000,00	4 557,60	

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Hectareas Cosechadas				Total Ha	Residuo Broza	Residuo Broza
					2005	2006	2007	2008		Período	Kg Promedio Año
2206	Algodon	San Martin	Mariscal Caceres	248	1 911	1 938	742	4 839,00	10 887 750,00	4 355,10	
2207	Algodon	San Martin	Picota	394	159	134	125	812,00	1 827 000,00	730,80	
2209	Algodon	San Martin	San Martin	60	302	250	174	786,00	1 768 500,00	707,40	
2301	Algodon	Tacna	Tacna		0	0		-	-	-	
2502	Algodon	Ucayali	Atalaya	4,7	2	62	28	96,70	217 575,00	87,03	
2501	Algodon	Ucayali	Coronel Portillo	1 081	461,8	337,65	368,8	2 249,25	5 060 812,50	2 024,33	
2503	Algodon	Ucayali	Padre Abad	2 148	2 280	4 569	310	9 307,00	20 940 750,00	8 376,30	
2504	Algodon	Ucayali	Purus	0	0	2	5	7,00	15 750,00	6,30	

## NOTAS

1. Se considera 10 ton de broza/tallo base seca (humedad  $\leq$  0,12) por ha y merma de 10% en cosecha = 9 000 kilos netos/ha,
2. Se considera 4 000 Kcal/Kg de contenido energético para la broza de algodón y una equivalencia en términos de energía primaria de 2,5 ton de broza de algodón por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal),

## PERÚ: ARROZ RESIDUO AGRICOLA TALLO / PAJA

KILOGRAMOS DE TALLO DE ARROZ EN CAMPO - EQUIVALENCIA TEP SEGÚN PROVINCIA

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Arroz Cáscara				Total ton	Residuo Tallo Kg Promedio Año	Residuo Tallo Equivalencia Tep
				2005	2006	2007	2008			
102	Arroz Cascara	Amazonas	Bagua	31 142	43 798	42 750	43 687	161 377	20 172 090	6 724
104	Arroz Cascara	Amazonas	Condorcanqui	456	365	351	350	1 522	190 241	63
106	Arroz Cascara	Amazonas	Rodriguez de Mendoza	592	183	327	317	1 419	177 363	59
107	Arroz Cascara	Amazonas	Utcubamba	192 761	202 842	230 130	265 372	891 105	111 388 169	37 129
218	Arroz Cascara	Ancash	Santa	15 748	20 740	23 155	20 385	80 028	10 003 500	3 335
402	Arroz Cascara	Arequipa	Camana	93 843	101 840	101 294	105 771	402 748	50 343 449	16 781
404	Arroz Cascara	Arequipa	Castilla	57 321	64 728	70 715	74 464	267 227	33 403 414	11 134
406	Arroz Cascara	Arequipa	Condesuyos	200	162	226	389	977	122 186	41
407	Arroz Cascara	Arequipa	Islay	36 818	41 662	43 996	48 862	171 337	21 417 089	7 139
504	Arroz Cascara	Ayacucho	Huanta	438	653	405	376	1 872	234 000	78
505	Arroz Cascara	Ayacucho	La Mar	427	600	451	536	2 014	251 750	84
601	Arroz Cascara	Cajamarca	Cajamarca	303	305	410	478	1 496	187 013	62
604	Arroz Cascara	Cajamarca	Chota	11 456	10 599	12 286	12 299	46 640	5 829 988	1 943
605	Arroz Cascara	Cajamarca	Contumaza	10 634	10 089	7 930	11 080	39 733	4 966 581	1 656
606	Arroz Cascara	Cajamarca	Cutervo	8 786	9 544	9 755	9 164	37 249	4 656 100	1 552
608	Arroz Cascara	Cajamarca	Jaen	106 128	113 156	128 198	121 094	468 575	58 571 919	19 524
609	Arroz Cascara	Cajamarca	San Ignacio	37 579	52 315	54 334	54 274	198 501	24 812 672	8 271
610	Arroz Cascara	Cajamarca	San Marcos	66	120	120	116	422	52 750	18
611	Arroz Cascara	Cajamarca	San Miguel	4 495	4 057	3 172	1 554	13 279	1 659 813	553
612	Arroz Cascara	Cajamarca	San Pablo	304	232	278	259	1 072	133 968	45
613	Arroz Cascara	Cajamarca	Santa Cruz	3 965	3 598	3 780	4 245	15 588	1 948 500	650
809	Arroz Cascara	Cusco	La Convencion	3 493	3 044	2 250	2 867	11 653	1 456 669	486
811	Arroz Cascara	Cusco	Paucartambo	1 162	880	938	342	3 322	415 300	138
812	Arroz Cascara	Cusco	Quispicanchi	170	112	266	269	816	102 038	34
1004	Arroz Cascara	Huanuco	Huacaybamba					-	-	-
1005	Arroz Cascara	Huanuco	Huamalies	1 643	1 417	754	580	4 393	549 150	183
1006	Arroz Cascara	Huanuco	Leoncio Prado	5 021	7 034	5 258	6 752	24 065	3 008 063	1 003
1007	Arroz Cascara	Huanuco	Marañon	3 274	6 192	4 960	6 174	20 600	2 575 000	858
1009	Arroz Cascara	Huanuco	Puerto Inca	16 623	9 701	13 556	13 075	52 955	6 619 413	2 206
1203	Arroz Cascara	Junin	Chanchamayo	531	736	828	810	2 905	363 088	121
1206	Arroz Cascara	Junin	Satipo	4 817	4 901	4 811	5 864	20 393	2 549 121	850
1302	Arroz Cascara	La Libertad	Ascope	305	313	468	608	1 694	211 688	71
1303	Arroz Cascara	La Libertad	Bolivar	393	285	267	292	1 236	154 500	52
1304	Arroz Cascara	La Libertad	Chepen	96 960	108 170	135 403	136 821	477 353	59 669 144	19 890
1311	Arroz Cascara	La Libertad	Gran Chimu	5 878	4 703	5 663	5 213	21 457	2 682 113	894
1307	Arroz Cascara	La Libertad	Pacasmayo	118 652	128 729	136 189	139 181	522 751	65 343 813	21 781
1301	Arroz Cascara	La Libertad	Trujillo	7		-	23	30	3 750	1
1312	Arroz Cascara	La Libertad	Viru	13 522	16 435	7 733	11 219	48 909	6 113 625	2 038

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Arroz Cáscara				Total ton	Residuo Tallo	Residuo Tallo
					2005	2006	2007	2008	Período	Kg Promedio Año	Equivalencia Tep
1401	Arroz Cascara	Lambayeque	Chiclayo	118 031	82 856	99 548	115 697	416 132	52 016 500	17 339	
1402	Arroz Cascara	Lambayeque	Ferreñafe	111 507	103 577	129 671	139 150	483 905	60 488 125	20 163	
1403	Arroz Cascara	Lambayeque	Lambayeque	125 537	113 225	129 370	143 011	511 143	63 892 875	21 298	
1508	Arroz Cascara	Lima	Huaura	22	90	60	5	177	22 125	7	
1602	Arroz Cascara	Loreto	Alto Amazonas	26 801	28 158	22 518	25 199	102 676	12 834 500	4 278	
	Arroz Cascara	Loreto	Datem del Marañón	5 674	5 343	4 160	4 316	19 493	2 436 625	812	
1603	Arroz Cascara	Loreto	Loreto	20 487	10 371	8 455	10 635	49 948	6 243 500	2 081	
1604	Arroz Cascara	Loreto	Mariscal R, Castilla	3 784	4 024	4 015	4 457	16 280	2 035 000	678	
1601	Arroz Cascara	Loreto	Maynas	31 282	29 668	29 803	29 789	120 542	15 067 750	5 023	
1605	Arroz Cascara	Loreto	Requena	12 938	9 341	10 928	9 676	42 883	5 360 375	1 787	
1606	Arroz Cascara	Loreto	Ucayali	19 699	16 697	16 831	16 791	70 018	8 752 250	2 917	
1702	Arroz Cascara	Madre De Dios	Manu	609	696	497	357	2 158	269 735	90	
1703	Arroz Cascara	Madre De Dios	Tahuamanu	2 449	3 443	2 290	-	8 181	1 022 675	341	
1701	Arroz Cascara	Madre De Dios	Tambopata	4 918	5 375	4 516	4 382	19 192	2 398 950	800	
1903	Arroz Cascara	Pasco	Oxapampa	1 707	3 628	2 266	2 745	10 345	1 293 063	431	
2002	Arroz Cascara	Piura	Ayabaca	25 209	25 886	27 181	26 556	104 832	13 104 000	4 368	
2003	Arroz Cascara	Piura	Huancabamba	783	1 650	1 891	1 442	5 766	720 750	240	
2004	Arroz Cascara	Piura	Morropón	40 949	39 191	39 617	45 312	165 069	20 633 625	6 878	
2005	Arroz Cascara	Piura	Paíta	16 481	14 727	13 345	25 577	70 130	8 766 250	2 922	
2001	Arroz Cascara	Piura	Piura	121 517	103 286	98 344	178 735	501 882	62 735 250	20 912	
2008	Arroz Cascara	Piura	Sechura	23 622	23 527	29 660	43 435	120 244	15 030 500	5 010	
2006	Arroz Cascara	Piura	Sullana	197 813	150 987	192 090	211 900	752 790	94 098 750	31 366	
2103	Arroz Cascara	Puno	Carabaya	202	393	463	520	1 578	197 250	66	
2112	Arroz Cascara	Puno	Sandia	194	193	101	174	662	82 750	28	
2202	Arroz Cascara	San Martín	Bellavista	109 968	85 408	57 648	127 279	380 303	47 537 813	15 846	
2203	Arroz Cascara	San Martín	El Dorado	5 415	4 521	6 209	5 494	21 639	2 704 875	902	
2204	Arroz Cascara	San Martín	Huallaga	8 711	9 216	9 026	9 997	36 950	4 618 725	1 540	
2205	Arroz Cascara	San Martín	Lamas	4 527	5 714	2 844	4 261	17 345	2 168 175	723	
2206	Arroz Cascara	San Martín	Mariscal Cáceres	5 042	6 684	9 154	9 907	30 787	3 848 313	1 283	
2201	Arroz Cascara	San Martín	Moyobamba	119 852	114 616	84 353	105 662	424 483	53 060 361	17 687	
2207	Arroz Cascara	San Martín	Picota	51 998	44 764	32 874	36 496	166 132	20 766 510	6 922	
2208	Arroz Cascara	San Martín	Rioja	156 993	144 584	132 030	138 146	571 753	71 469 125	23 823	
2209	Arroz Cascara	San Martín	San Martín	45 243	33 078	40 537	43 289	162 148	20 268 440	6 756	
2210	Arroz Cascara	San Martín	Tocache	20 927	23 509	20 072	26 164	90 672	11 333 975	3 778	
2402	Arroz Cascara	Tumbes	Contralmirante Villar	74			26	100	12 500	4	
2401	Arroz Cascara	Tumbes	Tumbes	89 678	97 678	88 744	96 587	372 686	46 585 769	15 529	

Codigo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Arroz Cáscara				Total ton	Residuo Tallo	Residuo Tallo
				2005	2006	2007	2008			
2403	Arroz Cascara	Tumbes	Zarumilla	18 865	4 081	6 160	14 690	43 796	5 474 488	1 825
2502	Arroz Cascara	Ucayali	Atalaya	3 142	3 339	3 426	6 234	16 141	2 017 609	673
2501	Arroz Cascara	Ucayali	Coronel Portillo	18 889	20 468	15 781	18 046	73 184	9 148 021	3 049
2503	Arroz Cascara	Ucayali	Padre Abad	10 742	11 916	7 495	7 022	37 175	4 646 813	1 549
2504	Arroz Cascara	Ucayali	Purus	166	190	250	65	670	83 781	28

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima,

NOTAS

1. La cantidad/peso de tallo de arroz base seca (humedad = < 0,12) es similar al arroz cáscara producido / cosechado.
2. Para fines de energía se considera factible el aprovechamiento del 50% del volumen de tallo de arroz que queda en el campo luego de la cosecha.
3. Se considera 3 500 Kcal/Kg (14 MJ) de contenido energético para el tallo de arroz y equivalencia en energía primaria de 3,0 ton de tallo de arroz por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal).

## PERÚ: ESPÁRRAGO - RESIDUO AGRÍCOLA BROZA

KILOGRAMOS DE BROZA / FOLLAJE EN CAMPO (ESTIMADO EN BASE SECA)

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Hectáreas Cosechadas				Total Ha	Residuo BS Kg Promedio Año	Residuo Disponible Kg para Energía	Residuo Equivalencia Tep
					2005	2006	2007	2008				
0208	Esparrago	Ancash	Casma	345,00	345,00	752,00	492,00	1 934,00	6 345 937,50	3 172 968,75	1 057,66	
0211	Esparrago	Ancash	Huarmey	249,00	254,00	310,00	1 100,00	1 913,00	6 277 031,25	3 138 515,63	1 046,17	
0218	Esparrago	Ancash	Santa	435,00	458,00	458,00	750,00	2 101,00	6 893 906,25	3 446 953,13	1 148,98	
1102	Esparrago	Ica	Chincha	903,00	860,00	855,00	776,00	3 394,00	11 136 562,50	5 568 281,25	1 856,09	
1101	Esparrago	Ica	Ica	6 012,50	6 841,00	7 507,50	9 617,55	29 978,55	98 367 117,19	49 183 558,59	16 394,52	
1103	Esparrago	Ica	Nazca	-	-	-	-	-	-	-	-	
1104	Esparrago	Ica	Palpa	110,50	111,50	107,50	114,00	443,50	1 455 234,38	727 617,19	242,54	
1105	Esparrago	Ica	Pisco	648,00	662,60	720,25	1 028,05	3 058,90	10 037 015,63	5 018 507,81	1 672,84	
1302	Esparrago	La Libertad	Ascope	730,00	724,00	856,00	926,80	3 236,80	10 620 750,00	5 310 375,00	1 770,13	
1304	Esparrago	La Libertad	Chepen	71,00	78,00	84,00	121,00	354,00	1 161 562,50	580 781,25	193,59	
1307	Esparrago	La Libertad	Pacasmayo	2,00	2,00	2,00	6,00	12,00	39 375,00	19 687,50	6,56	
1301	Esparrago	La Libertad	Trujillo	1 121,68	1 642,68	1 633,68	2 175,18	6 573,22	21 568 378,13	10 784 189,06	3 594,73	
1312	Esparrago	La Libertad	Viru	6 179,00	6 625,50	8 404,50	9 910,00	31 119,00	102 109 218,75	51 054 609,38	17 018,20	
1401	Esparrago	Lambayeque	Chiclayo	-	-	-	-	-	-	-	-	
1403	Esparrago	Lambayeque	Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	
1502	Esparrago	Lima	Barranca	689,00	691,00	1 042,00	1 321,00	3 743,00	12 281 718,75	6 140 859,38	2 046,95	
1505	Esparrago	Lima	Cañete	122,00	110,00	204,00	664,00	1 100,00	3 609 375,00	1 804 687,50	601,56	
1506	Esparrago	Lima	Huaral	91,00	111,00	56,00	110,00	368,00	1 207 500,00	603 750,00	201,25	
1508	Esparrago	Lima	Huaura	473,00	508,00	558,00	629,00	2 168,00	7 113 750,00	3 556 875,00	1 185,63	
1501	Esparrago	Lima	Lima	10,00	17,00	17,00	17,00	61,00	200 156,25	100 078,13	33,36	
2005	Esparrago	Piura	Paita	-	-	-	-	-	-	-	-	
2001	Esparrago	Piura	Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	
2006	Esparrago	Piura	Sullana	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima,

## NOTAS

- De acuerdo a información sobre rendimiento/ha y cosechas/año proporcionada por MINAG ADEX agricultores de Ica y La Libertad se considera como valores promedio: 1,5 cosechas/año por hectárea y 25 ton de broza/ha por cosecha con humedad de 70% - 75%, Para el cálculo de las ton de broza en base seca se toma 0,35 como factor de conversión, La información proporcionada por MINAG a nivel de provincia corresponde al rendimiento y área de 1 corte/cosecha.
- Para fines de energía se considera factible el aprovechamiento del 50% de la broza del espárrago que se retira como paso previo a la cosecha, Alrededor del 30% de la broza debe incorporarse al suelo para conservación/enriquecimiento del mismo.
- Se considera 3 500 Kcal/Kg (14 MJ) de contenido energético para el residuo agrícola broza de espárrago en base seca (humedad = < 0,12) post cosecha del maíz amarillo duro y equivalencia en energía primaria de 3,0 ton de dicho residuo por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal).



# BIOMASA DE RESIDUOS INDIRECTOS POR PROVINCIA POR TIPO DE AGROINDUSTRIA Y POR PROVINCIA

PERÚ: CAÑA DE AZÚCAR - RESIDUO AGROINDUSTRIAL BAGAZO INTEGRAL BASE HÚMEDA

KILOGRAMOS EN PLANTA INDUSTRIAL / INGENIO

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton / Caña Molida				Total ton	Residuo Tallo Kg Promedio Año	Residuo Tallo Equivalencia Tep
					2005	2006	2007	2008			
218	Caña de azúcar	Ancash	Santa	512 587	585 778	613 892	628 015	2 340 271,45	143 341 626,50	23 890,27	
407	Caña de azúcar	Arequipa	Islay	82 979	95 354	116 09	90 685	385 108,46	23 587 893,18	3 931,32	
1302	Caña de azúcar	La Libertad	Ascope	2 066 529	2 324 259	2 701 471	3 248 668	10 340 927,41	633 381 803,86	105 563,63	
1301	Caña de azúcar	La Libertad	Trujillo	822 363	959 767	1 058 812	1 097 197	3 938 138,46	241 210 980,68	40 201,83	
1401	Caña de azúcar	Lambayeque	Chiclayo	1 274 400	1 689 427	2 111 538	2 689 532	7 764 896,87	475 599 933,53	79 266,66	
1502	Caña de azúcar	Lima	Barranca	945 402	984 171	1 060 632	1 025 345	4 015 550,20	245 952 449,75	40 992,07	
1508	Caña de azúcar	Lima	Huara	599 805	607 077	621 252	616 517	2 444 650,47	149 734 841,29	24 955,81	

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima.

#### NOTAS

1. El cálculo sobre volumen de bagazo se basa en la posibilidad de cosecha y procesamiento de caña neta (tallo) sin quemar y sin impurezas (follaje tierra arena), El bagazo resultante (50% humedad) de dicho procesamiento equivale al 25% del volumen de caña entrante a molienda, Para el caso de caña quemada el bagazo representa el 28% - 30% del total de la caña molida, Las cifras presentadas incluyen la ponderación de 1,5% de impurezas en el bagazo integral.
2. Se considera que no menos del 70% de la caña que procesan los ingenios azucareros del país es caña propia cuyas plantaciones estan localizadas en la misma provincia donde se ubica el ingenio azucarero. Es poco significativa y fluctuante la proporción de caña de terceros que proviene de provincias distintas de la ubicación del ingenio.
3. Se considera 1 750 Kcal/Kg (7,0 MJ) de contenido energético para el bagazo con 50% de humedad y equivalencia en términos de energía primaria de 6,0 ton de bagazo por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal),



## PERÚ: RESIDUO AGROINDUSTRIAL CÁSCARA DE ARROZ / PAJILLA 5/

KILOGRAMOS DE CÁSCARA EN MOLINO DE ARROZ - EQUIVALENCIA TEP SEGÚN PROVINCIA

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Arroz Cáscara				Total ton
				2005	2006	2007	2008	Período
102	Arroz Cascara	Amazonas	Bagua	31 142	43 798	42 75	43 687	161 377
104	Arroz Cascara	Amazonas	Condorcanqui	456	365	351	350	1 522
106	Arroz Cascara	Amazonas	Rodríguez de Mendoza	592	183	327	317	1 419
107	Arroz Cascara	Amazonas	Utcubamba	192 761	202 842	230 13	265 372	891 105
218	Arroz Cascara	Ancash	Santa	15 748	20 74	23 155	20 385	80 028
402	Arroz Cascara	Arequipa	Camana	93 843	101 84	101 294	105 771	402 748
404	Arroz Cascara	Arequipa	Castilla	57 321	64 728	70 715	74 464	267 227
406	Arroz Cascara	Arequipa	Condesuyos	200	162	226	389	977
407	Arroz Cascara	Arequipa	Islay	36 818	41 662	43 996	48 862	171 337
504	Arroz Cascara	Ayacucho	Huanta	438	653	405	376	1 872
505	Arroz Cascara	Ayacucho	La Mar	427	600	451	536	2 014
601	Arroz Cascara	Cajamarca	Cajamarca	303	305	410	478	1 496
604	Arroz Cascara	Cajamarca	Chota	11 456	10 599	12 286	12 299	46 64
605	Arroz Cascara	Cajamarca	Contumaza	10 634	10 089	7 93	11 08	39 733
606	Arroz Cascara	Cajamarca	Cutervo	8 786	9 544	9 755	9 164	37 249
608	Arroz Cascara	Cajamarca	Jaen	106 128	113 156	128 198	121 094	468 575
609	Arroz Cascara	Cajamarca	San Ignacio	37 579	52 315	54 334	54 274	198 501
610	Arroz Cascara	Cajamarca	San Marcos	66	120	120	116	422
611	Arroz Cascara	Cajamarca	San Miguel	4 495	4 057	3 172	1 554	13 279
612	Arroz Cascara	Cajamarca	San Pablo	304	232	278	259	1 072
613	Arroz Cascara	Cajamarca	Santa Cruz	3 965	3 598	3 78	4 245	15 588
809	Arroz Cascara	Cusco	La Convencion	3 493	3 044	2 25	2 867	11 653
811	Arroz Cascara	Cusco	Paucartambo	1 162	880	938	342	3 322
812	Arroz Cascara	Cusco	Quispicanchi	170	112	266	269	816
1004	Arroz Cascara	Huanuco	Huacaybamba					-
1005	Arroz Cascara	Huanuco	Huamalies	1 643	1 417	754	580	4 393
1006	Arroz Cascara	Huanuco	Leoncio Prado	5 021	7 034	5 258	6 752	24 065
1007	Arroz Cascara	Huanuco	Marañon	3 274	6 192	4 96	6 174	20 6
1009	Arroz Cascara	Huanuco	Puerto Inca	16 623	9 701	13 556	13 075	52 955
1203	Arroz Cascara	Junin	Chanchamayo	531	736	828	810	2 905
1206	Arroz Cascara	Junin	Satipo	4 817	4 901	4 811	5 864	20 393
1302	Arroz Cascara	La Libertad	Ascope	305	313	468	608	1 694
1303	Arroz Cascara	La Libertad	Bolivar	393	285	267	292	1 236
1304	Arroz Cascara	La Libertad	Chepen	96 96	108 17	135 403	136 821	477 353
1311	Arroz Cascara	La Libertad	Gran Chimu	5 878	4 703	5 663	5 213	21 457
1307	Arroz Cascara	La Libertad	Pacasmayo	118 652	128 729	136 189	139 181	522 751
1301	Arroz Cascara	La Libertad	Trujillo	7		-	23	30
1312	Arroz Cascara	La Libertad	Viru	13 522	16 435	7 733	11 219	48 909
1401	Arroz Cascara	Lambayeque	Chiclayo	118 031	82 856	99 548	115 697	416 132
1402	Arroz Cascara	Lambayeque	Ferreñafe	111 507	103 577	129 671	139 15	483 905
1403	Arroz Cascara	Lambayeque	Lambayeque	125 537	113 225	129 37	143 011	511 143
1508	Arroz Cascara	Lima	Huaura	22	90	60	5	177

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Arroz Cáscara				Total ton
					2005	2006	2007	2008	Período
	1602	Arroz Cascara	Loreto	Alto Amazonas	26 801	28 158	22 518	25 199	102 676
		Arroz Cascara	Loreto	Datem del Marañon	5 674	5 343	4 16	4 316	19 493
	1603	Arroz Cascara	Loreto	Loreto	20 487	10 371	8 455	10 635	49 948
	1604	Arroz Cascara	Loreto	Mariscal R, Castilla	3 784	4 024	4 015	4 457	16 28
	1601	Arroz Cascara	Loreto	Maynas	31 282	29 668	29 803	29 789	120 542
	1605	Arroz Cascara	Loreto	Requena	12 938	9 341	10 928	9 676	42 883
	1606	Arroz Cascara	Loreto	Ucayali	19 699	16 697	16 831	16 791	70 018
	1702	Arroz Cascara	Madre de Dios	Manu	609	696	497	357	2 158
	1703	Arroz Cascara	Madre de Dios	Tahuamanu	2 449	3 443	2 29	-	8 181
	1701	Arroz Cascara	Madre de Dios	Tambopata	4 918	5 375	4 516	4 382	19 192
	1903	Arroz Cascara	Pasco	Oxapampa	1 707	3 628	2 266	2 745	10 345
	2002	Arroz Cascara	Piura	Ayabaca	25 209	25 886	27 181	26 556	104 832
	2003	Arroz Cascara	Piura	Huancabamba	783	1 65	1 891	1 442	5 766
	2004	Arroz Cascara	Piura	Morropon	40 949	39 191	39 617	45 312	165 069
	2005	Arroz Cascara	Piura	Paíta	16 481	14 727	13 345	25 577	70 13
	2001	Arroz Cascara	Piura	Piura	121 517	103 286	98 344	178 735	501 882
	2008	Arroz Cascara	Piura	Sechura	23 622	23 527	29 66	43 435	120 244
	2006	Arroz Cascara	Piura	Sullana	197 813	150 987	192 09	211 9	752 79
	2103	Arroz Cascara	Puno	Carabaya	202	393	463	520	1 578
	2112	Arroz Cascara	Puno	Sandia	194	193	101	174	662
	2202	Arroz Cascara	San Martin	Bellavista	109 968	85 408	57 648	127 279	380 303
	2203	Arroz Cascara	San Martin	El Dorado	5 415	4 521	6 209	5 494	21 639
	2204	Arroz Cascara	San Martin	Huallaga	8 711	9 216	9 026	9 997	36 95
	2205	Arroz Cascara	San Martin	Lamas	4 527	5 714	2 844	4 261	17 345
	2206	Arroz Cascara	San Martin	Mariscal Caceres	5 042	6 684	9 154	9 907	30 787
	2201	Arroz Cascara	San Martin	Moyobamba	119 852	114 616	84 353	105 662	424 483
	2207	Arroz Cascara	San Martin	Picota	51 998	44 764	32 874	36 496	166 132
	2208	Arroz Cascara	San Martin	Rioja	156 993	144 584	132 03	138 146	571 753
	2209	Arroz Cascara	San Martin	San Martin	45 243	33 078	40 537	43 289	162 148
	2210	Arroz Cascara	San Martin	Tocache	20 927	23 509	20 072	26 164	90 672
	2402	Arroz Cascara	Tumbes	Contralmirante Villar	74			26	100
	2401	Arroz Cascara	Tumbes	Tumbes	89 678	97 678	88 744	96 587	372 686
	2403	Arroz Cascara	Tumbes	Zarumilla	18 865	4 081	6 16	14 69	43 796
	2502	Arroz Cascara	Ucayali	Atalaya	3 142	3 339	3 426	6 234	16 141
	2501	Arroz Cascara	Ucayali	Coronel Portillo	18 889	20 468	15 781	18 046	73 184
	2503	Arroz Cascara	Ucayali	Padre Abad	10 742	11 916	7 495	7 022	37 175
	2504	Arroz Cascara	Ucayali	Purus	166	190	250	65	670

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima.

#### NOTAS

1. La cantidad/peso de cáscara de arroz base seca (humedad  $\leq$  0,12) representa el 20% del arroz cáscara producido / cosechado.
2. Para fines de energía se considera factible el aprovechamiento del 95% del volumen de cáscara de arroz que se obtienen en el molino de arroz.
3. Se considera 4 000 Kcal/Kg (16 MJ) de contenido energético para la cáscara de arroz y equivalencia en energía primaria de 2,62 ton de cáscara de arroz por 1 TEP (300 galones = 10,5 MM Kcal).
4. Se asume que la totalidad de la producción de arroz cáscara se procesa en el transcurso del año que ella ocurre.
5. Para fines de "inventario de recurso biomasa nominalmente disponible" se asume que el arroz cáscara se procesa en molinos localizados en la misma provincia donde se genera la producción del mismo.

## PERÚ: OLIVO - RESIDUO INDUSTRIAL

KILOGRAMOS DE ORUJO EN PLANTA DE ACEITE (ESTIMADO EN BASE SECA)

VALORES DE ACUERDO A PRODUCCIÓN PROMEDIO PERÍODO 2005 - 2008

Codigo	Ubigeo	Cultivo	Departamento	Provincia	Producción ton Olivo				Total ton
					2005	2006	2007	2008	Período
403	Olivo	Arequipa	Caraveli	17 431,5	13 086,339	14 269,789	35 073,288	79 860,92	
407	Olivo	Arequipa	Islay	955,2	666,63	187,163	1,413,128	3 222,12	
1102	Olivo	Ica	Chincha	14,4	12,8	11,2	19,2	57,60	
1101	Olivo	Ica	Ica	768,55	1 040,9	772,8	802,4	3 384,65	
1104	Olivo	Ica	Palpa			0	0	-	
1105	Olivo	Ica	Pisco	393,63	429,9	264,5	452,8	1 540,83	
1302	Olivo	La Libertad	Ascope	139,7	114	123	117,4	494,10	
1502	Olivo	Lima	Barranca	0	0	30	40	70,00	
1505	Olivo	Lima	Cañete	484	486	662	859	2 491,00	
1506	Olivo	Lima	Huaral	36	36	36	45	153,00	
1508	Olivo	Lima	Huaura	121	122	129	132	504,00	
1501	Olivo	Lima	Lima	345	342,5	340,8	336,1	1 364,40	
1803	Olivo	Moquegua	Ilo	471	527,098	134,5	1 342,12	2 474,72	
2303	Olivo	Tacna	Jorge Basadre	36	54	48	74	212,00	
2301	Olivo	Tacna	Tacna	33 329	35 472	35 356	73 528	177 685,00	

Fuente: Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos Lima y empresas productoras de aceite de olivo,

## NOTAS

1. De acuerdo a información proporcionada por representantes del gremio de productores de aceite de olivo el 15% de la producción nacional de olivo se destinada para aceite, la estadística del Ministerio de Agricultura referente al destino de la producción de olivo tiene cobertura sumamente parcial por razón de carencia de declaración por parte de las empresas/productores de aceite.
2. Del volumen de olivo entrante a extracción el 85% resulta en orujo con 45% de humedad puesto en base seca (= < 10% de humedad) el orujo representa el 55%.
3. El contenido de energía del orujo es 4 500 Kcal/Kg (18,5 MJ) y equivalencia en términos de energía primaria de 2,3 ton de orujo base seca por 1 TEP (10,5 MM Kcal - 43,5 GJ).

## EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN EL CENSO 2007 PARA CADA PROVINCIA

VARIABLE/INDICADOR	Depto. de AMAZONAS		Provincia BAGUA	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
<b>POBLACIÓN</b>				
Población censada	375993	100	71757	100,0
Hombres	192940	51	36713	51,2
Mujeres	183053	49	35044	48,8
<b>Población por grandes grupos de edad</b>	<b>375993</b>	<b>100</b>	<b>71757</b>	<b>100,0</b>
00-14	142230	38	27896	38,9
15-64	214024	57	40768	56,8
65 y mas	19739	5,2	3093	4,3
<b>Población por área de residencia</b>	<b>28210</b>	<b>100</b>	<b>71757</b>	<b>100,0</b>
Urbana	166003	44,2	33559	46,8
Rural	209990	55,8	38198	53,2
<b>Población adulta mayor (60 y mas años)</b>	<b>28210</b>	<b>7,5</b>	<b>4547</b>	<b>6,3</b>
Edad promedio	25,5		24,7	
Razón de dependencia demografica1/		75,7		76,0
Índice de envejecimiento 2/		19,8		16,3
<b>ESTADO CIVIL O CONYUGAL (12 y mas años)</b>	<b>262668</b>	<b>100</b>	<b>49448</b>	<b>100,0</b>
Conviviente	84171	32	18658	37,7
Separado	7052	2,7	1791	3,6
Casado	65176	24,8	9733	19,7
Viudo	9378	3,6	1517	3,1
Divorciado	769	0,3	171	0,3
Soltero	96122	36,6	17578	35,5
<b>FECUNDIDAD</b>				
Mujer en edad fértil (15 a 49 años)	88563	48,4	17512	50,0
Total de madres (12 y mas años)	87863	69	16299	67,5
Madres solteras (12 y mas años)	5633	6,4	625	3,8
Madres solteras (12 a 19 años)	3708	11,7	746	12,1
Promedio de hijos por mujer	2,4		2,3	
<i>Urbana</i>	1,9		1,8	
<i>Rural</i>	2,8		2,9	
<b>MIGRACIÓN</b>				
Población inmigrante 3/(por lugar de nacimiento)	68777	18,3	18100	25,2
Población migrante 3/(por lugar de residencia 5 años antes)	19335	5,9	4436	7,1
Hogares con algún miembro en otro país	4107	4,5	894	5,2

VARIABLE/INDICADOR	Depto. de AMAZONAS		Provincia BAGUA	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
<b>EDUCACIÓN</b>				
<b>Asistencia al sistema educativo regular (5 a 24 años)</b>	<b>100604</b>	<b>64,7</b>	<b>19661</b>	<b>65,2</b>
de 6 a 11 años	53097	92,3	10187	90,3
de 12 a 16 años	36160	78	7137	80,3
de 17 a 24 años	11347	22	2337	23,4
<b>Pobl. con Educ. superior (15 y mas años)</b>	<b>29319</b>	<b>12,5</b>	<b>6728</b>	<b>15,3</b>
Hombres	15644	13	3464	15,4
Mujer	13675	12,1	3264	15,2
<b>Pobl. analfabeta (15 y mas años)</b>	<b>27965</b>	<b>12</b>	<b>5097</b>	<b>11,6</b>
Hombres	7766	6,4	1369	6,1
Mujer	20199	17,8	3728	17,4
<i>Urbana</i>	7834	7	1454	6,5
<i>Rural</i>	20131	16,5	3643	17,1
<b>SALUD</b>				
<b>Poblacion con seguro de salud</b>	<b>167797</b>	<b>44,6</b>	<b>33778</b>	<b>47,1</b>
Hombres	82717	42,9	16447	44,8
Mujer	85080	46,5	17331	49,5
<i>Urbana</i>	76174	45,9	15431	46,0
<i>Rural</i>	91623	43,6	18347	48,0
<b>Población con Seguro Integral de Salud</b>	<b>125286</b>	<b>33,3</b>	<b>26603</b>	<b>37,1</b>
Urbana	42091	25,4	9172	27,3
Rural	83195	39,6	17431	45,6
<b>Población con Essalud</b>	<b>34617</b>	<b>9,2</b>	<b>6233</b>	<b>8,7</b>
Urbana	27972	16,9	5456	16,3
Rural	6645	3,2	777	2,0
<b>Discapacidad (Hogares censados)</b>		<b>3,2</b>		
Hogares con algun miembro con discapacidad	6692	7,4	1079	6,3
<i>Urbana</i>	3632	8,5	705	8,2
<i>Rural</i>	3060	6,4	374	4,4
<b>ETNIA (idioma o lengua aprendida en la niñez de la población de 5 y mas años) 5/</b>				
idioma castellano	281177	85,4	47489	76,1
idioma o lengua nativa 4/	46940	14,3	14832	23,8
<b>IDENTIDAD</b>				
<b>Población sin partida de nacimiento</b>	<b>7777</b>	<b>2,1</b>	<b>1599</b>	<b>2,2</b>
Hombre	3065	1,6	654	1,8
Mujer	4712	2,6	945	2,7
<i>Urbano</i>	1347	0,8	275	0,8
<i>Rural</i>	6430	3,1	1324	3,5
<b>Población sin DNI (18 años y mas años)</b>	<b>19616</b>	<b>9,4</b>	<b>3715</b>	<b>9,5</b>
Hombre	7505	7	1409	7,0
Mujer	12111	12	2306	12,1
<i>Urbano</i>	5323	5,3	894	4,4
<i>Rural</i>	14293	13,1	2821	14,9

VARIABLE/INDICADOR	Depto. de AMAZONAS		Provincia BAGUA	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
<b>RELIGIÓN (Población de 12 y mas años) 6/</b>				
católica	178107	67,8	25632	51,8
evangélica	47554	18,1	14663	29,7
<b>PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA (14 y mas años)</b>				
<b>Población Económicamente Activa (PEA)</b>	<b>126348</b>		<b>25541</b>	
Tasa de actividad de la PEA		51,9		53,7
Hombres		75,2		76,5
Mujer		27,2		29,9
<b>PEA ocupada</b>	<b>122337</b>	<b>96,8</b>	<b>23767</b>	<b>96,8</b>
Hombres	91317	96,8	17294	96,8
Mujer	31020	96,9	6473	97,0
<b>PEA ocupada según ocupación principal</b>	<b>122337</b>	<b>100</b>	<b>23767</b>	<b>100,0</b>
Miembro p. ejec. y leg. direct. admn., Pú. y emp	346	0,3	55	0,2
Profes., científicos e intelectuales	8914	7,3	1869	8,0
Técnicos de nivel medio y trab. asimilados	2464	2	463	1,9
Jefes y empleados de oficina	2576	2,1	502	2,1
Trab. de serv. pers. y vend. del comerc. y modo	9307	7,6	1954	8,2
Agríclt. trabaj. calif. agrop. y pesquero	44360	36,3	7471	31,4
Obreros y oper. minas, cant., ind. manuf. y otros	3843	3,1	715	3,0
Obreros cosntruc., conf., papel, fab., instr	6429	5,3	1403	5,9
Trabaj, no calif. serv., peon, vend., amb., y afines	40605	33,2	8489	35,7
Otra	799	0,7	75	0,3
Ocupación no especificada	2694	2,2	744	3,1
<b>PEA ocupada según actividad económica</b>	<b>122337</b>	<b>100</b>	<b>23767</b>	<b>100,0</b>
agri., ganadería, caza y silvicultura	76285	62,4	14088	59,3
Pesca	65	0,1	9	0,0
Explotación de minas y canteras	181	0,1	6	0,0
Industrias manufactureras	3198	2,6	539	2,3
Suministro de electricidad, gas y agua	127	0,1	26	0,1
Construcción	3712	3	552	2,3
Comercio	9231	7,5	1989	8,4
Venta, mant. y rep. veh. autom. y motoc	942	0,8	236	1,0
Hoteles y restaurantes	2739	2,2	640	2,7
Trans., almac. y comunicaciones	4494	3,7	1189	5,0
Intermediación financiera	144	0,1	26	0,1
Activid. inmovil., empres. y alquileres	1623	1,3	392	1,6
Admin. ubl. y defensa; p. segur. soc. afil	3512	2,9	447	1,9
Enseñanza	7226	5,9	1546	6,5
Servicios sociales y de salud	1649	1,3	362	1,5
Otras activ. serv. común. soc y personales	1737	1,4	400	1,7
Hogares privados con servicio domestico	2571	2,1	482	2,0
Organiz. y órganos extraterritoriales	1	0		
Actividad económica no especificada	2900	2,4	838	3,5

## METODOLOGÍA DEL INEI PARA HACER LA CLASIFICACIÓN POR NBI

Este indicador socioeconómico NBI se basa en la experiencia del INEI en la construcción de un modelo para clasificar los distritos del país según sus necesidades básicas insatisfechas (NBI). Con base a la información de los Censos de Población y Vivienda de 1993, el INEI procesó y obtuvo para cada distrito cinco indicadores estadísticos de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), a saber:

- Hogares en viviendas con características físicas inadecuadas
- Hogares en viviendas con hacinamiento
- Hogares en viviendas sin servicio de desagüe de ningún tipo
- Hogares con niños que no asisten a la escuela
- Hogares con alta dependencia económica

La medición estaba referida a los hogares que habitaban en viviendas particulares con ocupantes presentes.

### ESTRATOS DETERMINADOS

Haciendo uso de la metodología de Necesidades Básicas Insatisfechas, se procedió a agrupar a las unidades primarias de muestreo (UPM), contenidas en el marco muestral de cada departamento, en cinco estratos según la variable Porcentaje de Hogares con al Menos 1 NBI:

- Estrato I:** Conformado por aquellas UPM con 0 a 5,0 por ciento de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.
- Estrato II:** Conformado por aquellas UPM con 5,1 a 15,9 por ciento de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.
- Estrato III:** Conformado por aquellas UPM con 16,0 a 29,9 por ciento de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.
- Estrato IV:** Conformado por aquellas UPM con 30,0 a 59,9 por ciento de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.
- Estrato V:** Conformado por aquellas UPM con 60,0 a 100,0 por ciento de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.

### EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN POR NBI

Se tomará como ejemplo a la región Amazonas. Para esta región se han obtenido los datos de la encuesta en el Sector Residencial, clasificados en Urbano y Rural. En el ámbito

Rural se han diferenciado 02 NBI (NBI 4 y NBI 5) y en el ámbito Urbano 2 (NBI 3 y NBI 4). Para Amazonas, se han obtenido cuatro archivos de reporte de la demanda de energía en el sector residencial, con los siguientes nombres:

01\_F\_AMAZONAS\_NBI3\_AREA1\_Cuadro1

01\_F\_AMAZONAS\_NBI4\_AREA1\_Cuadro1

01\_F\_AMAZONAS\_NBI4\_AREA2\_Cuadro1

01\_F\_AMAZONAS\_NBI5\_AREA2\_Cuadro1

El Área 1 corresponde al ámbito urbano y el Área 2 al ámbito rural. Además se aprecia que en el ámbito urbano hay dos archivos; uno para el NBI3 y otro para el NBI4. Mientras que en el ámbito rural, se han trabajado con los NBI 4 y 5



## K

## ALGUNAS OBSERVACIONES A LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE RESIDUOS BIOMÁSICOS PARA OBTENER ENERGÍA

- Los consumos energéticos de residuos obtenidos son menores a los registrados en el Balance Nacional de Energía (BNE) 2007. Esto es razonable dado que los resultados del BNE se basan en la estructura de consumo obtenida en el año 2000 a partir de las encuestas. Estas se hicieron en base a un muestreo inicial cuyos resultados luego se expandieron a la población. Como la situación económica en el país ha tenido una mejora notoria en la última década, es razonable suponer que las estructuras de consumo de energía hayan cambiado privilegiando la sustitución de leña y kerosene por GLP. No obstante, queda pendiente el trabajo de revisión de los resultados y la metodología empleada.
- Un trabajo de consistencia de los datos, a partir de una revisión de información socioeconómica se considera importante. También es necesario hacer una estimación de la demanda de residuos en el sector comercial e industrial.
- Las limitaciones de esta metodología son que los consumos específicos corresponden a datos relativamente antiguos. Sin embargo, no existen datos consistentes más actualizados que puedan utilizarse para actualizar esta información. No obstante, tiene la ventaja de que está a nivel nacional y por región, sector y estrato.



## RAMAS CIU DE LAS INDUSTRIAS ANALIZADAS EN LA DEMANDA INDUSTRIAL

### RAMAS CIU

- 1511 Producción, Procesamiento y Conservación de Carne y Productos Cárnicos
- 1512 Elaboración y Conservación de Pescado y de Productos de Pescado
- 1513 Elaboración y Conservación de Frutas, Legumbres y Hortalizas
- 1514 Elaboración de Aceites y Grasas de Origen Vegetal
- 1520 Elaboración de Product Lácteos
- 1531 Elaboración de Productos de Molinería
- 1533 Elaboración de Alimentos Preparados Para Animales
- 1542 Elaboración de Azúcar
- 1543 Elaboración de Cacao y Chocolate y de Productos de Confitería
- 1551 Destilación, Rectificación y Mezcla de Bebidas Alcohólicas; Producción de Alcohol Etilico a Partir de Sustancias Fermentadas
- 1552 Elaboración de Vinos
- 1553 Elaboración de Bebidas Malteadas y de Malta
- 1554 Elaboración de Bebidas No Alcohólicas; Producción de Aguas Minerales

### División 20

- 2010 Producción de Madera y Fabricación de Productos de Madera y Corcho, Excepto Muebles; Fabricación de Artículos de Paja y de Materiales Trenzables y Acepilladura de Madera
- 2021 Fabricación de Hojas de Madera Para Enchapados; Fabricación de Tableros Contrachapados, Tableros Laminados, Tableros de Partículas y Otros Tableros y Paneles
- 2022 Fabricación de Partes y Piezas de Carpintería Para Edificios y Construcciones
- 2023 Fabricación de Recipientes de Madera
- 2029 Fabricación de Otros Productos de Madera; Fabricación de Artículos de Corcho, Paja y Materiales Trenzables

### División 21

- 2101 Fabricación de Papel y de Productos de Papel, Fabricación de Pasta de Madera, Papel y Cartón

# METODOLOGÍA APLICADA EN ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL EN BASE A PROCESOS DE INGENIERÍA: APLICACIÓN A ESTUDIOS DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Marianella Crispín y Julián Andrés Quintero

## 6.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de la metodología inicia con la búsqueda de información en fuentes secundarias. La información obtenida de estas fuentes permite contextualizar y orientar la metodología a las condiciones del país que se está evaluando. Para el caso de Perú, se realizó investigación sobre las materias primas seleccionadas para la producción de etanol carburante y biodiesel. Estas fueron el jugo y las melazas de la caña de azúcar para la producción de etanol carburante y la palma aceitera y *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel. La información secundaria se complementa y ajusta con datos recolectados directamente en el país; este paso es muy importante ya que permite confrontar la realidad productiva del país con los datos obtenidos en reportes y en fuentes bibliográficas. De esta manera, se asegura que la selección de las materias primas respectivas queda directamente relacionada con el contexto del Perú.

## 6.2 DETERMINACIÓN DE COSTOS

Para los efectos de este estudio, se estimaron primero los costos de producción de materia prima y después éstos fueron utilizados para determinar los costos de producción de los biocombustibles líquidos bajo los diferentes escenarios.

### 6.2.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA

La determinación de los costos producción de materia prima se realizarón en base al origen de la misma que consideraba los siguientes opciones:

*Pequeños productores:* la materia prima proviene de la producción de pequeños productores, los cuales podrían o no estar asociados en un gremio y contar con el financiamiento para la adquisición de insumos, asistencia técnica, crédito y herramientas.

*Comercial:* La materia prima es producida a escala comercial, se entiende que esta incluido todo el paquete de apoyo a la producción.



*Mixto:* La materia prima que ingresa a planta para ser procesada proviene de dos fuentes: la producción comercial y de pequeños productores.

En base a los parámetros de origen de materia prima se formularon los siguientes escenarios de producción:

Figura 6.1

**Escenarios producción de etanol a partir de jugo caña de azúcar**

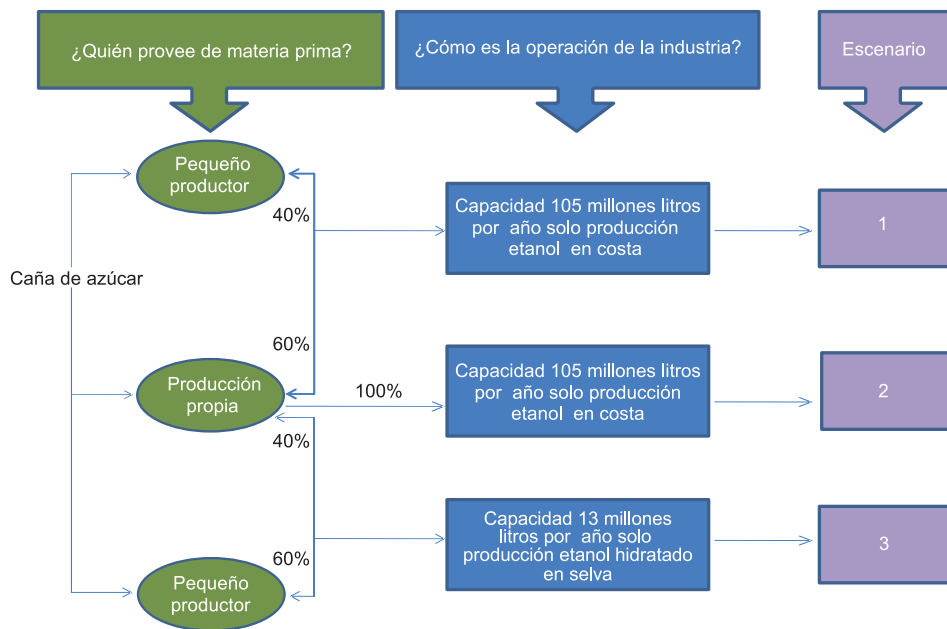


Figura 6.2

**Escenarios de producción de etanol a partir de melaza**



Figura 6.3

**Escenarios de producción de biodiesel a partir de palma aceitera**

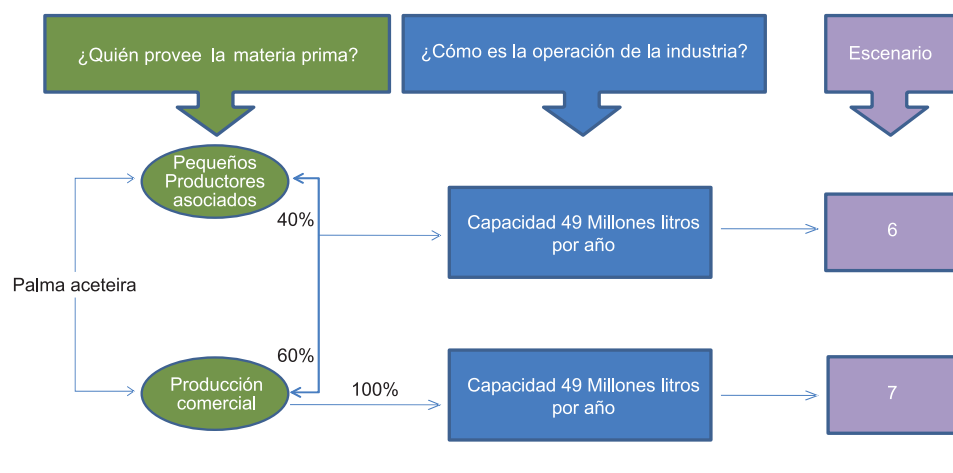
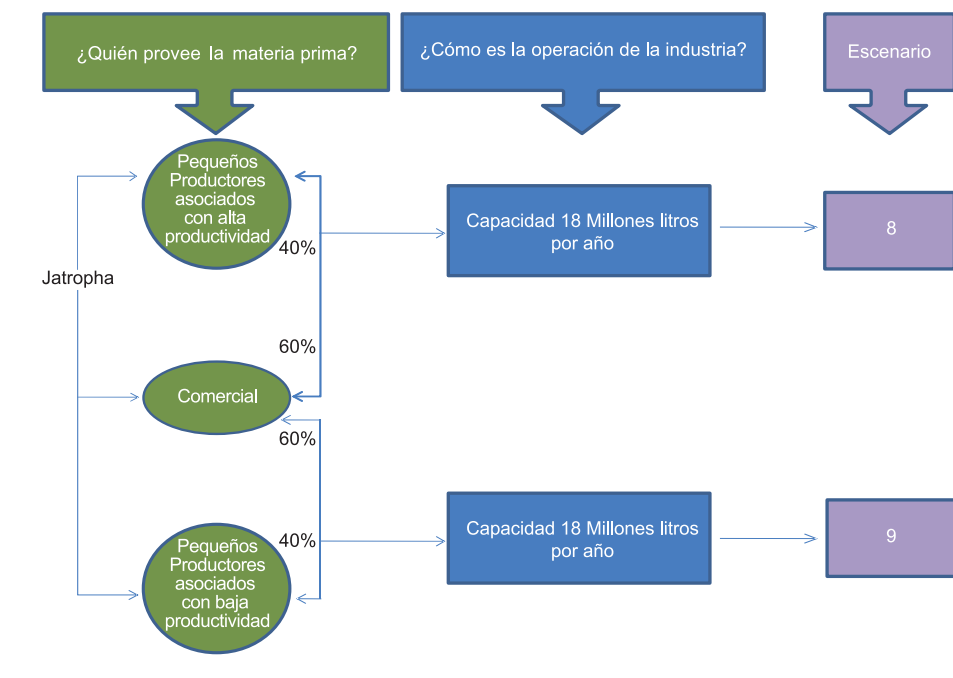


Figura 6.4

**Escenarios de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas***



En base a la definición de las fuentes de origen de la materia prima, se recurrió a diferentes fuentes de información respecto a la información necesaria para determinar los costos de producción. La mayor parte de la información fue proporcionada por diferentes instituciones reconocidas por su experiencia y estudios de campo.

## 6.2.2 COSTOS DE MATERIA PRIMA

### *Etanol*

*Caña de azúcar:* se asume que los costos de instalación se irán amortizando con cuotas iguales durante 10 años que es el período de análisis para este cultivo; a ello se suman los costos de operación y mantenimiento y los costos de cosecha. Este procedimiento es el mismo para la obtención de los costos tanto para pequeños productores como para la producción a escala comercial.

En la Costa la producción comercial (producción propia) y la producción de pequeños productores (sembradores) presenta rendimientos comparables; se asumió que estos se encontraban entre 130-140 ton/ha. Los costos de producción, también son comparables situándose alrededor de 12 USD/ton (PRM Group, 2008). Estas coincidencias ocurren porque la producción de caña para azúcar en la Costa del Perú es inclusiva ya que interactúan la industria y los pequeños productores dando lugar a una estructura de costos similares (Apéndice 6A).

En la Selva, se tomó en cuenta información proveniente del estudio de SNV (2009) la cual considera un rendimiento de 62 ton/ha para pequeños productores y 185 ton/ha a nivel comercial y un costo de producción de 12 y 18 USD/ton.

Para el escenario mixto se asumió la producción de la caña tradicional en la Costa donde hay una participación activa de productores comerciales y sembradores (pequeños productores); esta participación es de aproximadamente 60 y 40 por ciento respectivamente<sup>9</sup>; por ello se mantuvo esta misma proporción para crear los Escenarios mixtos (1 y 3). En el Escenario 1 se estimó un costo de materia prima puesta en puerta de 17,79 USD/ton y para el Escenario 3 se obtuvo un costo de producción de 15,28 USD/ton.

### *Palma aceitera*

Se asume que los costos de instalación se irán amortizando con cuotas iguales durante 30 años que es el período de análisis para este cultivo; a ello se suman los costos de operación y mantenimiento y los costos de cosecha para cada año. Este procedimiento es el mismo para la obtención de los costos tanto de pequeños productores asociados y de la producción a escala comercial; esta última presenta mayores rendimientos en comparación del anterior gracias al uso de maquinaria agrícola sobre todo para la preparación del terreno, uso de herbicidas y la asistencia técnica, mientras que los pequeños productores destinan mayor cantidad de mano de obra para preparación de terreno a lo que se suman los altos costos de insumos.

Para el escenario mixto existen familias que se dedican a la producción de palma como un negocio familiar y que venden su producto de manera individual; sin embargo,

<sup>9</sup> De acuerdo a las estadísticas de producción de caña año a año publicado por el Ministerio de Agricultura – MINAG y los reportes publicados de la Asociación peruana de productores de azúcar y biocombustibles – APPAB.

de acuerdo a la experiencia existente, este tipo de producción no es económicamente factible debido a que para todo el proceso de producción es necesario tener acceso a insumos y transporte. Por tal motivo estos pequeños productores se deberían orientar a formar asociaciones para obtener posiblemente mayores rendimientos y hacer más viable la producción. De esta manera, para el escenario mixto, se considera que la materia prima que ingresaría a la refinería proviene de una fuente de tipo comercial y de asociaciones de palmicultores, para lo que se asume una participación de 60 y 40 por ciento, respectivamente.

### *Jatropha*

Para la determinación de costos de producción de *Jatropha curcas*, se utilizó información proveniente del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), experiencias piloto en la región de San Martín y los resultados publicados por SNV (2009). Estas fuentes de información, permitieron construir una estructura de costos promedio para la simulación de los escenarios.

En la región de San Martín existen varios proyectos piloto sobre este cultivo, donde la mano de obra es el principal rubro de costos seguido del costo de insumos ya que el costo de instalación, preparación de terreno y cosecha involucran mayor cantidad de mano de obra. Según estas experiencias se han podido determinar diferentes niveles de productividad. Como la producción de este cultivo es intensiva y requiere abundante mano de obra, esto podría estimular a los pequeños productores a formar asociaciones. Sin embargo, la asociatividad para este tipo de cultivo no garantizaría necesariamente una productividad alta, dada la incertidumbre en ciertos parámetros e indicadores agronómicos.

Es por ello que se consideran dos escenarios para ambos tipos de rendimientos, para asociaciones de productores con productividad baja de 4ton/ha y alta de 6,5ton/ha. Para la producción a escala comercial se asume un rendimiento alto de 7,6ton/ha (hasta el momento obtenido) y donde la figura de insumos más probable para este tipo específico es que la materia prima provenga de una fuente mixta.

En el Escenario mixto la materia prima que ingresaría a la refinería provendría de dos fuentes: productores asociados y comerciales con una participación de 40 y 60 por ciento, respectivamente. Existen proyectos de biodiesel a partir de *Jatropha curcas*, donde varias empresas comerciales proyectan trabajar en conjunto con asociaciones de productores para la obtención de materia prima para luego venderlas a estas empresas refinadoras.

En conclusión, se asume que los costos de instalación se irán amortizando con cuotas iguales durante 30 años que es el período de análisis para este cultivo; a ello se suman los costos de operación y mantenimiento y los costos de cosecha para cada año;. Este procedimiento es el mismo para la obtención de los costos tanto para los pequeños productores asociados de baja y alta productividad y la producción a escala comercial.

### 6.2.3 PRECIOS DE LA MATERIA PRIMA PUESTA EN PLANTA

Se asume la opción de una venta de la materia prima de pequeños productores puerta en planta; por tal razón los Escenarios 1, 3, 6, 8 y 9 incorporan el margen de ganancia del pequeño productor puesto en puerta de la planta procesadora. Este porcentaje equivalente al margen que reciben los pequeños agricultores y se definió de la siguiente forma:

*Caña de azúcar:* pago de una tonelada de azúcar en campo equivale al precio de una bolsa de 50 kg de azúcar en el mercado mayorista, el cual se asumió en 74 soles<sup>10</sup>.

*Palma aceitera:* el precio pagado a pequeños productores por palma aceitera puesta en planta en 2009 fue de 95.50 USD/ton<sup>11</sup>.

*Jatropha:* el precio a pagar a pequeños productores por la provisión de materia prima se estima entre 250-275 USD/ton<sup>12</sup>.

### 6.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Con el apoyo de referencias bibliográficas y de la investigación en campo se define la composición física y química general de las materias primas seleccionadas. Una vez definidas las principales características de las materias primas seleccionadas se generan las propiedades termodinámicas necesarias para dar inicio a la simulación de procesos de los esquemas de producción industrial seleccionados para el análisis. Esto se realiza a través de la utilización de métodos analíticos de evaluación de propiedades, métodos con base experimental y evaluaciones con expresiones termodinámicas. Como en los diferentes procesos evaluados se presentan operaciones que involucran cambios de fase de los compuestos, también se deben especificar los valores de los parámetros de interacción binaria del modelo termodinámico seleccionado; para este caso se aplicó la ecuación NRTL (*non-random two-liquid*) para la fase líquida y se asumió gas ideal para la fase vapor. La generación de las propiedades de los componentes (Ver Figura 6.5), permite obtener una base de datos completa que puede ser utilizada para evaluar el desempeño de otras configuraciones de proceso o para evaluar el rendimiento y/o eficiencia de otras tecnologías de transformación.

Definidas las propiedades más importantes de los componentes involucrados en el proceso de transformación, el siguiente paso es definir las tecnologías seleccionadas para la conversión de materia prima a biocombustibles líquidos. En base a la selección de tecnologías se generan esquemas de proceso que contienen las vías para obtener el alcohol carburante o biodiesel. Para lograr este objetivo la producción se divide en diferentes etapas que incluyen la adecuación de las materias primas, etapa de reacción o transformación de las materias primas, etapa de separación de productos, utilización de los subproductos y disposición de los desechos del proceso. Los esquemas de proceso toman en cuenta las tendencias de producción de biocombustibles que se plantean en el país.

<sup>10</sup> De acuerdo con conversaciones sostenidas con APPAB

<sup>11</sup> <http://leyendadelhuallaga.blogspot.com/2009/12/no-llores-por-mi-tocache-palma-aceitera.html>

<sup>12</sup> De acuerdo a lo indicado por el Grupo Tello



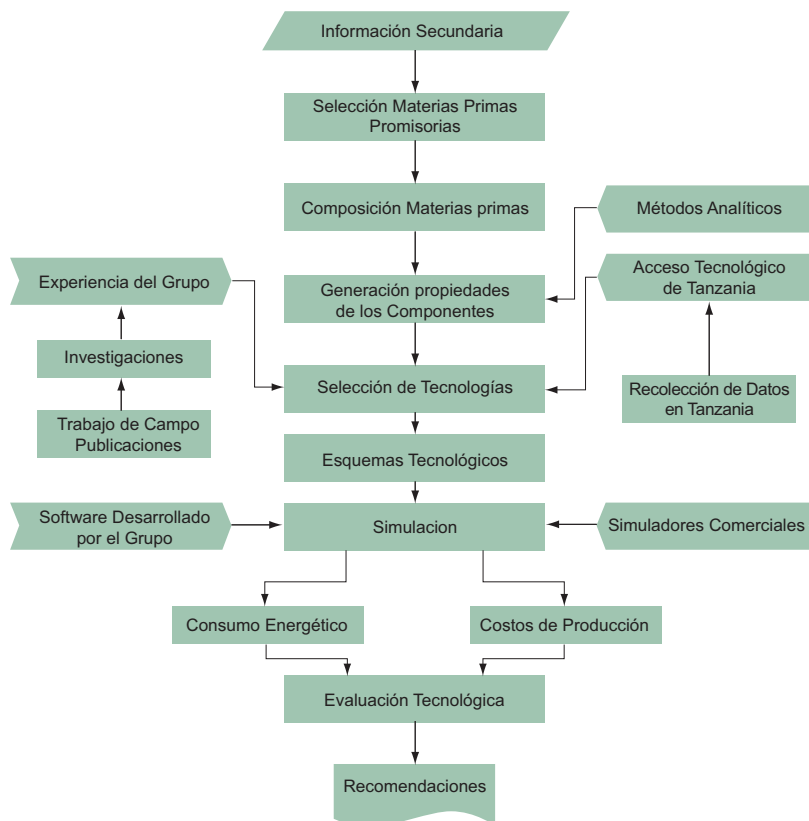
Los esquemas de proceso son evaluados utilizando simuladores comerciales y un programa especial desarrollado por el Grupo de Investigación de la Universidad de Colombia (Manizales). Los resultados de la simulación permiten determinar el consumo de energía y los costos de operación del proceso de transformación. Esto conduce a la evaluación del desempeño de cada uno de los esquemas de proceso, los cuales representan los escenarios de producción propuestos. La evaluación tecnológica se puede retroalimentar desde la selección de las materias primas, lo que conduce a mejorar los resultados mediante la aplicación de la metodología descrita anteriormente (Ver Figura 6.5).

### 6.3.1 FUENTES DE LOS DATOS

La evaluación de los costos de producción de biocombustibles líquidos necesita la simulación de los procesos de producción. Pero para simular los esquemas tecnológicos se requiere conocer la composición de la materia prima. Como se mencionó, la composición de la materia prima se obtuvo de fuentes secundarias o de información recolectada directamente en Perú. La composición de las materias primas seleccionadas se muestra para el caso de etanol carburante en los Cuadros 6.1 y 6.2, y para el caso de biodiesel en los cuadros 6.3 y 6.4.

Figura 6.5

**Esquema general del enfoque metodológico empleado en el presente informe**



Cuadro 6.1

**Composición de la caña de azúcar**

Componentes	Componente de referencia	Porcentaje en masa
Agua	Agua	67,10
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	0,20
Celulosa	Celulosa	7,65
Cenizas	Ceniza	0,50
Fructosa	Dextrosa	0,50
Grasas	Glicerol	0,20
Glucosa	Dextrosa	0,80
Hemicelulosa	Hemicelulosa	5,66
Lignina	Lignina	1,99
Otros azúcares no fermentables	Rafinosa	0,50
Otras sustancias reductoras	Rafinosa	0,70
Proteína	Lisina	0,40
Sacarosa	Sacarosa	13,80

Fuentes: Andrade et al, 2004; Sanchez y Cardona, 2008

Cuadro 6.2

**Composición de la melaza**

Componentes	Componente de Referencia	Porcentaje en masa
Agua	Agua	18,00
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	5,00
Cenizas	Ceniza	13,50
Fructosa	Dextrosa	8,83
Grasas	Glicerol	0,40
Glucosa		6,86
Otros azúcares no fermentables	Rafinosa	4,60
Otras sustancias reductoras	Rafinosa	4,00
Proteína	Lisina	4,50
Sacarosa	Sacarosa	34,31

Fuente: Cardona et al (2008)

Cuadro 6.3

**Composición de la palma aceitera**

Componentes	Componente de referencia	Porcentaje en masa
Ácidos grasos libres	Ácido oleico	2,34
Agua	Agua	26,20
Ceniza	Ceniza	1,00
Fibra	Celulosa	12,50
Proteína	Lisina	1,90
Trilinoleína	Trilinoleína	5,67
Trioleína	Trioleína	21,97
Tripalmitina	Tripalmitina	24,67
Triestearina	Triestearina	3,75

Fuente: Somporn et al., 2004

Cuadro 6.4

**Composición de la *Jatropha***

Componentes	Componente de referencia	Porcentaje en masa
Agua	Agua	4,45
Ceniza	Ceniza	3,95
Fibra	Celulosa	9,30
Forbol ésteres	Forbol ester	0,23
Proteína	Lisina	24,70
Trilinoleína	Trilinoleína	21,27
Trioleína	Trioleína	23,36
Tripalmitina	Tripalmitina	8,66
Triestearina	Triestearina	4,08

Fuente: Giibitz et al., 1999; Achten et al., 2008

En los Cuadros 6.1 a 6.4 el componente de referencia indica la molécula utilizada por el simulador para representar el compuesto presente en la materia prima. Por ejemplo, el ácido láurico es un compuesto presente en el aceite de palma que hace parte de una de las cadenas que forman el triglicérido trilaureato.

**6.3.2 BASE DE DATOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Una de las mayores tareas durante la simulación es el desarrollo de una base de datos que contenga las propiedades fisicoquímicas de todos los componentes involucrados en la producción de biodiesel y etanol carburante. La calidad de los resultados generados durante la simulación depende fuertemente de la calidad de las propiedades fisicoquímicas encontradas. De esta manera, las propiedades de todos los compuestos involucrados en el proceso de transformar caña de azúcar a etanol carburante y yuca a etanol carburante y aceite de palma a biodiesel juegan un papel crucial durante los procedimientos de simulación. El simulador de procesos usado (Aspen Plus™) requiere de una completa y adecuada definición de las propiedades térmicas y fisicoquímicas para obtener unos resultados apropiados. La recolección de las propiedades se llevó a cabo a través de la utilización de bases de datos propias del grupo de investigación, datos reportados en fuentes secundarias (Wooley y Putsche, 1996), e información generada por el mismo simulador y por un programa especializado desarrollado en nuestro grupo de investigación. Un ejemplo de las propiedades fisicoquímicas encontradas y calculadas se muestra en el Apéndice 6B.

Basados en la simulación de los diagramas de flujo para la producción de jugo de caña de azúcar y melazas usando Aspen Plus™, se obtuvieron las composiciones de estos materiales. Estas composiciones calculadas fueron contrastadas con datos de diferentes fuentes de información secundaria (Godbole, 2008; Curtin, 1983; Fajard *et al.*, 2007; McGee *et al.*, 1999; Seebaluck *et al.*, 2008) y con datos de la industria reportados en Perú. La comparación mostró que los datos obtenidos por la simulación concordaban con la información disponible de procesos reales. Las composiciones calculadas de jugo y melazas de caña de azúcar se muestran a continuación.

*Jugo de caña de azúcar.*

La composición del jugo de caña de azúcar se presenta en el Cuadro 6.5. La presencia de cal  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  se explica por el tratamiento de clarificación del jugo de caña de azúcar, procedimiento necesario para adecuar el jugo antes de ingresar al proceso de fermentación.

Cuadro 6.5

**Composición del jugo de caña de azúcar**

Componentes	Componente de referencia	Porcentaje en masa
Fructosa	Fructosa	0,43
Glucosa	Glucosa	0,69
Grasa	Glicerol	0,04
Proteína	Lisina	0,26
Sacarosa	Sacarosa	12,00
Agua	Agua	85,13
Otros azúcares (no fermentables)	Rafinosa	0,43
Otras sustancias reductoras	Rafinosa	0,60
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	0,17
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,05
Cenizas	Cenizas	0,20

Fuente: Sánchez y Cardona, 2008; Seebaluck et al., 2008; Bhattacharya et al., 2001; Gonzáles y Gonzáles, 2004.

*Melaza de caña de azúcar*

La composición de las melazas de caña se presenta en el Cuadro 6.6. La presencia de cal y componentes de sulfuro se explican por el tratamiento de clarificación al cual es sometido el jugo de caña.

Cuadro 6.6

**Composición de las melazas de la caña de azúcar.**

Componentes	Componente de referencia	Porcentaje en masa
Fructosa	Fructosa	8,39
Glucosa	Glucosa	13,45
Grasa	Glicerol	0,72
Proteína	Lisina	5,03
Sacarosa	Sacarosa	29,80
Agua	Agua	14,20
Otros azúcares (no fermentables)	Rafinosa	8,39
Otras sustancias reductoras	Rafinosa	11,75
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	3,28
$\text{SO}_2$	$\text{SO}_2$	0,10
Ácido sulfuroso	Ácido sulfuroso	0,04
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	1,01
CaO	CaO	0,03
Cenizas	Cenizas	3,83

## 6.4 ESQUEMAS DE CONVERSIÓN INDUSTRIAL

### 6.4.1 JUGO DE CAÑA A ETANOL

En el caso de la producción de etanol a partir de caña de azúcar empleando el jugo obtenido durante la molienda se sintetizó un esquema tecnológico para los Escenarios 1 y 2 donde se emplea una tecnología de mayor productividad que implica la operación en fermentación continua serie y el empleo de levaduras convencionales *Saccharomyces cerevisiae*. La separación de la biomasa celular del caldo de cultivo que sale del fermentador se lleva a cabo por una tecnología de centrifugación. Este caldo tiene una concentración de etanol cercana al 10 por ciento en peso. Para emplear el etanol como alcohol carburante, se debe remover el agua casi en su totalidad lo que hace necesario deshidratar el etanol a través de un proceso de deshidratación de etanol por adsorción con tamices moleculares. El tratamiento de efluentes se realiza en este esquema mediante evaporación de las vinazas hasta un 55 por ciento de sólidos y su posterior utilización como biofertilizante no sólo para las plantaciones de caña, sino para otros cultivos de importancia económica. El esquema de cogeneración incluyó calderas de alta presión (70-85 atm) que emplean el bagazo generado durante la molienda de la caña.

En el caso de la producción de etanol a partir de caña de azúcar empleando el jugo obtenido durante la molienda se sintetizó un esquema tecnológico para el Escenario 3; el esquema incluye una fermentación convencional por lotes empleando la levadura usada en todo el mundo para la obtención de alcohol etílico. La separación de la biomasa celular del caldo de cultivo que sale del fermentador se lleva a cabo por una tecnología sencilla de sedimentación. Este caldo tiene una concentración de etanol cercana al 10 por ciento en peso; esta corriente se envía a una columna de destilación a fin de obtener una corriente con una concentración de etanol de 40-50 por ciento. Luego, esta corriente ingresa a una columna de rectificación en donde se eleva la concentración hasta un 90 por ciento a presión atmosférica.

El bagazo generado durante la molienda de la caña se emplea en la unidad de generación combinada de vapor de proceso y electricidad (cogeneración) en unidades turbogeneradoras que utilizan calderas con presiones bajas (28 atm). El tratamiento de efluentes se realiza en este esquema mediante evaporación de las vinazas hasta un 55 por ciento de sólidos y su posterior utilización como biofertilizante no sólo para las plantaciones de caña, sino para venta a otros cultivos de importancia económica.

### 6.4.2 ETANOL A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA

Los esquemas tecnológicos para la producción de alcohol carburante empleando melaza de caña como materia prima se seleccionaron de manera similar al caso de la producción de etanol usando jugo de caña de azúcar por lotes empleando la levadura usada en todo el mundo para la obtención de alcohol etílico. La separación de la biomasa celular del caldo de cultivo que sale del fermentador se lleva a cabo por una tecnología sencilla de sedimentación. Este caldo tiene una concentración de etanol cercana al 10 por ciento en peso, por lo que esta corriente se envía a una columna de destilación a fin de obtener una corriente con una concentración de etanol de 40-50 por ciento. Luego, esta corriente

ingresa a una columna de rectificación en donde se eleva la concentración hasta un 90 por ciento a presión atmosférica. Para emplear el etanol como alcohol carburante, se debe remover el agua casi en su totalidad lo que hace necesario deshidratar el etanol en una columna que opera en condiciones de vacío. A presiones inferiores a la atmosférica, es posible deshidratar el etanol hasta alcanzar una pureza de 99,9 por ciento .

### **6.4.3 BIODIESEL A PARTIR DE PALMA ACEITERA Y PIÑÓN**

La producción de biodiesel es un proceso químico que necesita varias etapas de transformación para obtener un producto dentro de las especificaciones requeridas por el mercado. La producción de biodiesel se inicia con el ingreso de la materia prima para extracción mecánica. El aceite pasa al reactor donde sucede la transesterificación del aceite vegetal para transformarse en biodiesel. Luego, la corriente resultante de la reacción va a la zona de separación y purificación del producto deseado. Se realiza por medio de una transformación en lote, a través de un reactor de esterificación para producir biodiesel. La corriente proveniente de esta unidad se mezcla en la unidad adicional con el metanol necesario para la transesterificación, más un pequeño exceso del mismo y el catalizador. El producto de la reacción compuesto por etilésteres (biodiesel), glicerina, metanol en exceso, y catalizador ingresa a la unidad de neutralización donde con un ácido mineral se neutraliza el catalizador remanente. Posteriormente en la unidad de destilación a vacío se despoja al producto de los volátiles fundamentalmente compuestos por alcohol metílico. Los vapores de metanol se condensan y se envían al tanque de almacenamiento para ser nuevamente introducido en el ciclo. El producto de fondo de la unidad de destilación, que contiene el metiléster (biodiesel), glicerina y sales se envía a la unidad de decantación continua, en el cual se separa el biodiesel del resto de los productos. La fase ligera (biodiesel) se envía a la columna de lavado, mientras la fase pesada (glicerina bruta) que contiene glicerina (aproximadamente 90 por ciento), eventuales impurezas y sales se envía a un tanque de almacenamiento. En la columna de lavado, con agua se lava el biodiesel retirando las trazas de glicerina que pudiera contener. Se separa el producto lavado de la parte superior de dicha columna, enviándose a una unidad de secado y al almacenamiento.

### **6.5 PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN**

Cada uno de los esquemas tecnológicos correspondientes para cada escenario y cada materia prima se simuló empleando el enfoque de análisis que se describe a continuación. El objetivo preliminar de este procedimiento consistió en generar los balances de materia y energía de donde se definen los requerimientos de materias primas, insumos, consumibles, fluidos de servicio y necesidades energéticas. La información inicial necesaria para la simulación implica una exhaustiva revisión y análisis de los parámetros de operación de cada una de las etapas del proceso. Más detalles se presentan en el Apéndice 6B En el Apéndice 6C se describe un ejemplo de los principales datos de entrada requeridos para la simulación de uno de los esquemas tecnológicos propuestos. El esquema seleccionado corresponde a la producción de etanol a partir de jugo de caña Escenario 2.

Las actividades y procedimientos de simulación y modelamiento se ejecutaron empleando diferentes paquetes comerciales así como un programa especializado. La simulación de los diferentes esquemas tecnológicos incluyó todas las etapas del proceso de conversión de la materia prima en etanol. Para ello, se utilizó como herramienta principal de simulación el paquete Aspen Plus™ versión 12.0 (Aspen Technology, Inc., EUA), aunque algunas simulaciones preliminares se adelantaron con el simulador SuperPro Designer versión 7.0 (Intelligen, Inc., EUA). También se emplearon paquetes especiales para la realización de cálculos matemáticos como Matlab, Octave y Polymath. Algunas tareas específicas de optimización se ejecutaron con el paquete GAMS (GAMS Development Corporation, EUA). Además, se utilizó un programa diseñado por nuestro grupo de investigación como ModELL-R, el cual fue usado para realizar cálculos termodinámicos específicos como la determinación de propiedades termo-físicas no encontradas en la literatura disponible para determinados componentes involucrados en el proceso. Algunos de los datos de las propiedades físicas de los componentes requeridos para la simulación fueron obtenidos del trabajo de Wooley y Putsche (1996).

Una de los aspectos más importantes a tener en cuenta durante la simulación consiste en una selección adecuada de los modelos termodinámicos con los cuales se van a describir las fases líquidas y gaseosas. Para el cálculo de los coeficientes de actividad de la fase líquida se aplicó el modelo termodinámico *Non-Random Two-Liquid* (NRTL) y para la descripción del comportamiento de la fase de vapor se utilizó la ecuación de estado de Hayden-O'Connell.

Para iniciar los diferentes procedimientos de simulación para la producción de etanol se requiere una descripción adecuada de las diferentes etapas de proceso. Para ello fue necesario definir el nivel de detalle de los modelos utilizados. Para la simulación detallada del proceso global, se describió la fermentación mediante modelos cinéticos cuya estructura dependió del tipo de azúcares derivados del acondicionamiento y pretratamiento de la materia prima. Para la caña de azúcar los modelos utilizados se basaron en la transformación de la glucosa en alcohol etílico (aunque también se consideró la fructosa en el caso de la caña, empleando modelos similares). Los modelos cinéticos utilizados se escogieron en base a la correspondiente revisión bibliográfica considerando la facilidad de su implementación, pero a la vez buscando que la naturaleza del fenómeno estudiado fuera contemplada en forma completa. De esta manera, se descartaron los modelos estructurados de carácter metabólico cuyo nivel de detalle no corresponde a un problema de evaluación de tecnologías globales. Por lo tanto se utilizaron modelos no estructurados que tuvieran en cuenta los siguientes aspectos: limitación por sustrato, inhibición por sustrato, inhibición por producto y crecimiento celular.

La simulación de la obtención de biodiesel se modeló utilizando una velocidad de reacción que incluyó la limitante termodinámica impuesta por el equilibrio termodinámico de la reacción. El modelo cinético consideró las reacciones reversibles y la influencia de la

temperatura sobre el rendimiento global de transformación de aceite de palma a biodiesel. De esta forma se garantiza que los resultados obtenidos por la simulación estén de acuerdo con la realidad física del fenómeno bajo estudio.

El análisis de los métodos convencionales de separación como la destilación, se llevó a cabo con ayuda de los módulos correspondientes de los simuladores de procesos. Para ello se emplearon tanto los modelos aproximados (*short-cut models*) como los rigurosos modelos que están disponibles en el paquete de simulación utilizado. Para la simulación de las diferentes tecnologías que involucran la operación de destilación, se aplicó el método aproximado DSTWU incorporado al paquete Aspen Plus™, el cual utiliza las ecuaciones y correlaciones de Winn-Underwood-Gilliland a fin de proporcionar una estimación inicial del número mínimo de etapas teóricas, de la relación mínima de reflujo, de la localización de la etapa de alimentación y de la distribución de los componentes. El cálculo riguroso de las condiciones de operación en las columnas de destilación se desarrolló con el módulo RadFrac basado en el método de equilibrio inside-out que utiliza las ecuaciones MESH (la ecuación de balance de masa, la ecuación de equilibrio de fases, la sumatoria de composiciones y la ecuación de balance de energía). Para el diseño conceptual de los esquemas de destilación se hizo uso de los mapas de curvas residuales aplicando los principios de la termodinámica topológica (análisis de la estática).

Se realizó el análisis de sensibilidad para estudiar el efecto de las principales variables de operación (relación de reflujo, temperatura de la corriente de alimentación, relación entre el solvente y la alimentación, etc.) sobre la pureza del etanol o biodiesel obtenido y el consumo energético de la operación. El resultado final es el conocimiento de las condiciones de operación que permiten desarrollar procesos de concentración y deshidratación de etanol energéticamente eficientes.

Durante el análisis del proceso de deshidratación de etanol por adsorción con tamices moleculares, se empleó la descripción matemática propuesta por Guan y Hu (2003) para la deshidratación de etanol en fase de vapor a altas presiones según la tecnología de adsorción por vaivén de presión (PSA). Para la simulación de este proceso de deshidratación se consideró que la adsorción se lleva a cabo en fase de vapor, por lo que el destilado de la columna de rectificación no se condensa y además se sobrecalienta a 116°C para ingresarlo a la columna de adsorción. El ciclo de operación de las columnas de adsorción consta de presurización de la columna (se efectúa con los vapores provenientes de la rectificación), adsorción de agua (tiempo en el que se retira producto) y desorción de agua (se efectúa con una porción de los vapores del producto). La desorción se simula mediante la tecnología PSA a una presión de vacío de 0,14 atm. Los vapores provenientes de la desorción se recirculan a la torre de rectificación donde se recupera el etanol utilizado. Mientras una de las columnas opera bajo presión obteniendo etanol al 99,5 por ciento en peso, la otra se regenera. El ciclo completo dura alrededor de 10 minutos.



## **6.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS**

La estimación del consumo energético fue llevada a cabo con base en los resultados de los balances de materia y energía arrojados por la simulación. Para ello se tuvo en cuenta la energía térmica requerida en los intercambiadores y rehervidores, así como la energía eléctrica requerida por bombas, compresores, molinos y demás equipos. Los costos de capital y de operación se calcularon mediante el programa Aspen Icarus Process Evaluator (Aspen Technologies, Inc., EUA). Sin embargo, se consideraron aspectos específicos relativos a las condiciones de Perú a fin de calcular los costos de producción de un litro de biocombustibles líquidos como los costos de las materias primas, el impuesto de renta, el costo de la mano de obra, entre otros (Apéndice 6D). Los resultados de costos de producción de etanol y biodiesel se detallan en el Apéndice 6E.

## REFERENCIAS

**Andrade J.B.**, de Ferrari Jr. E., Possenti R.A., Pozar I., Zimback L., Landell M.G., de A. (2004). Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. *Bragantia*, 63(3): 341-349.

**Agencia de la Promoción de la Inversión Privada (PROINVERSIÓN)**. Promoción del cultivo e industrialización de la palma aceitera en el Perú (Perú).

**Agro Industrial Paramonga S.A.A. Memoria 2007** (Peru, 2008).

**Asociación Peruana de Productoras de azúcar y Biocombustibles (APPAB)**. 2004. Perú: Situación de la Actividad Azucarera (Perú).

**Bhattacharya P.K., Agarwal S., De S., Rama Gopal U.V.S.** (2001). Ultrafiltration of sugar cane juice for recovery of sugar: analysis of flux and retention. *Separation and Purification Technology*, 21: 247-259.

**Curtin L.V.** (1983). Molasses - General considerations. Molasses in Animal Nutrition. National Feed Ingredients Association: West Des Moines, Iowa, USA pp 1-11.

**Fajardo E.K., Sarmiento S.C.** (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. B.Sc. in Industrial Microbiology. Carrera de Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá, Colombia. 120 p.

**FAO**. Estudio de factibilidad y diseño de la línea de financiamiento del plan nacional de promoción del cultivo e industria de la palma aceitera. Lima, Perú.

**G.M. Giibitz, M. Mittelbach, M. Trabi**, Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67 (1999) 73-82.

**Gobierno Regional de San Martín**. 2009. II Audiencia Pública 2009 (Perú).

**Godbole J.** (2002). Ethanol from cane molasses. DOE+BBI Hawaii Ethanol Workshop. Disponible en: <http://uploaded.to/?id=c04kba> [Visitada en October de 2008].

**González D.A., González C.** (2004). Jugo de caña y follajes arbóreos en la alimentación no convencional del cerdo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(3): 2004.

**Guan J., Hu X.** (2003). Simulation and analysis of pressure swing adsorption: ethanol drying process by the electric analogue. *Separation and Purification Technology*, 31: 31-35.

**McGee M., Zoetewij L., Holder P.** (1999). Molasses in livestock feeds. R&H Hall Technical Bulletin, Issue No. 3. R&H Hall. Disponible en: [http://www.rhall.ie/print/issue3\\_1999.html](http://www.rhall.ie/print/issue3_1999.html). [Visitada en October 2008 de 2008].

**Ministerio de Agricultura (MINAG).** 2007. Situación del Sector Azucarero 2006 – 2007. Dirección General de Información Agraria (Perú).

**Ministerio de Agricultura (MINAG).** 2010. Dinámica Agropecuaria 1997-2009. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del MINAG (Perú).

**Ocrospoma Ramírez, Dora L.** 2008. Situación y Perspectivas de los Biocombustibles en el Perú. IICA Perú (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (Perú).

**Organismos Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).** 2010. Estructura Tarifaria para el Servicio de Electricidad (disponible en la página web: [www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe)).

**Pisarenko Y.A., Serafimov L.A., Cardona C.A., Efremov D.L., Shuwalov A.S.** (2001). Reactive distillation design: Analysis of the process statics. *Reviews in Chemical Engineering*, 17(4): 253-325.

**PRM Group,** Ethanol Mega-Project in Peru, General Memorandum of Informacion Ethanol Mega-Project in Peru, 2008 (Peru) Available at: <http://www.foreclosuresontour.com/investmentopps/images/Ethanol-MegaProject.pdf>.

**Sánchez O.J., Cardona C.A.** (2008). Producción de Alcohol Carburante: Una Alternativa para el Desarrollo Agroindustrial. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 386 p.

**Schweizer, T.** 2009. Potential of bioenergy production in Peru With special focus on the impact on smallholder farmers using the example of *Jatropha curcas*. University of Hohenheim Insitute for Farm Management (Stuttgart – Hohenheim).

**Servicio Holandés de Cooperación y Desarrollo (SNV).** 2009. Impactos Socioeconómicos de la Producción de Biocombustibles en la Amazonía Peruana (Perú).

**Servicio Holandés de Cooperación y Desarrollo (SNV).** 2009. Análisis de ciclo de Vida de la producción de Biocombustibles en la Amazonía Peruana (Perú).

**Servicio Holandés de Cooperación y Desarrollo (SNV).** 2007. Línea Base de Biocombustibles en la Amazonía Peruana (Perú).

**Seebaluck V., Mohee R., Sobhanbabu P.R.K., Rosillo-Calle F., Leal M.R.L.V., Johnson F.X.** (2008). Bioenergy for Sustainable Development and Global Competitiveness: the case of Sugar Cane in Southern Africa. Thematic Report 2: Industry. CARENSA/SEI 2008-02. Stockholm, Sweden: Cane Resources Network for Southern Africa (CARENSA). 104 p.

**Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).** 2010. Estructura Tarifaria para el Servicio de Agua PoCuadro y/o Alcantarillado (disponible en la página web: [www.sunass.gob.pe](http://www.sunass.gob.pe)).

**Quintero J.A., Montoya M.I., Sánchez O.J., Giraldo O.H., Cardona C.A.** (2008). Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case. *Energy*, 33(3): 385-399.

**W.M.J. Achten, L.Verchot, Y.J.Franken, E.Mathijs, V.P.Singh, R.Aerts, B.Muys,** Jatropha bio-diesel production and use. Review. *BIOMASS AND BIOENERGY* 32 (2008)1063-1084.

**Wooley R., Putsche V.** (1996). Development of an ASPEN PLUS physical property database for biofuels components. Report NREL/MP-425-20685. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory. 38 p.

**Zegarra, Eduardo.** Mercado de tierras y exclusión social en el agro costeño. *Debate Agrario* (Perú).

# COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA

Escenario 1

## Costos de producción de caña de azúcar - Etanol solo en Costa - Comercial

*Información de cifras promedio nacional provenientes del Memorando del Mega proyecto en Perú*

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	196,25	1,40
Maquinaria	143,35	1,02
Costo de la Tierra***	60,00	0,43
Insumos	575,88	4,11
Otros**	483,00	3,45
Costo de Transporte *	266,00	1,90
Costo Total	1 724,48	12,32
Rendimiento		140

## Costos de producción de caña de azúcar - Costa - Pequeños productores

*Usando costos medios de producción de caña de azúcar existentes, asumiendo la cosecha a mano y donde la cosecha involucra turnos en el trabajo.*

*Teniendo en cuenta costos de esCudrocimiento y 8 ciclos de cosechas perennes*

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	555,28	4,27
Maquinaria	142,50	1,10
Costo de la Tierra	0,00	0,00
Insumos	278,50	2,14
Otros**	285,49	2,20
Costo de Transporte *	350,00	2,69
Margen de Ganancia		13,60
Costo Total		26,00
Rendimiento		130

Costo Total	Mix 60 por ciento comercial y 40 por ciento pequeño productor	17,79
-------------	---	-------

## Escenario 2

**Costos de producción de caña de azúcar - Etanol solo en Costa- Comercial***Información de cifras promedio nacional provenientes del Memorando del Mega proyecto en Perú*

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	196,25	1,4
Maquinaria	143,35	1,02
Costo de la Tierra***	60	0,43
Insumos	575,88	4,11
Otros**	483	3,45
Costo de Transporte *	266	1,9
Costo Total	1 724,48	12,32
Rendimiento		140

## Escenario 3

**Costo de producción de caña de azúcar - Selva - Comercial***Información en base al estudio de SNV- Análisis del Impactos socioeconómicos en la producción de Biocombustibles en la Amazonía Peruana*

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	280	1,5
Maquinaria	150	0,8
Costo de la Tierra*	166,67	0,9
Insumos	1.055,99	5,7
Otros**	501,55	2,7
Costo de Transporte	93,7	0,5
Costo Total		12,13
Rendimiento		185

**Costo de producción de caña - Pequeño productor**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	418,67	6,7
Maquinaria	37,5	0,6
Costo de la Tierra**	83,33	1,33
Insumos	163,52	2,62
Otros	245,54	3,93
Costo de Transporte	154	2,47
Margen de Ganancia		2,35
Costo Total		20
Rendimiento		62

Costo Total	Mix 60 por ciento comercial y 40 por ciento pequeño productor	15,28
-------------	---	-------

## Escenario 6

**Costo de producción de Palma - Comercial**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	65	2,62
Maquinaria	160	6,4
Costo de la Tierra		0
Insumos	128	5,11
Otros	152	6,06
Costo de Transporte	3	0,13
Costo Total	507,98	20,32
Rendimiento		25

**Costo de producción de Palma -Pequeños productores asociados**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	195,5	8,89
Maquinaria	0	0,6
Costo de la Tierra**	0	1,33
Insumos	321,52	14,61
Otros	316,67	14,39
Costo de Transporte	200	9,09
Margen de Ganancia		45,51
Costo Total	1 033,68	92,5
Rendimiento		22
<b>Costo Total</b>	<b>Mix 60 por ciento comercial y 40 por ciento pequeño productor</b>	<b>49,19</b>

## Escenario 7

**Costo de producción de Palma - Comercial**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	65	2,62
Maquinaria	160	6,4
Costo de la Tierra		0
Insumos	128	5,11
Otros	152	6,06
Costo de Transporte	3	0,13
Costo Total	507,98	20,32
Rendimiento		25

## Escenario 8

**Costo de producción de Jatropha - Selva- Comercial**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	524	68,95
Maquinaria		0
Costo de la Tierra	60	7,89
Insumos	305,83	40,24
Otros	274,67	36,14
Costo de Transporte	111,33	14,65
Costo Total	1 275,84	167,87
Rendimiento		7,6

**Costo de producción de Jatropha - Pequeños productores asociados con alta productividad**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	597,5	91,92
Maquinaria		0
Costo de la Tierra		0
Insumos	347,46	53,46
Otros	160,63	24,71
Costo de Transporte	63,33	9,74
Margen de Ganancia**		95,11
Costo Total		179,83
Rendimiento		6,5
<b>Costo Total</b>	<b>Mix 60 por ciento comercial y 40 por ciento pequeño productor</b>	<b>172,66</b>



## Escenario 9

**Costo de producción de Jatropha - Selva- Comercial**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	524	68,95
Maquinaria		0
Costo de la Tierra	60	7,89
Insumos	305,83	40,24
Otros	274,67	36,14
Costo de Transporte	111,33	14,65
Costo Total	1 275,84	167,87
Rendimiento		7,6

**Costo de producción de Jatropha - Pequeños productores asociados con baja productividad**

	USD/ha	USD/ton
Mano de Obra	350	87,5
Maquinaria		0
Costo de la Tierra		0
Insumos	140	35
Otros	379,74	94,94
Costo de Transporte	21	5,25
Margen de Ganancia**		27,32
Costo Total	890,74	222,69
Rendimiento		4
<b>Costo Total</b>	<b>Mix 60 por ciento comercial y 40 por ciento pequeño productor</b>	<b>189,80</b>

## BASE DE DATOS DE PROPIEDADES DE ALGUNOS COMPUESTOS INVOLUCRADOS EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL CARBURANTE

Propiedades	Dextrina	Etanol	Fructosa	Glucosa	Glicerol
Gravedad API estándar	8,52	46,7	-0,76	-0,76	-19,31
Energía libre de formación estándar a 25°C (kcal/mol)	-195,33	-40,09	-217,19	-217,19	
Entalpía estándar de formación a 25°C (kcal/mol)	-244,1	-56,12	-304,17	-304,17	-138,03
Entalpía de vaporización (kcal/mol)	13,36	9,3	26,22	26,22	15,7
Entalpía estándar de combustión 298.2 K (kcal/mol)	-597,59	-294,97	-606,07	-606,07	-352,78
Momento dipolar (debye)	2,29	1,69	2,75	2,75	2,68
Peso molecular	162,14		180,16	180,16	
Factor acéntrico de Piltzer	0,91	0,64	2,39	2,57	
Presión crítica (bar)	34,8	61,37	48,2	62	
Volumen molar de Racket	0,28	0,25	0,32	0,36	
Gravedad específica estándar (60°F)	1,01	0,79	1,08	1,08	1,26
Punto de ebullición (°C)	215,85	78,29	343,85	343,85	287,85
Temperatura crítica (°C)	386,85	240,85	481,85	737,95	
Temperatura de congelación (°C)	112,5	-114,1	146	146	18,18
Volumen molar líquido a TB (cc/mol)	35,02	35,02	204,63	204,63	86,85
Volumen crítico (cc/mol)	436	168	414	416,5	
Volumen molar estándar a 60°F (cc/mol)	160,85	58,17	166,87	166,87	73,2
Factor de compresibilidad crítico	0,28	0,24	0,32	0,32	0,28



## EJEMPLO DE DATOS DE ENTRADA PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE A PARTIR DE JUGO DE CAÑA ESCENARIO 2 PERÚ

Ítem	Valor	Ítem	Valor
Materia prima	Caña de azúcar	Producto	Alcohol carburante
Composición	Azúcares 15,10, fibra 13,30%, proteína 0,4%, cenizas 0,5%, ácidos y grasas 0,4%, humedad 67,10%	Composición	Etanol 99.5%, Agua 0.5%
Flujo de alimentación	164 ton/h	Flujo	10,4 ton/h
Co-producto 1	Compost	Co-producto 2	Torta de filtración
Pretratamiento		Deshidratación de etanol	
Molienda		Tecnología	PSA con tamices moleculares
Número de molinos	2	Número de unidades	2
Flujo de agua	65 ton/h	Temperatura	116°C
Acondicionamiento de pH e hidrólisis de sacarosa		Presión	1,7 atm (adsorción) 0,14 atm (desorción)
Agente	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> diluido	Tiempo de un ciclo	10 min
Temperatura	65°C	Sistema de cogeneración	
Tiempo de residencia	5 min	Combustible sólido	Bagazo de caña
Número de unidades	1	Flujo combustible	27.252 kg/h
Conversión de sacarosa	90%	Temperatura gases de salida	180°C
Fermentación		Temperatura del vapor de la caldera	370°C
Bioagente	S. cerevisiae	Presión del vapor extraído de las turbinas	
Temperatura	31°C	Alta	13 atm
Tiempo de residencia	48 h	Baja	4,42 atm
Número de unidades	3	Muy baja	1,68 atm
Contenido de etanol	5,40%	Concentración de vinazas	
Destilación convencional		Número de evaporadores	3
Número de columnas	2		
Presión de las columnas	1 atm		
Contenido de etanol en destilado (1 <sup>ra</sup> columna)	59,70%		
Contenido de etanol en destilado (1 <sup>as</sup> columna)	88,80%		

Todos los porcentajes se expresan en peso

## DATOS ESPECÍFICOS CONSIDERADOS EN EL PROCESAMIENTO DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN PERÚ

Los datos que se muestran a continuación considera la última actualización a la fecha del estudio.

- Metanol: 0.81 USD/kg
- Hidróxido de sodio: 1.25 USD/kg
- Mano de obra: se considera como fuente de información el Anuario estadístico del Ministerio de Trabajo - MINTRA, se asume el salario mensual full time, para un tamaño de empresa de 50 empresas a nivel nacional y las regiones de Lima, La Libertad, Lambayeque y San Martín.

Asimismo, se considera tres niveles de trabajo:

No especializado: Obrero: plomero, gasfitero, etc.

Semi especializado: Técnico, operario con alguna instrucción.

Profesional: Mano de obra especializada, profesional.

- Costos de Servicios

### *Lima*

- Tarifa industria de electricidad

Se tiene la tarifa (ctm.S./kw.h) para lima norte metropolitana donde la empresa Edelnor es el operario, la tarifa que se considera es la que fue publicada el 04 de diciembre de 2009, tarifa correspondiente a cargo por energía activa fuera de punta.

- Tarifa industrial del Agua

Se tiene la tarifa (S./m<sup>3</sup> tarifa industrial) para Lima donde la empresa Sedapal es el operario, la fecha publicada de esta tarifa corresponde al 01 de noviembre de 2008, dicha tarifa incluye el pago por servicio de alcantarillado.

### *San Martín*

- Tarifa industria de electricidad

Se tiene la tarifa (ctm.S./kw.h) para Tarapoto Moyobamba donde la empresa Mepresa es el operario, la tarifa que se considera es la que fue publicada el 01 de octubre de 2009, tarifa correspondiente a cargo por energía activa fuera de punta.

- Tarifa industrial del Agua

Se tiene la tarifa (S./m<sup>3</sup> tarifa industrial) para San Martín donde la empresa EPS EMAPA San Martín S.A. es el operario, la fecha publicada de esta tarifa corresponde al 07 de julio de 2008, a dicha tarifa se tiene que incluir un 30% del monto a facturar por agua por Cuadro, esto correspondería al servicio de alcantarillado.

### *La Libertad*

#### ■ Tarifa industria de electricidad

Se tiene la tarifa (ctm.S./kw.h) para el Sistema Trujillo baja densidad donde la empresa Hidrandina es el operario, la tarifa que se considera es la que fue publicada el 04 de febrero de 2010, tarifa correspondiente a cargo por energía activa fuera de punta.

#### ■ Tarifa industrial del Agua

Se tiene la tarifa (S./m3 tarifa industrial) para La Libertad donde la empresa SEDALIB S.A es el operario, la fecha publicada de esta tarifa corresponde al 02 de octubre de 2008, dicha tarifa incluye servicio de agua poCuadro, alcantarillado y cargo fijo.

### *Lambayeque*

#### ■ Tarifa industria de electricidad

Se tiene la tarifa (ctm.S./kw.h) para el Sistema Chiclayo baja densidad donde la empresa Electronorte es el operario, la tarifa que se considera es la que fue publicada el 04 de febrero de 2010, tarifa correspondiente a cargo por energía activa fuera de punta.

#### ■ Tarifa industrial del Agua

Se tiene la tarifa (S./m3 tarifa industrial) para La Libertad donde la empresa EPSEL S.A. es el operario, la fecha publicada de esta tarifa corresponde al 02 de octubre de 2008, a dicha tarifa se debe incluir 45% del agua facturada por agua poCuadro, lo que correspondería a alcantarillado.

#### ■ Costo de transporte de materia prima

■ En la selva: El costo de transporte de materia prima en la selva corresponde a una tonelada de semilla llevada a la planta de extracción de aceite, la fuente es SNV.

#### ■ Costo de transporte de biocombustibles

■ Selva a costa: El costo de transporte que se utiliza es un valor aproximado proporcionado por la Mesa de biocombustibles de San Martin.

## RESULTADOS EN EL COSTOS DE PRODUCCIÓN BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los costos de producción estimado para los varios escenarios se resumen en las cuadros 6-10.

Cuadro 6E.1

Estimación del costo de producción de etanol hidratado a partir de caña de azúcar. (US\$/litro)<sup>1</sup>

Rubro	Escenario 1	Escenario 2
Materia prima	0,2496	0,1751
Fluidos de servicio	0,0038	0,0038
Costo laboral	0,0228	0,0228
Mantenimiento	0,0303	0,0303
Cargos operativos	0,0057	0,0057
Costos generales de planta	0,0266	0,0266
Costos generales administrativos	0,0271	0,0211
Depreciación de capital <sup>A</sup>	0,1456	0,1456
Ventas de coproductos	-0,0033	-0,0033
Ventas de energía	-0,0437	-0,0437
Costo total sin créditos por coproductos y energía	0,5147	0,4343
Costo total con créditos por coproductos y energía	0,4644	0,3873

<sup>1A</sup>Calculado usando el método de la línea recta

Cuadro 6E.2

**Estimación del costo de producción de etanol anhidro a partir de caña de azúcar. (US\$/litro)<sup>2</sup>**

Rubro	Solo comercial	Escenario 4
Materia prima	0,1531	0,2211
Fluidos de servicio	0,0239	0,0239
Costo laboral	0,0027	0,0027
Mantenimiento	0,0099	0,0099
Cargos operativos	0,0007	0,0007
Costos generales de planta	0,0063	0,0063
Costos generales administrativos	0,0157	0,0212
Depreciación de capital <sup>a</sup>	0,0542	0,0542
Ventas de coproductos	-0,0024	-0,0024
Ventas de energía	-0,0899	-0,0899
Costo total sin créditos por coproductos y energía	0,2690	0,3425
Costo total con créditos por coproductos y energía	0,1767	0,2501

<sup>2a</sup>Calculado usando el método de la línea recta

Cuadro 6E.3

**Estimación del costo de producción de etanol anhidro a partir de melazas. (US\$/litro)**

Rubro	Escenario 4	Escenario 5
Materia prima	0,3800	0,1896
Fluidos de servicio	0,0626	0,0626
Costo laboral	0,0108	0,0108
Mantenimiento	0,0197	0,0197
Cargos operativos	0,0027	0,0027
Costos generales de planta	0,0153	0,0153
Costos generales administrativos	0,0393	0,0241
Depreciación de capital a	0,1068	0,1068
Ventas de coproductos	0,0000	0,0000
Ventas de energía	0,0000	0,0000
Costo total sin créditos por coproductos y energía	0,6372	0,4316

Cuadro 6E.4

**Estimación del costo de producción de biodiesel a partir de palma de aceite. (US\$/litro)**

Rubro	Escenario 6	Escenario 7
Materia prima	0,2467	0,1664
Fluidos de servicio	0,0167	0,0167
Costo laboral	0,0027	0,0027
Mantenimiento	0,0014	0,0014
Cargos operativos	0,0007	0,0007
Costos generales de planta	0,0020	0,0020
Costos generales administrativos	0,0216	0,0152
Depreciación de capital a	0,0219	0,0219
Ventas de coproductos	0,0346	0,0346
Ventas de energía	0,0000	0,0000
Costo total sin créditos por coproductos y energía	0,138	0,2270
Costo total con créditos por coproductos y energía	0,2792	0,1924

Cuadro 6E.5

**Estimación del costo de producción de biodiesel a partir de palma de jatropha. (US\$/litro)**

Rubro	Escenario 8	Escenario 9
Materia prima	0,5603	0,6538
Fluidos de servicio	0,0008	0,0008
Costo laboral	0,0179	0,0179
Mantenimiento	0,0059	0,0059
Cargos operativos	0,0045	0,0045
Costos generales de planta	0,0119	0,0119
Costos generales administrativos	0,0481	0,0556
Depreciación de capital a	0,0844	0,0844
Ventas de coproductos	-0,0279	-0,0279
Ventas de energía	-0,0675	-0,0675
Costo total sin créditos por coproductos y energía	0,7338	0,8348
Costo total con créditos por coproductos y energía	0,6384	0,7394



## ANÁLISIS ECONÓMICO GENERAL USANDO UN MODELO GENERAL DE EQUILIBRIO<sup>13</sup>

La expansión de la producción de biocombustibles puede tener importantes implicancias más allá de la materia prima para biocombustibles y del proceso de los sectores subsiguientes. Esto se debe a que la producción de biocombustibles puede generar estrechos vínculos con el resto de la economía (p. ej., efecto multiplicador o de contacto). Por ejemplo, la producción de biocombustibles requiere insumos intermedios tales como servicios de transporte para que los mismos lleguen a los consumidores o a los mercados de exportación. En este caso la expansión de los biocombustibles genera una demanda adicional para servicios locales que pueden crear nuevos puestos de trabajo y oportunidades de ingresos para los trabajadores y los hogares rurales vinculados a la cadena de abastecimiento de biocombustibles. Más aun, estos nuevos ingresos serán eventualmente invertidos en bienes de consumo y servicios los cuales a su vez generan una demanda adicional de productos no relacionados con los biocombustibles. Finalmente, existen vínculos macroeconómicos que pueden estimular un crecimiento general de la economía. Por ejemplo, las exportaciones de biocombustibles pueden aliviar las limitaciones de divisas que a menudo acosan la capacidad de los países en desarrollo para importar los bienes necesarios para las inversiones necesarias para la expansión de otros sectores. En conjunto, estos vínculos económicos pueden generar ganancias que son mucho mayores que aquellas generadas por el sector de biocombustibles por sí solo.

Sin embargo, si bien hay ganancias económicas generales que se pueden obtener de la expansión de la producción de biocombustibles, también hay limitaciones que pueden reducir la producción y los ingresos en otros sectores económicos. Por ejemplo, la producción de biocombustibles requiere insumos como tierra y mano de obra que en algunos países pueden estar disponibles en forma limitada. Por esta razón, otorgar tierras

<sup>13</sup> Este resumen fue preparado por James Thurlow, becario investigador en la Universidad de Naciones Unidas del Instituto Mundial para la Investigación sobre el Desarrollo Económico (UNU-WIDER) y el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). Thurlow fue un miembro del equipo BESF y condujo el análisis CGE para Tanzania.

para la producción de materias primas para biocombustibles puede reducir el área de las tierras destinadas a otros cultivos. Sin duda, el incremento de la competencia sobre las tierras agrícolas ha recibido considerable atención en los debates sobre biocombustibles, especialmente por la preocupación existente sobre la producción de cultivos alimentarios y las posibles implicancias de los biocombustibles sobre la seguridad alimentaria de los países en desarrollo. Sin embargo, aun si la tierra abandonada es usada para producir biocombustibles, puede todavía causar un desplazamiento de trabajadores de sectores fuera de los biocombustibles ya que estos serán necesarios en las plantaciones o a medida que los pequeños productores reorganizan su tiempo para producir materias primas para biocombustibles. Esto significa que a medida que se expande la producción de biocombustibles puede ocurrir que los otros sectores se reduzcan y de esta manera disminuyan al menos algunas de las ganancias económicas generales citadas anteriormente. Finalmente, los productores de biocombustibles pueden requerir estímulos fiscales o apoyo a las inversiones por parte del gobierno lo cual reduce los ingresos públicos o las inversiones para otras actividades tales como educación o infraestructura (o sea, costos de oportunidad). Este “desplazamiento fiscal” puede también afectar negativamente el desarrollo de otros sectores fuera de los biocombustibles.

Los vínculos y limitaciones citados anteriormente implican que para evaluar el impacto total y las consecuencias de la producción de biocombustibles es necesario un marco analítico que va más allá de las ganancias del sector privado y de los productores de biocombustibles. Este marco debería capturar indirectamente o en forma económica general los vínculos y limitaciones en sus consideraciones sobre las implicancias micro y macroeconómicas de los biocombustibles. El método económico diseñado específicamente para capturar esos canales de impacto es conocido como modelo CGE o sea, *equilibrio general computable* (“computable general equilibrium”).

En estos momentos se publica un análisis CGE en Perú. Los detalles de este análisis estarán disponibles más adelante en un documento específico.

# METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE IMPACTO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA A NIVEL HOGAR EN PERÚ

Irini Maltsoylou, David Dawe y Luca Tasciotti

## 8.1 INTRODUCCIÓN

El análisis a nivel hogar de los impactos a nivel de seguridad alimentaria comienza con la identificación de los cultivos alimentarios más importantes en cada país. Los cultivos alimentarios más importantes comprenden aquellos que proporcionan el mayor ingreso de calorías para el país. Para identificar esos cultivos los mismos se han clasificado en base a su parte de contribución de calorías. O sea, se identifica el ingreso de calorías por cultivo a nivel de país considerado como una unidad. En base a la clasificación de la contribución de calorías (Cuadro 8.1), los cultivos que proporcionan la mayor parte de las calorías en Perú son cinco, a saber, en orden de importancia: arroz, maíz, trigo, papas y azúcar.

Cuadro 8.1

### Contribución de calorías por producto. Perú

Rango	Producto	Participación de calorías %
1	Arroz (equivalente procesado)	22,0
2	Maíz	13,2
3	Trigo	11,7
4	Papas	9,9
5	Azúcar (equivalente sin refinar)	8,5
Subtotal de participación para los cultivos seleccionados		65
<b>Total calorías per capita (kcal/capita/día)</b>		<b>2 595</b>

Fuente: FAOSTAT 2010, para el año 2006.

En base a estos datos, el análisis de seguridad alimentaria del Perú se enfocará en cinco cultivos principales: arroz, maíz, trigo, papas y caña de azúcar.

Es interesante notar que el ejercicio de clasificación y la selección pueden ser replicados a nivel regional, por lo que el análisis podría enfocar una región de interés, dependiendo de la disponibilidad de datos.



El trabajo comienza observando la posición comercial neta del país para los productos seleccionados de modo de evaluar a cuales cambios de precios es más vulnerable el país en su totalidad. Países que son importadores netos sufrirán un efecto negativo por un incremento en el precio de dicho producto seleccionado. Por el contrario, países que son exportadores neto de dicho producto, se beneficiará de un incremento del precio de ese producto. La posición comercial neta se calcula en base a los datos de comercio obtenidos de fuentes estadísticas del país o de otras fuentes tales como la FAO o la oficina de agricultura de los Estados Unidos (USDA). Mas detalles sobre esto se puede encontrar en la publicación del Marco Analítico de BEFS (a ser publicada en el 2010). Esta seccion se enfoca en la metodología aplicada para analizar los efectos de bienestar a nivel de hogares.

## 8.2 ANTECEDENTES METODOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS NETOS SOBRE EL BIENESTAR FAMILIAR

Se presenta un resumen de los procedimientos usados para calcular los impactos netos sobre el bienestar familiar. Para mas detalles técnicos referirse a Dawe y Maltsoğlu (2009).

La metodología fue inicialmente establecida por Deaton (1989) y seguida posteriormente por varias aplicaciones empíricas por otros autores, incluyendo Budd (1993), Barrett y Dorosh (1996), Minot y Goletti (1998, 2000) y recientemente Ivanic y Martin (2008). La metodología aplicada en este trabajo es la descrita por Minoy y Goletti (2000) y adaptada en Dawe y Maltsoğlu (2009).

El impacto del cambio del precio sobre el bienestar familiar puede ser descompuesto en el impacto sobre el hogar como consumidor de los bienes y el impacto sobre el hogar como productor de los bienes. El impacto neto sobre el bienestar será la diferencia entre ambos. Por lo tanto, si las elasticidades de la demanda y el abastecimiento se ponen igual a cero, o sea ignorando las respuestas de los consumidores y los productores a los cambios de precios, a corto plazo, el impacto sobre el bienestar familiar se calcula como

$$(1) \quad \frac{\Delta w^1}{x_0} = \%P_{p,i} \cdot PR_i - \%P_{c,i} \cdot CR_i$$

donde  $\frac{\Delta w^1}{x_0}$  es el primer orden de aproximación del impacto neto sobre el bienestar de las familias de consumidores y productores derivadas de un cambio en el producto  $i$  relativo a un ingreso total inicial  $x_0$  (en el análisis de ingresos está representado por gastos).

$P_{p,i}$  es el precio al productor del producto  $i$ .

$\%P_{p,i}$  es el cambio en los precios al productor para el producto  $i$ .

$PR_i$  es la relación del productor para el producto  $i$  y es definido por la relación entre el valor de producción de  $i$  con el ingreso total (o total de gastos).

$P_{c,i}$  el precio al consumidor para el producto  $i$

$\%P_{c,i}$  es el cambio en el precio al consumidor para el producto  $i$ .

$CR_i$  es la relación del consumidor para el producto  $i$  y es definido como la relación entre el gasto total en el producto  $i$  y el ingreso total (o gasto total).

Las asunciones hechas sobre los cambios de los productores y los consumidores han demostrado ser fundamentales para el análisis de la evaluación del impacto sobre el bienestar. En el análisis presentado se asume que los márgenes de comercialización son constantes en términos absolutos. Esta asunción significa que los cambios a los precios del productor serán mayores, en porcentaje, que los cambios en los precios al consumidor y que el porcentaje del cambio de precio al productor es igual al porcentaje del cambio de precio al consumidor balanceado por la relación de precio del consumidor al productor como se aprecia en (2):

$$(2) \quad \%P_p = \left( \frac{P_c}{P_p} \right) \cdot \%P_c$$

La relación del precio del consumidor y el productor puede ser calculada usando datos de los precios de los productos, datos agregados de las encuestas, datos macroeconómicos o una combinación de los mismos. En el análisis presentado en este trabajo se usaron datos agregados de las encuestas y datos macroeconómicos para calcular la relación de precios. Se puede demostrar que en el caso de un producto autosuficiente la relación del precio del consumidor con el precio al productor es igual a los gastos totales del consumidor (CE) dividido entre el valor bruto de la producción (3).

$$(3) \quad P_c/P_p = CE/PV$$

Si el país no es autosuficiente en la producción del producto considerado es necesario hacer un ajuste para agregar la parte del consumo del producto importado (o la parte de la producción que es exportada). En este caso los cálculos son los que se muestran en la ecuación (4):

$$(4) \quad P_c/P_p = CE'/PV$$

donde  $CE' = CE \cdot (PROD/CONS)$ ,  $PROD$  es la producción doméstica y  $CONS$  es el consumo doméstico.

En el análisis se incluyeron dos consideraciones adicionales. En primer lugar se toma en consideración que los precios de los productos importantes para los sectores de menores

recursos son por lo general más altos en las zonas urbanas. Para dos familias con el mismo nivel de ingresos, una en la zona urbana y otra en la zona rural, la familia urbana será efectivamente más pobre. Para considerar estas diferencias de poder adquisitivo, los gastos rurales fueron aumentados según la relación de la línea de pobreza urbana y rural.

En segundo lugar, en base a la lista de productos seleccionados, los cultivos producidos en la finca pueden ser muy diferentes comparados con el producto realmente consumido por los hogares. Claros ejemplos de este problema son el trigo y el maíz. El trigo es producido en la finca pero los consumidores comen pan, bizcochos o compran harina de trigo. El caso del maíz es algo más complejo ya que el maíz producido en la finca puede ser usado para el consumo humano (maíz blanco) o usado para raciones (maíz amarillo). Todos los productos conllevan algún grado de procesamiento que varía según el producto. En base a discusiones con expertos en la FAO, se establecieron algunas reglas simples para definir los factores de procesamiento, los cuales han sido usados en este trabajo. En este caso, también se encuentra una discusión más detallada sobre el procesamiento en Dawer y Maltosoglou (2009).

Es necesario considerar que la literatura y la metodología aplicada para calcular los impactos sobre el bienestar están basadas en un incremento de precios de 10 por ciento para el productor. Este cambio de precio de 10 por ciento usado en la primera parte del análisis puede ser una referencia cruzada con los recientes cambios de precios en Perú, con el precio discutido en la sección siguiente y también con los cambios de precios que emergen de otras partes del análisis de BEFS. El 10 por ciento usado es indicativo de los cambios de precio que sirve como indicador y puede ser fácilmente intercambiado con otros valores de cambios de precios. Por ejemplo, si el cambio de precio es de 50 por ciento, el efecto a nivel hogar calculado para el 10 por ciento puede ser recalculado para el 50 por ciento simplemente multiplicándolo por 5. Cabe mencionar que el análisis realizado tiene como objetivo evaluar los efectos a corto plazo y no puede ser aplicado a un análisis de largo plazo ya que esto rehuiré un tipo de metodología diversa.

## REFERENCIAS

**Barrett, C.B. y P.A. Dorosh.** Farmer's Welfare and changing food prices: nonparametric evidence from Madagascar. *American Journal of Agricultural Economics*. 78 (August 1996): 656-69.

**Budd, J.W.** Changing Food prices and rural welfare: A nonparametric examination of the Cote d'Ivoire. *Economic Development and Cultural Change* 41 (April 1993): 587-603

**Dawe, D. y Maltoglou I.** 2009. Analyzing the impact of food price increases: Assumptions about marketing margins can be crucial, ESA Working Paper No. 09-02, FAO, Roma.

**Deaton, A.** Rice prices and income distribution in Thailand: A non-parametric analysis. *Economic Journal* 99 (Supplement 1989): 1-37.

**Deaton, A.,** 1997, *The Analysis of Household Surveys: A Microeconometric Approach to Development Policy*, Banco Mundial, Washington DC.

**Ivanic M, Martin W.** 2006. Potential implications of agricultural special products for poverty in low-income countries.

**Minot N. y Goletti F.** 1998. Export Liberalization and Household Welfare: The case of rice in Viet Nam. *Am. J. Ag. Econ.* 80 (November): 738-749.

**Minot N. y Goletti F.** 2000. Rice market liberalization and poverty in Viet Nam. *International Food Policy Research Institute Research Report* 114. IFPRI, Washington DC.

## FAO SERIES DE PUBLICACIONES DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

1. **Africover: Specifications for geometry and cartography, summary report of the workshop on Africover, 2000 (E)**
2. **Terrestrial Carbon Observation: the Ottawa assessment of requirements, status and next steps, 2002 (E)**
3. **Terrestrial Carbon Observation: the Rio de Janeiro recommendations for terrestrial and atmospheric measurements, 2002 (E)**
4. **Organic agriculture: Environment and food security, 2002 (E, S)**
5. **Terrestrial Carbon Observation: the Frascati report on in situ carbon data and information, 2002 (E)**
6. **The Clean Development Mechanism: Implications for energy and sustainable agriculture and rural development projects, 2003 (E)\*: Out of print/not available**
7. **The application of a spatial regression model to the analysis and mapping of poverty, 2003 (E)**
8. **Land Cover Classification System (LCCS) + CD-ROM, version 2, Geo-spatial Data and Information, 2005 (E)**
9. **Coastal GTOS. Strategic design and phase 1 implementation plan, 2005 (E)**
10. **Frost Protection: fundamentals, practice and economics- Volume I and II + CD, Assessment and Monitoring, 2005 (E), 2009 (S)**
11. **Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability, 2006 (E)**
12. **Rapid Agriculture Disaster Assessment Routine (RADAR), 2008 (E)**
13. **Disaster risk management systems analysis: a guide book, 2008 (E, S)**
14. **Community based adaptation in action: a case study from Bangladesh, 2008 (E)**
15. **Coping with a changing climate: considerations for adaptation and mitigation in agriculture, 2009 (E)**

Disponibilidad: August 2010

<b>Ar</b> Arabic	<b>F</b> French	<b>Multil</b> Multilingual
<b>C</b> Chinese	<b>P</b> Portuguese	* Out of print
<b>E</b> English	<b>S</b> Spanish	** In preparation



---

## FAO DOCUMENTOS DE TRABAJO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Groups: 1. Environment, 2. Climate Change, 3. Bioenergy, 4. Monitoring and Assessment

1. Inventory and monitoring of shrimp farms in Sri Lanka by ERS SAR data, 1999 (E)
2. Solar photovoltaic for sustainable agriculture and rural development, 2000 (E)
3. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles, 2000 (S)
4. The energy and agriculture nexus, 2000 (E)
5. World wide agroclimatic database, FAOCLIM CD-ROM v. 2.01, 2001 (E)
6. Preparation of a land cover database of Bulgaria through remote sensing and GIS, 2001 (E)
7. GIS and spatial analysis for poverty and food insecurity, 2002 (E)
8. Environmental monitoring and natural resources management for food security and sustainable development, CD-ROM, 2002 (E)
9. Local climate estimator, LocClim 1.0 CD-ROM, 2002 (E)
10. Toward a GIS-based analysis of mountain environments and populations, 2003 (E)
11. TERRASTAT: Global land resources GIS models and databases for poverty and food insecurity mapping, CD-ROM, 2003 (E)
12. FAO & climate change, CD-ROM, 2003 (E)
13. Groundwater search by remote sensing, a methodological approach, 2003 (E)
14. Geo-information for agriculture development. A selection of applications, 2003 (E)
15. Guidelines for establishing audits of agricultural-environmental hotspots, 2003 (E)
16. Integrated natural resources management to enhance food security. The case for community-based approaches in Ethiopia, 2003 (E)
17. Towards sustainable agriculture and rural development in the Ethiopian highlands. Proceedings of the technical workshop on improving the natural resources base of rural well-being, 2004 (E)
18. The scope of organic agriculture, sustainable forest management and ecoforestry in protected area management, 2004 (E)
19. An inventory and comparison of globally consistent geospatial databases and libraries, 2005 (E)
20. New LocClim, Local Climate Estimator CD-ROM, 2005 (E)
21. AgroMet Shell: a toolbox for agrometeorological crop monitoring and forecasting CD-ROM (E)\*\*
22. Agriculture atlas of the Union of Myanmar (agriculture year 2001-2002), 2005 (E)
23. Better understanding livelihood strategies and poverty through the mapping of livelihood assets: a pilot study in Kenya, 2005 (E)
24. Mapping global urban and rural population distributions, 2005 (E)
25. A geospatial framework for the analysis of poverty and environment links, 2006 (E)
26. Food Insecurity, Poverty and Environment Global GIS Database (FGGD) and Digital Atlas for the Year 2000, 2006 (E)
27. Wood-energy supply/demand scenarios in the context of the poverty mapping, 2006 (E)
28. Policies, Institutions and Markets Shaping Biofuel Expansion: the case of ethanol and biodiesel in Brazil, in preparation (E)
29. Geoinformation in Socio-Economic Development Determination of Fundamental Datasets for Africa, 2009 (E, F)
30. Assessment of energy and greenhouse gas inventories of sweet sorghum for first and second generation bioethanol, 2009 (E)

31. **Small scale Bioenergy Initiatives: brief description and preliminary lessons on livelihood impacts from case studies in Asia, Latin America and Africa, 2009 (E)**
32. **Review of Evidence on Dryland Pastoral Systems and Climate Change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation, 2009 (E)**
33. **Algae Based Biofuels: A Review of Challenges and Opportunities for Developing Countries, 2009 (E)**
34. **Carbon finance possibilities for agriculture, forestry and other land use projects in a smallholder context, 2010 (E, F, S)**
35. **Bioenergy and Food Security: the BEFS analysis for Tanzania, 2010 (E)**
36. **Technical Compendium: description of agricultural trade policies in Peru, Tanzania and Thailand, 2010 (E)**
37. **Household level impacts of increasing food prices in Cambodia, 2010 (E)**
38. **Agricultural based livelihood systems in drylands in the context of climate change: inventory of adaptation practices and technologies of Ethiopia. in preparation (E)**
39. **Bioenergy and Food Security: The BEFS Analysis for Peru, Technical Compendium Volume 1: Results and Conclusions; Volume 2: Methodologies, 2010 (S)**
40. **Bioenergy and Food Security: The BEFS Analysis for Peru, Supporting the policy machinery in Peru, 2010 (E, S)**
41. **Analysis of climate change and variability risks in the smallholder sector: case studies of the Laikipia and Narok districts representing major agro ecological zones in Kenya, in preparation (E)**
42. **Bioenergy and Food Security: the BEFS analysis for Thailand, 2010 (E)**

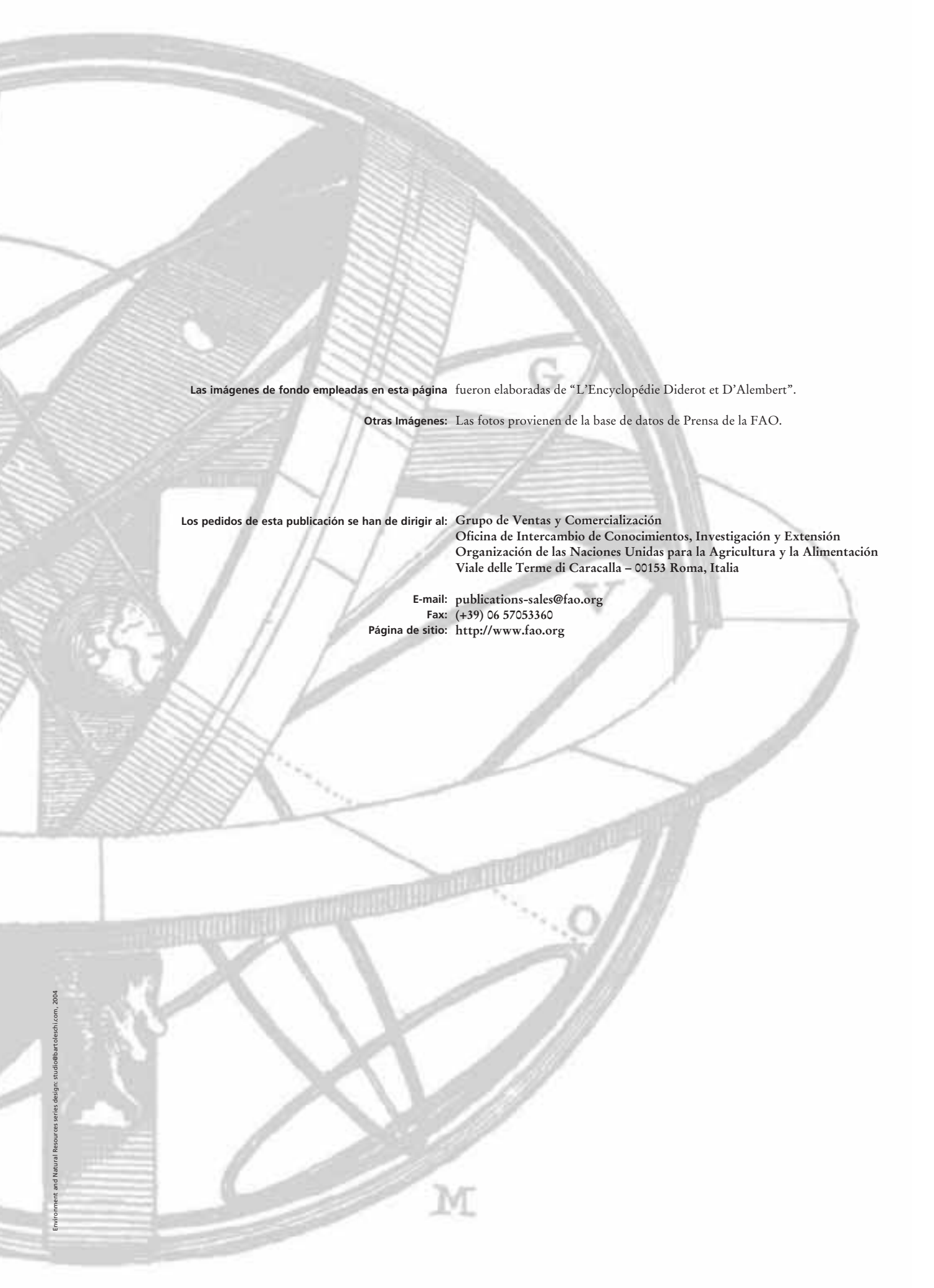
Disponibilidad: August 2010

<b>Ar</b> Arabic	<b>F</b> French	<b>Multil</b> Multilingual
<b>C</b> Chinese	<b>P</b> Portuguese	* Out of print
<b>E</b> English	<b>S</b> Spanish	** In preparation



The FAO Technical Papers  
are available through the authorized  
FAO Sales Agents or directly from:

Sales and Marketing Group - FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome - Italy



Las imágenes de fondo empleadas en esta página fueron elaboradas de “L’Encyclopédie Diderot et D’Alembert”.

Otras imágenes: Las fotos provienen de la base de datos de Prensa de la FAO.

Los pedidos de esta publicación se han de dirigir al: Grupo de Ventas y Comercialización  
Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
Viale delle Terme di Caracalla – 00153 Roma, Italia

E-mail: [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org)

Fax: (+39) 06 57053360

Página de sitio: <http://www.fao.org>



Bioenergía, y especialmente los biocombustibles, han sido promovidos como un medio para fortalecer la independencia energética, promover el desarrollo rural y reducir los efectos de las emisiones de gases de invernadero. En principio, el desarrollo de la bioenergía ofrece muchos beneficios pero estos deben ser balanceados con los impactos sobre la seguridad alimentaria y el ambiente. Por un lado ha habido urgencia por parte de muchos gobiernos para desarrollar alternativas a los combustibles fósiles, pero esto a menudo ha sido hecho con una cierta falta de comprensión del costo total y los beneficios de la bioenergía. En este contexto, la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), con la contribución del Ministerio Federal de Alimentación y Protección al Consumidor de la República Federal de Alemania, ha ejecutado el proyecto Bioenergía y Seguridad Alimentaria (BEFS) a fin de evaluar como el desarrollo de la bioenergía puede ser implementado sin

poner en peligro la seguridad alimentaria. El proyecto desarrolló un marco de análisis que comprende una evaluación global del desarrollo de la bioenergía y la seguridad alimentaria. Este marco analítico ha sido implementado en Perú, Tailandia y Tanzania.

El análisis presentado en este documento describe la implementación del Marco Analítico BEFS en Perú. El análisis proporciona una puerta de entrada a los temas que conciernen bioenergía y seguridad alimentaria. Los resultados que surgen del análisis no deberían ser considerados como definitivos sino que proporcionan indicaciones sólidas para identificar prioridades políticas. Como parte de las actividades del proyecto se capacitó personal nacional en el uso de las herramientas de BEFS de modo que el análisis pueda ser repetido y extendido para reflejar las políticas prevalentes y también para apoyar ajustes a esas políticas a medida que evoluciona el sector de la bioenergía.



**Publicaciones de la División de Clima, Energía y Tierras (NRC)**

Documentos de trabajo: [www.fao.org/climatechange/61879](http://www.fao.org/climatechange/61879)

Contacto en NRC: [NRC-Director@fao.org](mailto:NRC-Director@fao.org)

Agencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

[www.fao.org](http://www.fao.org)