

**REPÚBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES
VICEMINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
DIRECCIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BIOMASA FORESTAL CON
FINES ENERGÉTICOS EN EL PARAGUAY**

**SAN LORENZO – PARAGUAY
AGOSTO 2019**

RECONOCIMIENTO

Este documento no hubiera sido posible sin el apoyo técnico y financiero del Proyecto Apoyo a la Implementación de la Cooperación Técnica PR-T1257 sobre el Desarrollo de Marcos Institucionales, de Política y Regulatorios para Eficiencia Energética, del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por lo cual el Viceministerio de Minas y Energía desea expresar agradecimiento.

Asimismo, nuestro reconocimiento a los representantes de instituciones públicas, así como de instituciones privadas, ONG y representantes de la sociedad civil que colaboraron con información relevante y validación del análisis realizado.

Finalmente agradecemos el apoyo invaluable de los profesionales del VMME, quienes estuvieron auxiliando permanentemente el proceso y facilitando las acciones administrativas para la adecuada recopilación de información.

Esta publicación se sustenta en la labor realizada por el Consultor Cesar Berni y la colaboración de Víctor Giménez y Alfonso Pereira, entre otros profesionales. Las revisiones fueron realizadas por Gustavo Cazal, Director de Energías Alternativas del VMME; Fabio Lucantonio, Consultor del BID; y, Roberto Aiello, Especialista Regional en Energía del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

PRESENTACIÓN

El Viceministerio de Minas y Energía (VMME) es la institución responsable por la formulación de los principios básicos y definición de las directrices de la política energética nacional. A través de sus direcciones técnicas promueve la realización de estudios y análisis para el planeamiento del sector energético, tales como energía eléctrica, petróleo y gas natural, fuentes energéticas renovables y eficiencia energética, entre otras.

Paraguay es uno de los mayores generadores de energía limpia del mundo gracias a las represas Itaipú y Yacyretá, que comparte con Brasil y Argentina; así como la central de Acaray, de propiedad de la empresa eléctrica estatal; sin embargo, la biomasa sigue teniendo una participación significativa dentro del consumo energético nacional, mayormente para atender las necesidades térmicas y de vapor, que son satisfechas principalmente con leña, carbón vegetal y desechos de cosecha (bagazo de caña de azúcar, cascarillas de cereales, etc.). Según FAO, en su publicación *“Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”* (2018), el uso de la leña desplaza al fuel oil, GLP o electricidad como combustible para caleras en las industrias. Todo esto implica que la biomasa ha sido, y continúa siendo, la principal fuente primaria de energía en los sectores residencial e industrial.

Es indudable que el uso de biomasa ha generado y sigue generando una fuerte presión sobre los bosques nativos. Las plantaciones existentes, a la fecha, no dan cuenta de la demanda, por lo que el uso de biomasa continúa siendo insostenible, poniendo en riesgo el capital natural boscoso todavía existente en el país.

Si bien numerosos estudios se han ocupado de destacar esta situación, no es menos cierto que la información existente es poco precisa o casi inexistente, lo cual dificulta cuantificar el impacto real en la economía de nuestro país. Sin lugar a duda, la mayor parte del uso de la leña y el carbón vegetal, como energético, en el Paraguay, se identifica con un sector poco formal de la economía, generando en determinadas situaciones, imprecisiones en las estrategias y medidas que deben ser impulsadas en favor de un uso más adecuado y sostenible.

El presente estudio resulta de un proceso de compilación y análisis de datos referentes al año 2018, mayormente. Las informaciones aquí presentadas consolidan los datos e informaciones obtenidas a partir de fuentes primarias del sector, así como de estadísticas publicadas por las diferentes instituciones, públicas y privadas, relacionadas con el sector biomasa (leña y carbón vegetal) proveniente de bosques nativos y plantaciones, contemplando su uso tanto a nivel doméstico como industrial y su exportación.

Con este trabajo se busca proveer información básica sobre la situación actual del consumo de biomasa forestal en el sector energético, que permita elaborar un análisis detallado sobre los principales actores y su participación en el mercado de leña y carbón vegetal y, en función a esta situación, promover acciones conjuntas, desde los ámbitos público y privado, que permitan orientar soluciones concretas y realizables, de conformidad con la Política Energética Nacional, para instaurar un mercado nacional de producción y consumo sostenible de bioenergía.

TABLA DE CONTENIDO

I - INTRODUCCIÓN	12
1.1 - DESCRIPCIÓN GENERAL	12
1.2 - ALCANCE Y ESTRUCTURA	12
1.3 - FUENTE DE DATOS Y LIMITACIONES.....	12
II – CONSUMO DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS	14
2.1 – CONSUMO DE LEÑA EN HOGARES	14
2.2 – ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL.....	15
2.3 – SECADO DE GRANOS.....	18
2.4 – CURADO DEL TABACO	24
2.5 – PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE MANDIOCA	25
2.6 – INDUSTRIALIZACIÓN DE LA SOJA	26
2.7 – INDUSTRIALIZACIÓN DE LA MADERA	27
2.8 – INDUSTRIALIZACIÓN DE LA YERBA MATE.....	28
2.9 – CHIPERÍAS.....	29
2.10 – FRIGORÍFICOS.....	30
2.11 – INDUSTRIAS LÁCTEAS	30
2.12 – INDUSTRIAS FERRO Y FERROSILICIO	31
2.13 – INDUSTRIAS CALERAS.....	32
2.14 – INDUSTRIAS OLERÍAS Y CERÁMICAS	33
2.15 – INDUSTRIA CERVECERA	36
2.16 – PRODUCCIÓN DE ETANOL	36
2.17 – CURTIEMBRES	37
2.18 – INDUSTRIA AVÍCOLA	38
2.19 – JUGOS Y BEBIDAS	39
2.20 – INDUSTRIAS RECICLADORAS DE PAPEL	39
2.21 – INDUSTRIA TEXTIL	40
2.22 – PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	40
2.23 – CONSUMO TOTAL.....	42
III – OFERTA DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS	44
3.1 – POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS	45
3.2 – POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES	46
3.3 – OFERTA POTENCIAL DE BIOMASA FORESTAL SOSTENIBLE EN EL PARAGUAY	47
IV – BALANCE: POTENCIAL DE OFERTA VERSUS CONSUMO	48
V – CONSIDERACIONES FINALES	49
VI – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01 – CONSUMO DE LEÑA EN HOGARES	15
TABLA 02 – CONSUMO DE LEÑA EN LA ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL PARA EXPORTACIÓN ...	16
TABLA 03 – CONSUMO INTERNO DE CARBÓN VEGETAL	18
TABLA 04 – VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE GRANOS (2017-2018)	19
TABLA 05 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE SOJA DE EXPORTACIÓN	20
TABLA 06 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE SOJA DE INDUSTRIALIZACIÓN	21
TABLA 07 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE MAÍZ	21
TABLA 08 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE GIRASOL	22
TABLA 09 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE TRIGO	23
TABLA 10 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE CANOLA	23
TABLA 11 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL SECADO DE ARROZ	24
TABLA 12 – CONSUMO DE BIOMASA PARA EL CURADO DE TABACO	25
TABLA 13 – CONSUMO DE BIOMASA PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE MANDIOCA	26
TABLA 14 – CONSUMO DE BIOMASA PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE SOJA	27
TABLA 15 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA MADERERA	27
TABLA 16 – CONSUMO DE BIOMASA EN EL SECADO DE LA YERBA MATE	28
TABLA 17 – CONSUMO DE BIOMASA EN CHIPERÍAS	30
TABLA 18 – CONSUMO DE BIOMASA EN INDUSTRIAS FRIGORÍFICAS	30
TABLA 19 – CONSUMO DE BIOMASA EN LAS INDUSTRIAS LÁCTEAS	31
TABLA 20 – CONSUMO DE BIOMASA EN INDUSTRIAS DE FERRO Y FERROSILICIO	32
TABLA 21 – CONSUMO DE BIOMASA EN CALERAS	32
TABLA 22 – CONSUMO DE BIOMASA EN OLERÍAS Y CERÁMICAS	34
TABLA 23 – CONSUMO DE BIOMASA EN INDUSTRIA CERVECERA	36
TABLA 24 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL	37
TABLA 25 – CONSUMO DE BIOMASA EN CURTIEMBRES	38
TABLA 26 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA	38
TABLA 27 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA DE JUGOS Y BEBIDAS	39
TABLA 28 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA RECICLADORA DE PAPEL	40
TABLA 29 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA INDUSTRIA TEXTIL	40
TABLA 30 – CONSUMO DE BIOMASA EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	41
TABLA 31 – CONSUMO TOTAL DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS EN EL PARAGUAY	42
TABLA 32 – POTENCIAL DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL BOSQUE NATIVO REMANENTE	45
TABLA 33 – POTENCIAL DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN PLANTACIONES FORESTALES	46
TABLA 34 – OFERTA POTENCIAL DE BIOMASA SOSTENIBLE EN PARAGUAY	47
TABLA 35 – BALANCE DE BIOMASA FORESTAL ENERGÉTICA EN PARAGUAY	48

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 01 – HOGARES QUE UTILIZAN LEÑA PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS A NIVEL NACIONAL..</i>	<i>14</i>
<i>FIGURA 02 – VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL EN EL PARAGUAY.</i>	<i>17</i>
<i>FIGURA 03 – CONSUMO DE BIOMASA FORESTAL POR SECTORES (2018).....</i>	<i>44</i>
<i>FIGURA 04 – REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL BALANCE DE BIOMASA FORESTAL.....</i>	<i>48</i>

ÍNDICE DE FOTOS

<i>FOTO 01 – ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL A PARTIR DE DESECHOS DE ASERRADEROS.....</i>	<i>17</i>
<i>FOTO 02 – VENTA DE CARBÓN VEGETAL EN LA ZONA DE CAAGUAZÚ.....</i>	<i>18</i>
<i>FOTO 03 – PATIO DE ACOPIO DE LEÑA DE EUCALYPTUS SPP. EN INDUSTRIA DE ITAPÚA</i>	<i>20</i>
<i>FOTO 04 – TABACO VIRGINIA EN PLANTACIÓN Y PROCESO DE CURADO</i>	<i>25</i>
<i>FOTO 05 – ELABORACIÓN DE LA YERBA MATE EN LA CCU – ITAPÚA.....</i>	<i>28</i>
<i>FOTO 06 – HORNO DE CHAPERÍA UBICADA EN EL DISTRITO DE EUSEBIO AYALA</i>	<i>29</i>
<i>FOTO 07 – FOTOS QUE ILUSTRAN LA PRODUCCIÓN DE CAL VIVA EN SAN LÁZARO.....</i>	<i>33</i>
<i>FOTO 08 – ASTILLAS DE EUCALYPTUS SPP. PARA INDUSTRIAS DE CERÁMICA – ZONA CAAGUAZÚ....</i>	<i>34</i>
<i>FOTO 09 – FOTOS QUE ILUSTRAN OLERÍAS Y CERAMISTAS EN TOBATI</i>	<i>35</i>
<i>FOTO 10 – HORNOS DE TÚNEL Y MÓVIL UTILIZADOS POR INDUSTRIA DE CERÁMICA EN BELLA VISTA</i>	<i>35</i>
<i>FOTO 11 – INSTALACIONES DE OLERÍAS Y CERAMISTAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL DE ENCARNACIÓN</i>	<i>35</i>
<i>FOTO 12 – BAGAZO DE CAÑA UTILIZADO COMO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE TROCHE.....</i>	<i>37</i>
<i>FOTO 13 – INSTALACIONES RUDIMENTARIAS PARA LA DESTILACIÓN DE PETITGRAIN</i>	<i>42</i>
<i>FOTO 14 – PLANTACIONES DE EUCALYPTUS SPP. (1,5 AÑOS EDAD) - ZONA CAAGUAZÚ.....</i>	<i>47</i>

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ALPACASA	Alemán Paraguayo Canadiense (ALPACASA)
BCP	Banco Central del Paraguay
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAPECO	Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas
CITE	Centro de Innovación en Tecnologías Energéticas
CCU	Cooperativa de Colonias Unidas
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CODIPSA	Compañía de Desarrollo y de Industrialización de Productos Primarios S.A
DCAR	Dirección de Combustibles Alternativos y Renovables
EPH	Encuesta Permanente de Hogares
EtOH	Etanol
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FVC	Fondo Verde para el Clima
FPTI	Fundación Parque Tecnológico Itaipu
GISE	Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos
hl	hectolitro
INFONA	Instituto Forestal Nacional
INF	Inventario Nacional Forestal
INPASA	Industria Paraguaya de Alcoholes S.A.
INTN	Instituto Nacional de Tecnología y Normalización
IMA	Incremento Medio Anual
kcal	Kilocalorías
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MIC	Ministerio de Industria y Comercio
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
ONU	Organización de la Naciones Unidas
PRODERS	Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible
p.s.f.	Punto Saturación de Fibra
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
REDIEX	Red de Inversiones y Exportaciones

SENACSA	Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal
SINASIP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
VMME	Viceministerio de Minas y Energía
WWF	World Wide Fund

PERSONAS E INDUSTRIAS CONSULTADAS

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
José Luis Martínez Fleitas	FIMESA - Caaguazú
Juan Carlos Altieri	Federación Paraguaya de Madereros
Damiana Mann	Instituto Forestal Nacional
Gustavo Collar Benavente	Dirección de Combustibles Alternativos y Renovables - MIC
Nikolaus Osiw	Director de Inteligencia de Negocios - REDIEX
Néstor Dressler	Oleaginosa Raatz S.A.
Rubén Zoz	Central Nacional de Cooperativas UNICOOP Limitada
Raquel Cáceres	UNICOOP / Programa Bolsa Verde
José M. Arguello S.	Asociación de Oleros Parque Industrial - Encarnación
Carlos Chávez	Asociación de Oleros Ita Paso - Encarnación
Romano Diel	Empresa Forestal e Industrial S. A.
Rafael Carlstein	Silvapar S.A.
Desiderio Martínez	Asociación de MIPYMES Olería – Tobati
Máximo Pitta	Asociación de MIPYMES Cerámica – Tobati
Pedro Peralta A.	Asociación de MIPYMES Olería – Tobati
Rigoberto Ortega	Asociación de MIPYMES Olería – Tobati
Luis Ayala	Unión de Ceramistas Industriales de Tobati
Cristhian Ayala	Cooperativa Tobati
Carlos Bordón	Jefe Departamento Cueros, Calzados y Afines de INTN
Julián Ortiz	Asociación de Caleros y Afines de San Lázaro
Gustavo Ruvira	Consultor
Mariano Páez	Gerente General de Planta - Manufactura de Pilar S. A.
José Mas	Gerente de Planta - CYSA
Daniel Ojeda	Jefe de Distrito - INFONA
Teodosio Suchaodolak	Industria Paraguaya de Alcoholes S.A.
Rodolfo Giménez	PepsiCo Paraguay
María Liz Urdapilleta	Alcoholera Paraguaya S.A.
Friedbert Duck	Gerente Sede Corporativa Mariano – Cooperativa Neuland
Delia Bergen	Gerente de Comercio Exterior y Marketing – Frigorífico Neuland
Fermín Ferreira	Gerente Administrativo – Cartón Box S.A.
Mark Bartel	Gerente Administrativo – FrigoChorti

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Nilsa Riveros	Cooperativa Colonias Unidas - CCU
Francisco Ibarra Notario	Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias - MAG
Miguel Cuenca	Gerente de Mantenimiento y Servicios en General – Lácteos La Pradera
Horacio Matthias	Jefe Unidad CCU – Sucursal María Auxiliadora
Alfredo Allebrandt	Encargado de Secadero CCU – Sucursal María Auxiliadora
Digno Muller	Cerámica Muller – Bella Vista
Jorge Silva	Dpto. Técnico – Ingeniería – Agro Industrial Guarapí S.A.
Hugo Camacho	Asesor de FECOPROD
Brigido López	Presidente Cooperativa Multiactiva T43
Adriano Sanabria	Consejo de Administración Cooperativa Multiactiva T43
Miguel Rivarola	Coordinador Zonal PRODERS/MAG
Fredy Miranda	Extensionista PRODERS/MAG
Leticia Acosta	Extensionista PRODERS/MAG
José Ferloni	Gerente de Producción Zona Sur – Cia. Agrotabacalera del Paraguay S.A.
José Pérez	Gerente de Producción Zona Norte – Cia. Agrotabacalera del Paraguay S.A.
Víctor Van Cauwlaert	Gerente General - Cia. Agrotabacalera del Paraguay S.A.
Severiano Leiva	Productor Petitgrain – San Francisco, 6000 Bertoni
Basilio Miranda	Productor Petitgrain – San Francisco, 4000 Bertoni
Heidi Ediger	Jefa de Planta - CODIPSA
Francisco Froilán Acosta	Productor Petitgrain – Cañada Santa María
Jorge Jakubow	Encargado de Producción - ALPACASA
Alberto Flor	Encargado de Ventas - ALPACASA
Roberto de Souza Andre	Gerente de Compras - INPASA
Mario Aníbal Romero Lévera	Director Nacional REDIEX
Ernie Friesen	Gerente – Granjeros Campo 9 S.A.
Daniel Heinrichs B.	Gerente General – NEUALCO S.A.
Gilberto Rubert	Director Presidente - Biox
Rubén Sanabria	Coordinador ADIRI
José González Z.	EKOS Forestal

I - INTRODUCCIÓN

1.1 - Descripción General

El presente estudio comprende una reseña del consumo de biomasa forestal registrado en el sector industrial, doméstico y exportación del país, con especial énfasis en la utilización de leña y carbón vegetal proveniente tanto de los bosques nativos como de plantaciones forestales con fines energéticos.

Para el cálculo de los volúmenes de biomasa utilizados, en cada uno de los sectores evaluados, se utilizaron datos sobre la producción agropecuaria e industrial de los años 2017 y 2018, preferentemente. El consumo doméstico de leña se evaluó sobre la base de datos reportados por la Encuesta Permanente de Hogares 2018, calculado sobre el consumo per-cápita de leña para diferentes regiones del país, elaborado por la FAO.

El estudio contiene además datos sobre el potencial de producción sostenible estimado en función a la existencia de bosques, tanto nativos como de plantaciones, reportados por el Inventario Forestal Nacional y el registro de plantaciones publicado por el Instituto Forestal Nacional (INFONA), respectivamente.

Asimismo, el estudio se sustenta en información primaria y secundaria. Sin embargo, cuando la información disponible no ha sido considerada razonablemente confiable, ésta ha sido posteriormente corroborada, a través de consultas, con los principales referentes del sector industrial y forestal.

1.2 - Alcance y Estructura

El estudio incluye a los principales sectores industriales del país, de mayor impacto en el uso de biomasa forestal, tales como la agroindustria, en el secado y procesamiento de granos y otros productos como tabaco, almidón, yerba mate, etc.; la industria pecuaria, en el procesamiento de la leche, carne y cueros; la industria maderera; la producción de etanol; caleras; olerías; la producción de carbón vegetal para consumo interno y exportación; y, el consumo de leña con fines domésticos, entre otros.

El estudio contempla dos capítulos principales. En el primer capítulo, se presenta toda la información referente a los consumos por cada uno de los diferentes sectores indicados precedentemente, incluyendo una discusión sobre las principales limitaciones encontradas en el análisis de la información. El segundo capítulo contiene una síntesis del potencial de producción sostenible de biomasa en el país, a partir de los bosques nativos y plantaciones existentes actualmente, lo que ha permitido realizar un análisis comparativo y determinar el balance existente entre los conceptos de oferta y demanda de madera con fines energéticos.

1.3 - Fuente de Datos y Limitaciones

Las estadísticas del estudio se derivaron de informaciones oficiales y privadas publicadas en informes o reportes. A pesar de los esfuerzos realizados por el VMME para garantizar la coherencia y exactitud los datos, cabe mencionar que existen discrepancias considerables entre las fuentes de datos disponibles en muchos de los sectores, tanto en cuanto a las cifras de producción como de consumo de biomasa en sus procesos de elaboración. Las estadísticas finales, recopiladas para su presentación en este estudio, son el resultado del análisis y la síntesis de todos los datos obtenidos por el VMME de las fuentes accesibles y a través de consultas con varios de los actores principales.

A menos que se indique otra unidad, todos los volúmenes de consumo de biomasa se expresan en toneladas, convertidos a metros cúbicos de madera sólida, tomando como base, en el caso de maderas provenientes del bosque nativo, un valor de densidad promedio de más de 50 especies¹²; y en caso de maderas de plantaciones, el promedio de densidad del *Eucalyptus grandis*, *E. urograndis*, *E. citriodora* y *E. camaldulensis*, todas relacionadas a un porcentaje de humedad por debajo del p.s.f.

Los factores de conversión, así como los índices de rendimiento utilizados en los diferentes cálculos realizados, de acuerdo con cada sector industrial, están debidamente sustentados y referenciados en estudios investigativos realizados anteriormente sobre la materia, o han sido consultados o corroborados en las industrias respectivas.

¹ Características, Propiedades y Usos de Maderas del Paraguay. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización, Departamento de Maderas. Asunción.

² Si se compara el valor promedio de densidad de la madera utilizado en la Tercera Comunicación Nacional ante la CMNUCC, con el utilizado en este estudio, éstos difieren, ya que el MADES, en la preparación de las CN, utiliza densidad básica, que es la relación entre el peso mínimo del material seco en estufa y su volumen verde; mientras que, en el presente estudio, se utiliza densidad aparente, seca al aire.

La densidad básica es más utilizada en la industria de pulpa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación; mientras que, por densidad aparente seca al aire, que se aplica más en energía, se entiende la relación entre el peso de una madera estacionada, y el volumen correspondiente a esas condiciones de humedad, pudiendo ser transformado el peso en valor energético (Kcal). Comunicación personal con I. Tomaselli, STCP Engenharia de Projetos Ltda. (2019).

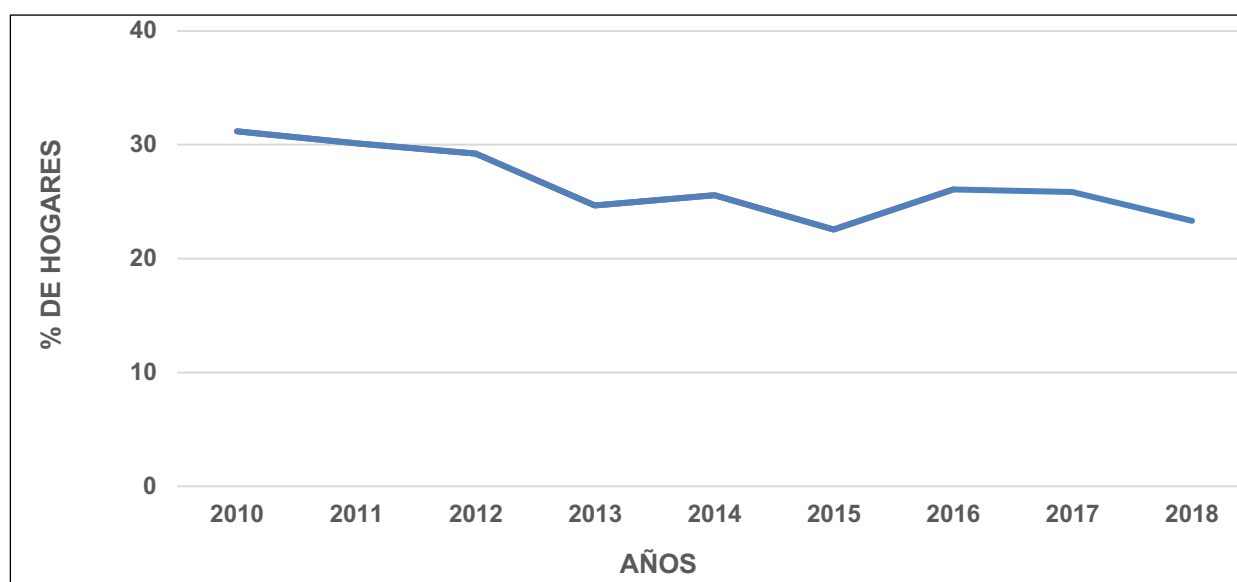
II – CONSUMO DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS

2.1 – Consumo de Leña en Hogares

Según las informaciones disponibles el consumo de leña en hogares, para la cocción de alimentos principalmente, representa la fuente más importante desde el punto de vista de la demanda. Por ejemplo, la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del 2018, reporta que, a nivel país, el 23,3% de los hogares continúan utilizando leña para cocinar sus alimentos. De este total, aproximadamente un 6,1% de los hogares ubicados en zonas urbanas y el 52,0% en zonas rurales, continúan utilizando leña. Adicionalmente, el consumo de carbón vegetal en hogares, a nivel nacional, representa el 6,6%. De esta manera, casi el 30% de los hogares en el país dependen de la leña o el carbón vegetal para la cocción de alimentos.

En la Figura 01 se puede observar la variación del uso de leña en hogares a nivel nacional, en el periodo 2010-2018. Puede notarse que la reducción en el uso de la leña, en el periodo considerado, es de aproximadamente 8 puntos porcentuales. Esto podría deberse a la escases de leña cerca de los centros poblados, lo que implica un mayor tiempo destinado a la recolección, acondicionamiento y cocinado de alimentos.

Figura 01 – Hogares que Utilizan Leña para la Cocción de Alimentos a Nivel Nacional



Fuente: Anuario Estadístico del Paraguay (2010-2017) y EPH (2018).

Considerando que cada hogar se compone, en promedio, de 3,9 miembros, aproximadamente 1,632 millones de habitantes, en total del país (2018), continúan utilizando leña para la cocción de sus alimentos. De este total, el 3,8% de la población pertenece a las zonas urbanas y el 19,5% a las rurales.

Un reciente estudio tipo descriptivo y de corte transversal³, realizado en 250 hogares seleccionados aleatoriamente, reporta que, del análisis de los datos obtenidos de la muestra, más del 74% de los hogares usan carbón vegetal, ya sea como combustible principal o secundario, el gas licuado del petróleo (GLP) es más usado en las comunidades semiurbana y urbana, y la leña es más usada en la comunidad rural. El uso de leña y carbón se hace predominantemente al aire libre en cocinas sin chimenea.

³ Afecciones respiratorias por el uso de leña y carbón en comunidades de Paraguay – Troncoso, K. *et al* (2018).

Numerosos estudios y citas, de publicaciones realizadas, dan cuenta de un rango muy amplio en el consumo per cápita de leña en el Paraguay. El BID (2008), recoge varios valores de diferentes estudios, los cuales varían entre 0,6-8,0 ton de leña per cápita-año, para diferentes sitios de la Región Oriental del país. FAO, en una reciente publicación titulada “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay”, reporta un consumo de leña en hogares rurales que varía entre 10-15 ton por familia-año. Asimismo, la FAO⁴, reporta resultados de una investigación que adoptó la división del país en cuatro zonas desde el punto de vista socioeconómico. En este contexto, los datos de consumo per cápita reportados por la FAO, aparecen como los más adecuados para el cálculo del consumo de leña en hogares, por considerar los aspectos demográficos de dichas zonas.

Al aplicar estos parámetros sobre los datos de hogares que consumen leña, tanto a nivel urbano como rural, reportados por la Encuesta Permanente de Hogares (2018), se obtienen los siguientes resultados, que se muestran en la Tabla 01.

Tabla 01 – Consumo de Leña en Hogares

PARAMETROS	POBLACIÓN URBANA	POBLACIÓN RURAL	TOTAL
Total Hogares⁵	68.448	349.966	418.414
Miembros por Hogar⁶		3,9	
Consumo ton/hab-año⁷	1,8	2,7	
Consumo Total de Leña (ton-año)	484.078	3,712.541	4.196.619
Densidad de la Leña⁸		0,769	
Consumo Total de Leña (m³-año)	629.490	4.827.752	5.457.242

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo total de leña en hogares de **5.457.242 m³-año** se refiere, en su totalidad, a madera proveniente del bosque nativo.

2.2 – Elaboración de Carbón Vegetal

2.2.1 – Exportación de Carbón Vegetal

El carbón vegetal, se convirtió en los últimos años, en un negocio importante para las empresas paraguayas que se dedican a esta actividad. Este producto, incluyendo briquetas de carbón, se exporta a países del Mercosur, Europa, Asia, Medio Oriente y América del Norte. Según cifras reportadas por el Banco Central del Paraguay (BCP), a través de su Boletín Estadístico, las exportaciones de este producto se redujeron de unas 215,8 mil toneladas anuales en el 2010, a 106 mil toneladas en el año 2018, tal como se muestra en la Tabla 02.

⁴ www.fao.org/docrep/x5332s/x5332s09.htm.

⁵ Encuesta Permanente de Hogares (2018).

⁶ Encuesta Permanente de Hogares (2018).

⁷ www.fao.org/docrep/x5332s/x5332s09.htm.

⁸ Densidad promedio de la leña del bosque nativo - humedad menor al p.s.f.

Cabe acotar, que el carbón de exportación se elabora a partir del bosque nativo, principalmente del Chaco, condición ésta que le otorga al carbón exportado reconocimiento, por su calidad, al poseer buena densidad, resistencia y poder calorífico. En la Región Oriental, se elabora inclusive a partir de desechos de industrias madereras y también de la leña proveniente de desmontes de bosques nativos y, en menor escala, de raleos de plantaciones, normalmente para consumo interno.

Si bien la elaboración de carbón vegetal en el país está, en gran medida, caracterizado por la informalidad en toda su cadena de producción, no es menos cierto que sigue siendo importante fuente de trabajo para la población rural, sobre todo entre los períodos zafrales.

Tabla 02 – Consumo de Leña en la Elaboración de Carbón Vegetal para Exportación

PERIODO (Años)	PARAMETROS		
	Carbón Vegetal (ton-año)	Total Leña (Ton-año) ^(*)	Total Leña (m ³ -año) ^(**)
2010	215.836	1.079.180	1.403.355
2011	199.844	999.220	1.299.376
2012	157.744	788.720	1.025.644
2013	137.535	687.675	894.246
2014	129.416	647.080	841.456
2015	96.959	484.795	630.423
2016	87.104	435.520	566.346
2017	103.667	518.335	674.038
2018	106.397	531.985	691.788

(*) Rendimiento leña – carbón vegetal: 20%.

(**) Densidad promedio de la leña 0,769 – humedad menor a p.s.f.

Fuente: Elaboración Propia.

La exportación de **106.397** ton de carbón vegetal (2018), representa en términos de leña, el equivalente a **691.788 m³-año**.

2.2.2 – Consumo Interno de Carbón Vegetal

No existen datos precisos del consumo de carbón vegetal a nivel país. Según estimaciones de la FAO, la producción a nivel país sería de 454.000 toneladas-año. Como se ha indicado, el mercado de carbón es altamente informal, lo que dificulta la obtención de cifras más precisas sobre el consumo interno. No existen preferencias de especies para la elaboración de carbón, aunque en términos generales se puede afirmar que la industria del carbón se abastece mayormente a partir de especies del bosque nativo, que producen un carbón de mayor densidad, pero muy heterogéneo en cuanto a calidad.

Foto 01 – Elaboración de Carbón Vegetal a partir de Desechos de Aserraderos

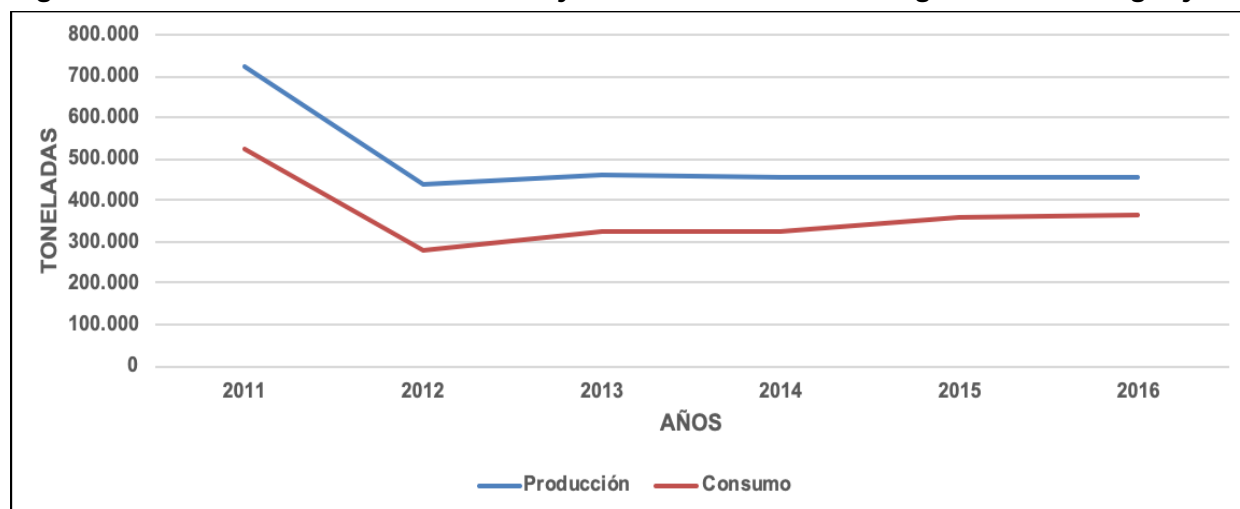


Fuente: EFE, citado en SIPSE.com

La Encuesta Permanente de Hogares del 2018, reporta, a nivel país, que el consumo de carbón vegetal para la cocción de alimentos en la población urbana oscila en torno a los 8,0%, es decir unos 89.768 hogares; mientras que, en la población rural, este consumo se sitúa en 4,3%, equivalentes a unos 28.939 hogares; representando, ambos sectores, una población total de 466.400 habitantes⁹. Sin embargo, este consumo en hogares no representa el universo del consumo interno de carbón vegetal en el país, pues existen numerosos otros sectores, como pequeñas industrias y fábricas, restaurantes y puestos de comidas, que utilizan en sus actividades cotidianas significativos volúmenes de carbón, muy difíciles de cuantificar.

Las cifras reportadas por la FAO, en el Anuario de Productos Forestales (2016), indican que no ha existido mucha variación tanto en la producción como en el consumo de carbón entre los años 2012-2016, tal como se muestra en la Figura 02.

Figura 02 – Variación de la Producción y Consumo de Carbón Vegetal en el Paraguay



Fuente: FAO – Anuario de Productos Forestales (2015 y 2016).

⁹ Considerando un hogar compuesto por 3,9 miembros.

Importante es aclarar que el consumo interno, en este caso, es igual a la producción total, menos las exportaciones y el consumo de las industrias de ferro y ferrosilicio¹⁰. Expuesta esta salvedad, en la Tabla 03, se presentan los cálculos del consumo interno del carbón vegetal en el país.

Tabla 03 – Consumo Interno de Carbón Vegetal

PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL (ton) ^(*)	CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL (ton-año) ^(**)	CONSUMO DE LEÑA (ton-año) ^(***)
454.000	255.639	1.278.195
CONSUMO TOTAL DE BIOMASA (m³-año)^(****)		1.662.152

(*) <http://www.fao.org/3/I9987M/i9987m.pdf> - Anuario Productos Forestales 2016.

(**) Producción menos exportación y consumo en industrias de ferroaleaciones.

(***) Rendimiento leña – carbón vegetal: 20%.

(****) Densidad leña bosque nativo: 769 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo interno de carbón vegetal representa, en términos de leña, el equivalente a **1.662.152 m³-año**.

Foto 02 – Venta de Carbón Vegetal en la Zona de Caaguazú



Fuente: VMME

2.3 – Secado de Granos

A pesar del excedente de hidroelectricidad que dispone el país -de las centrales hidroeléctricas de Itaipú y Yacyretá-, una parte importante de la población y de las industrias siguen utilizando biomasa (leña, carbón vegetal), para el secado de granos y otros diversos procesos industriales, fundamentalmente por ser un energético más barato que la electricidad y los derivados de petróleo. A continuación, se describen y

¹⁰ Consumo de industrias de ferro y ferrosilicio reportadas en capítulo separado.

contabilizan los consumos de biomasa (leña) para secado de los diferentes tipos de granos producidos en el Paraguay.

Para los fines del presente estudio se han analizado estadísticas de la producción nacional de granos publicados por la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO)¹¹, y otras fuentes¹², que se presentan en la Tabla 04.

Tabla 04 – Volúmenes de Producción de Granos (2017-2018)

RUBROS AGRÍCOLAS	PRODUCCIÓN (Ton)		
	2016	2017	2018
Soja	9.216.937	10.336.144	10.262.575
Maíz	4.541.517	4.125.000	4.200.000
Girasol	74.000	48.000	-
Trigo	1.284.202	700.000	1.358.000
Canola	50.000	30.000	60.000
Arroz	900.000	950.000	-

Fuente: CAPACO / Infonegocios.com.py (2018).

2.3.1 – Secado de Granos de Soja

El cultivo de soja es el más importante en cuanto a superficie de plantación, logística, valor de la producción y, sobre todo, en términos económicos. Paraguay se encuentra entre los principales países productores y exportadores de soja. Juntamente con Brasil, Argentina, Uruguay y Bolivia, Paraguay conforma la mayor región productora de soja en el mundo con un importante peso en el mercado mundial.

Conforme a los datos reportados por CAPECO, en 2017-2018, el país exportó alrededor del 61% de la producción nacional de soja, mientras que el restante de la producción nacional fue destinada a la elaboración de aceite comestible, principalmente; harinas y pellets de soja, como subproductos; y semillas.

Estudios realizados sobre el consumo de leña en secaderos de soja¹³, indican que la leña es la principal fuente de energía para este proceso, sin previsión de sustituirlo por otra fuente, por lo menos, en el corto y hasta el mediano plazo. En determinadas regiones del país, la utilización de leña de especies de plantaciones (*Eucalyptus spp.* y sus clones) cobra mayor importancia sobre las especies nativas; no obstante, a nivel país, la utilización de especies del bosque nativo continúa siendo significativa. Algunos referentes en este negocio arriesgan a indicar que la relación podría situarse en 50% nativas - 50% plantaciones. Sin embargo, varias industrias ubicadas en el Departamento de Alto Paraná e Itapúa han reportado un consumo que oscila entre 80-100% de biomasa de plantaciones.

El consumo de leña o rendimiento en el secado de granos está estrechamente relacionado con la tecnología -en equipo- utilizada en el secado, características físicas y

¹¹ CAPECO.org.py.

¹² www.adndigital.com.py / www.infonegocios.com.py.

¹³ Cabrera, M. L. (2011).

energéticas de la leña y el contenido de humedad de entrada y humedad de salida del grano. Adicionalmente, con un eventual aumento de la industrialización de la soja en el país, habrá un aumento importante del consumo de biomasa por la necesidad de reducir el contenido de humedad de los granos a porcentajes más bajos, de acuerdo con los requerimientos de la industria. Para los fines del presente cálculo, se considerará una humedad promedio de entrada del grano de soja de 16,5% y una humedad de salida de 14% (Δ humedad), aceptable para los estándares de exportación. No obstante, se ha considerado que no toda la soja de exportación necesita de secado, pues dependiendo de las condiciones climáticas, en el momento de la cosecha, los granos pueden alcanzar una humedad menor a los 14%; en este caso, la práctica es mezclar con soja de mayor humedad para llegar a un promedio acorde con las exigencias de comercialización. En líneas generales, en el secado, el factor-consumo de leña que se utiliza es el equivalente a 0,013 (exportación) y 0,015 (industrialización) ton de leña por cada porcentaje de humedad reducido.

Tomando en consideración el volumen de exportación de soja para el año 2017-2018 y que, de este total, solo el 50% es secado, en la Tabla 05 se muestran los resultados del consumo de leña para este sector.

Tabla 05 – Consumo de Biomasa para el Secado de Soja de Exportación

PRODUCCIÓN (ton-año)	EXPORTACIÓN = 61% (reducido a 50% - ton)	Δ HUMEDAD (%)	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
10.262.275	3.118.595	2,5	0,013	101.354
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)				158.040

(*) Considerando 50% leña bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña plantaciones: densidad 550 kg/m³.
Fuente: Elaboración Propia.

Foto 03 – Patio de Acopio de Leña de Eucalyptus spp. en industria de Itapúa



Fuente: VMME.

En cuanto a la industrialización de la soja, cabe indicar que de acuerdo con los registros de CAPECO, aproximadamente un 39% de la producción nacional se destina a la industrialización, incluyendo la producción de semillas. Los parámetros utilizados en el cálculo del consumo de leña para el secado de soja de exportación son también aplicables al secado de la soja industrializable, con excepción del Δ humedad que varía en función de la humedad de salida que, en este caso, se reduce a 8,5%. En la Tabla 06 se muestran los resultados del cálculo del consumo de leña para el secado de soja de industrialización.

Tabla 06 – Consumo de Biomasa para el Secado de Soja de Industrialización

PRODUCCIÓN (ton)	INDUSTRIAL = 39% (ton)	Δ HUMEDAD (%)	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
10.262.275	4.025.085	8,0	0,015	483.010
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)				753.151

(*) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³. Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de soja, asciende a **911.191 m³-año**; de los cuales, se estima que **379.951 m³-año** provienen del bosque nativo y, **531.240 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.3.2 – Secado de Granos de Maíz

La producción comercial del maíz ha venido creciendo sostenidamente desde la zafra 2010-2011 hasta el 2016, según se desprende de las cifras publicadas por CAPECO. Se estima que un tercio de la producción nacional se consume internamente y el resto se exporta a varios mercados, principalmente Chile y Brasil, entre otros. El maíz tiene mayor valor agregado para la cría de animales, como alimento y en la producción de etanol.

En el proceso de secado del maíz, la humedad de cosecha es, en promedio, alrededor de 20% (humedad de entrada) y, la humedad de salida o comercialización, en promedio 12,5%, con lo cual se genera un Δ humedad de 7,5 puntos porcentuales. Tomando en consideración la producción nacional 2018 (Véase Tabla 04), y los parámetros previamente definidos, el cálculo del consumo de leña para el secado de maíz se presenta en la Tabla 07.

Tabla 07 – Consumo de Biomasa para el Secado de Maíz

PRODUCCIÓN (ton-año)	Δ HUMEDAD	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
4.200.000	7,5%	0,025	787.500
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)			1.227.938

(*) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³. Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de maíz, asciende a **1.227.938 m³-año**; de los cuales, se estima que, **512.029 m³-año** provienen del bosque nativo y, **715.909 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.3.3 – Secado de Granos de Girasol

Contrario a lo ocurrido con el maíz, la producción comercial de girasol ha decrecido de 257.726 ton. (zafra 2010-2011) a 48.000 ton. (zafra 2016-2017), según las cifras publicadas por CAPECO.

Si bien el girasol puede perder humedad fácilmente, lo que permite cosechar con humedades cercanas a la de recibo, en general, la humedad promedio de entrada a los secaderos es de 17% y la humedad de salida o de industrialización 10%. El girasol húmedo puede incrementar la acidez del aceite que se produce, con importantes pérdidas de calidad. El consumo de leña para el secado de girasol se presenta en la Tabla 08.

Tabla 08 – Consumo de Biomasa para el Secado de Girasol

PRODUCCIÓN (ton-año)	Δ HUMEDAD	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
48.000	7%	0,015	5.040
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)			7.859

(*) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³
Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de girasol, asciende a **7.859 m³-año**; de los cuales, se estima que, **3.277 m³-año** provienen del bosque nativo y, **4.582 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.3.4 – Secado de Granos de Trigo

Según norma paraguaya, la tolerancia máxima del contenido de humedad en la masa del grano de trigo es de 13,5%. En este mismo contexto, los principales mercados internacionales definen que el porcentaje de humedad debe oscilar entre 13,5% a 14% para su aceptación¹⁴. La Cámara Paraguaya de Molineros (CAPAMOL), ha establecido una escala de descuentos para niveles altos de humedad.

El porcentaje de humedad del grano de trigo, en el momento de la cosecha puede fluctuar alrededor de 17%, lo que en relación con el contenido de humedad de comercialización (13,5%) genera un Δ humedad de 3,5%, a reducir durante el proceso de secado. Atendiendo a estos parámetros, el cálculo del consumo de biomasa forestal se presenta en la Tabla 09.

¹⁴ Instituto de Biotecnología Agrícola, en: <http://www.inbio.org.py/noticias/ver/413>.

Tabla 09 – Consumo de Biomasa para el Secado de Trigo

PRODUCCIÓN (ton-año)	Δ HUMEDAD	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
1.358.000	3,5%	0,007	33.271
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)			51.879

(*) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.
Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de trigo, asciende a **51.879 m³-año**; de los cuales, se estima que, **21.633 m³-año** provienen del bosque nativo y, **30.246 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.3.5 – Secado de Granos de Canola

Según referentes de la producción y comercialización de canola, ésta es una especie que se destaca como una excelente alternativa económica para uso en el sistema de rotación de cultivos, principalmente con el trigo, y también con la soja y el maíz. Se utiliza principalmente para la obtención de aceite comestible y pellet de canola y se comercializa en el exterior como semilla, aceite y pellet de canola.

La producción comercial de la canola creció sostenidamente desde la zafra 2000-2001 hasta la zafra 2010-2011, para después decrecer y mantenerse variable, entorno a una producción comercial de 50-60.000 ton anuales, según se desprende de las cifras publicadas por CAPECO.

La canola es una oleaginosa que debido al tamaño de su semilla ofrece desafíos diferentes en la cosecha y su manejo posterior en la pos-cosecha, desde el transporte hasta el secado¹⁵. La temperatura y humedad de la semilla tienen gran influencia en procesos que ocurren durante el almacenamiento y que pueden resultar en granos deteriorados; por lo tanto, se recomienda almacenarlos a humedades más bajas para prevenir el desarrollo de hongos y asegurar una adecuada conservación.

La humedad del grano de canola considerada como apropiada para cosechar es a partir 15%, mientras que, para su almacenamiento o comercialización, se recomienda 10%, lo cual genera, en promedio, un Δ humedad de 5% a reducir durante el proceso de secado. Los cálculos del consumo de leña para el secado de canola, considerando los parámetros mencionados previamente, se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10 – Consumo de Biomasa para el Secado de Canola

PRODUCCIÓN (ton-año)	Δ HUMEDAD	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
60.000	5%	0,015	4.500
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(*)			7.017

(*) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.
Fuente: Elaboración Propia.

¹⁵ Bartosik, R.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de canola, asciende a **7.017 m³-año**; de los cuales, se estima que **2.926 m³-año** provienen del bosque nativo y, **4.091 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.3.6 – Secado de Granos de Arroz

Según el estudio realizado por Alonso, G. (2015), en las industrias arroceras el mayor consumo de energía se produce en el proceso de secado de los granos, representando alrededor de un 80% del total, el 20% restante representa la demanda de energía eléctrica utilizada en la generación de fuerza motriz. Según el mismo estudio, en las industrias encuestadas, el 35% de la producción utiliza todavía leña para los requerimientos de energía térmica, mientras que el 65% restante ya cuenta con hornos de cascarilla de arroz con diferentes tipos de tecnología.

La humedad del arroz considerada como apropiada para cosechar es de 22%, mientras que, para su almacenamiento o comercialización, comprende un rango de 11-13%, teniendo como promedio 12%, lo cual genera, en términos generales, un Δ humedad de 10% a reducir durante el proceso de secado. Los cálculos del consumo de biomasa forestal para el secado de arroz, considerando los parámetros mencionados previamente, se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11 – Consumo de Biomasa para el Secado de Arroz

PRODUCCIÓN (ton-año) ^(*)	SECADO CON LEÑA = 35% (ton)	Δ HUMEDAD	FACTOR DE CONSUMO LEÑA x % HUMEDAD	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
950.000	297.500	10%	0,015	49.875
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(**)				77.769

(*) Producción nacional de arroz – Según Guillermo Zub, Presidente de la Cámara Paraguaya de Industriales de Arroz (CAPARROZ), en Infonegocios.com.py (2018).

(**) Considerando 50% leña del bosque nativo: densidad: 769 kg/m³ y 50% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³. Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de la producción comercial de arroz, asciende a **77.769 m³-año**; de los cuales, se estima que **32.428 m³-año** provienen del bosque nativo y, **45.341 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.4 – Curado del Tabaco

Este proceso lleva el nombre de curado y no secado, pues pese a que en las hojas se verifica un proceso importante de pérdida de agua (secado hasta 12%-13% CH), predomina un proceso netamente biológico, bioquímico, químico y sobre todo fisiológico para el desarrollo de los cuales es imprescindible que las células se mantengan vivas durante un período de tiempo que oscile entre tres y cinco días¹⁶. El curado transforma la composición química de las hojas, el color empieza a cambiar hacia el marrón, naranja o dorado, dependiendo del tipo de tabaco y forma de curarlos (Véase Foto 04).

¹⁶ Ciber Garden – Cultivando Tabaco, en: <http://www.canyamon.info/curado.html>.

En el Paraguay, dependiendo de la variedad, el curado se realiza mediante secado al aire o mediante calor generado en estufas de combustión a leña, principalmente con madera de *Eucalyptus spp*, en el caso del tabaco Virginia.

Foto 04 – Tabaco Virginia en Plantación y Proceso de Curado



Fuente: Gentileza de Compañía Agrotabacalera del Paraguay S.A.

Sobre las cifras de producción de tabaco reportadas por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, del MAG, año agrícola 2017-2018, e informaciones recabadas en campo, se estima que aproximadamente el 37% de la producción nacional corresponde a la variedad Virginia. En la Tabla 12, se calcula el consumo de leña necesario para el curado de la producción de este rubro agrícola.

Tabla 12 – Consumo de Biomasa para el Curado de Tabaco

PRODUCCIÓN NACIONAL (ton-año)	TABACO VIRGINIA (ton-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (m ³ leña * ton tabaco) ^(**)	CONSUMO LEÑA (ton-año)
6.825	2.500	6,54	16.350
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(***)			16.350

(*) Total de producción de tabaco Virginia seco a 13%-13%.

(**) Promedio de secaderos en la zona de San Pedro.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el curado de la producción de tabaco, asciende a **16.350 m³-año**, de los cuales, se estima que **3.270 m³-año** provienen del bosque nativo y, **13.080 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp*.

2.5 – Producción de Almidón de Mandioca

Según las informaciones de producción de mandioca publicadas por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias del MAG (2018), la zafra 2017-2018 reporta una producción total de 3.293.999 ton, 4% superior a la producción de la zafra 2016-2017.

De este volumen de cosecha, en el 2018, unas 300.000 ton fueron destinadas a las industrias procesadoras para la elaboración de almidón¹⁷.

En el país existen unas nueve (9) plantas procesadoras de mandioca, de las cuales cuatro (4) pertenecen a CODIPSA que, a su vez, es responsable de aproximadamente el 50% de la producción de almidón a nivel nacional. En la producción de almidón es posible lograr un rendimiento que oscila entre 21 y 27%. El material que sobra se aprovecha como abono natural y para la alimentación del ganado vacuno. En el año 2017, Paraguay exportó un total de 23.450 ton de almidón de mandioca; mientras que, en el 2018, las exportaciones se redujeron a 21,3 mil ton¹⁸.

Considerando el volumen de mandioca destinado a la elaboración de almidón, en la Tabla 13, se presenta el cálculo del consumo de biomasa forestal necesario para atender el volumen de producción.

Tabla 13 – Consumo de Biomasa para la Producción de Almidón de Mandioca

PRODUCCIÓN MANDIOCA (ton-año) ^(*)	MANDIOCA DESTINADA A LA INDUSTRIA (ton-año) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * ton mandioca) ^(***)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
3.293.999	300.000	0.1	30.000
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(****)			39.012

(*) Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias del MAG (2018).

(**) Hans Theodor Regier, Director Ejecutivo de CODIPSA en <https://www.lanacion.com.py> (2018).

(***) Promedio de consumo de principales productores visitados.

(****) Densidad leña bosque nativo: 769 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para la producción de almidón de mandioca, asciende a **39.012 m³-año**.

2.6 – Industrialización de la Soja

Según CAPECO, la industrialización de soja alcanzó, en la zafra 2107-2018, el 35,8% de la producción nacional primaria, o 58,9% del volumen total exportado. El Banco Central del Paraguay (BCP), a través de su Informe de Comercio Exterior, reporta que las exportaciones de aceite de soja, para el año 2018, alcanzaron un volumen de 691.322 ton. Con relación a las cifras del 2017, se registra una disminución de aproximadamente 5%.

En la industrialización de la soja el uso de biomasa forestal se da mayormente en forma de astillas, de especies provenientes de plantaciones (*Eucalyptus spp.*). El consumo de madera oscila entre 0,065 a 0,068 ton de astillas por ton de grano de soja industrializada¹⁹.

Considerando el volumen de soja destinado a la industrialización, en la Tabla 14, se presenta el cálculo del consumo de biomasa forestal necesario para atender este volumen de producción.

¹⁷ Hans Theodor Regier, Director Ejecutivo de CODIPSA en "lanacion.com.py".

¹⁸ Serie detallada de Comercio Exterior BCP.

¹⁹ Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013)

Tabla 14 – Consumo de Biomasa para la Industrialización de Soja

PRODUCCIÓN SOJA (ton-año)	SOJA INDUSTRIALIZADA (ton-año)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * ton soja) ^(*)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
10.262.275	3.675.385	0.0665	244.413
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(**)			444.387

(*) Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013).

(**) Densidad leña plantaciones: 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para la industrialización y producción de aceite de soja, asciende a **444.387 m³-año**.

2.7 – Industrialización de la Madera

Dado que no se dispone de datos sobre la producción de madera en rollo industrial en el país, el cálculo del consumo de biomasa utilizado en la industria maderera se sustenta en el Informe de Comercio Exterior del BCP, para el año 2018.

El carácter incompleto de las informaciones sobre la producción nacional de madera industrial no invalida las estimaciones de consumo de biomasa en el sector; más bien, podrían catalogarse como subestimadas, debido a que la base de cálculo no representa el 100% de la producción de madera en el país, apenas el de exportación. A esto debe agregarse que no toda la madera procesada es secada en estufas, pues una parte importante de la producción nacional, 60% aproximadamente, se seca al aire libre, sin la utilización de estufas.

A diferencia de la mayor parte de las otras industrias, las forestales tienen la ventaja de poder utilizar sus residuos para cubrir sus necesidades energéticas. El uso de calderas de biomasa es muy común en la industria maderera sobre todo para el secado de maderas, previo a su transformación en productos de alto valor agregado y, en las industrias de laminados, para el acondicionamiento de los rollos, secado de las chapas y prensado. Los combustibles de madera utilizados en la industria maderera normalmente comprenden aserrín y corteza, así como residuos de las mismas actividades de aserrío y procesamiento.

Sobre la base de la información disponible, en la Tabla 15, se muestra el consumo de biomasa en la industria maderera.

Tabla 15 – Consumo de Biomasa en la Industria Maderera

VOLUMEN DE MADERA EXPORTADA (m ³) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (m ³ leña * m ³ madera seca) ^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año)
195.821	0,20	39.164
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		39.164

(*) Corresponde a madera y productos madereros exportados - BCP (2018).

(**) Factor calculado en función a datos suministrados por I. Tomaselli – STCP Engenharia de Projetos Ltda.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el procesamiento de madera en productos de alto valor agregado, asciende a **39.164 m³-año**.

2.8 – Industrialización de la Yerba Mate

El proceso de secado de la yerba mate se reduce básicamente a dos etapas bien definidas: el sapecado y secado, en ambos casos, mediante la utilización de leña proveniente del bosque nativo, casi exclusivamente. En la zona de Itapúa norte la utilización de leña proveniente de plantaciones es más intensiva.

El consumo de leña en la industria yerbatera presenta características diferentes de acuerdo con la actividad propia y con las dimensiones de estas. Según informaciones difundidas por la Cooperativa de Colonias Unidas (CCU), la misma trabaja con más de una veintena de secaderos, que utilizan distintos mecanismos, el más común es el secadero tipo barbacuá (industria artesanal); no obstante, en la actualidad, la Cooperativa y otras organizaciones productoras han introducido nuevos y modernos sistemas de secado, para un proceso de industrialización de la yerba mate de mejor calidad, tal como se muestra en la Foto 05. En determinados lugares del país, el proceso de secado, de la yerba mate, continúa realizándose en forma casera y rudimentaria.

Foto 05 – Elaboración de la Yerba Mate en la CCU – Itapúa



Fuente: Gentileza de la Cooperativa Colonias Unidas (2019).

Tomando en consideración las informaciones recabadas en cuanto factores de consumo de leña para la elaboración de la yerba mate y, las informaciones de producción reportadas por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias del MAG (2018), a continuación, en la Tabla 16, se presenta el cálculo del consumo de biomasa (leña) para reducir el contenido de humedad de las hojas y ramas hasta un 5%.

Tabla 16 – Consumo de Biomasa en el Secado de la Yerba Mate

PRODUCCIÓN YERBA MATE (ton-año)^(*)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * ton yerba procesada)^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
116.192	1,33	154.923
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(***)		201.460

(*) Corresponde a la producción nacional de yerba mate (2017-2018).

(**) Calculado en función al promedio del consumo de yerbateras visitadas.

(***) Considerando 85% leña del bosque nativo: densidad 769 kg/m³ y 15% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), para el secado de Yerba Mate, asciende a **201.460 m³-año**, de los cuales, se estima que **170.459 m³-año** provienen del bosque nativo y, **31.001 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.9 – Chiperías

La elaboración de chipa está, desde tiempo atrás, muy extendida en todo el territorio nacional. Indudablemente algunas localidades tienen mayor notoriedad por su tradición en la fabricación de chipa, chipa so'o, entre otros productos. Tales son los casos de Barrero Grande (Eusebio Ayala) y Coronel Bogado que cuentan con chiperías a nivel de empresas y artesanales.

Según la Municipalidad de Eusebio Ayala²⁰ en la ciudad existen alrededor de 100 fábricas de chipa, con diversos niveles de inversión (micro, pequeña y medianas empresas). Activan unas 13 fábricas, que son las que trabajan en mayor dimensión, casi todas ubicadas sobre la Ruta N° 2 “Mariscal Estigarribia”. Por otro lado, cerca de 90 sumarían las fábricas artesanales que funcionan en las viviendas que tienen en actividad entre 5 a 10 vendedores.

Foto 06 – Horno de Chapería Ubicada en el Distrito de Eusebio Ayala



Fuente: VMME (2019).

No existe información sobre el número de chiperías que estarían produciendo a nivel país, esto considerando inclusive las artesanales y familiares. Por este motivo, a los efectos del cálculo de biomasa consumida en este rubro, se considerará el registro de 40 chiperías y 4 empresas, de éstas últimas dos se ubican en Eusebio Ayala, una en Coronel Bogado y San Estanislao, respectivamente²¹. En el calentamiento de los hornos, las chaperías utilizan, normalmente, leña proveniente del bosque nativo; en algunos casos, usan leña de chirca²², para acelerar el calentamiento de los hornos.

²⁰ <https://www.ip.gov.py/ip/la-chipa-genera-la-mayor-cantidad-de-fuentes-de-trabajo-en-cordillera/>.

²¹ Según se desprende del sitio www.buscoinfo.com.py.

²² Arbusto, utilizado para elaborar escobas empleadas para limpiar las cenizas de hornos a leña

En la Tabla 17, se presentan los resultados del consumo en este rubro de la producción.

Tabla 17 – Consumo de Biomasa en Chiperías

NÚMERO DE CHIPERÍAS Y EMPRESAS	CONSUMO PROMEDIO DE LEÑA (chipería-año ton) ^(*)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
44	648	25.920
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(**)		33.706

(*) Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013).

(**) Densidad leña bosque nativo: 769 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo estimado de biomasa (leña), en Chiperías, asciende a **33.706 m³-año**.

2.10 – Frigoríficos

Los frigoríficos son industrias que utilizan volúmenes importantes de biomasa para el funcionamiento de sus calderas, principalmente de leña proveniente de plantaciones de *Eucalyptus spp.*, así como de especies nativas. Según la Dirección de Mataderos y Frigoríficas del SENACSA (2018), existen en el país 15 mataderos frigoríficos habilitados para exportación, siendo éstos los más representativos en cuanto a operación y producción se refiere.

Para el cálculo del consumo de biomasa en frigoríficos se consideró el número de cabezas de ganado faenados en el país, en el año 2018²³ y el peso promedio de la faena²⁴. Los detalles del cálculo se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18 – Consumo de Biomasa en Industrias Frigoríficas

CABEZAS DE GANADO ^(*)	PESO PROMEDIO FAENA (ton) ^(**)	CARNE PROCESADA (ton)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * ton carne procesada) ^(***)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
1.896.750	0,240	455.220	0,193	87.857
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(****)				129.903

(*) <http://www.capex.org.py/web/2019/01/30/3470/>.

(**) https://www.lanacion.com.py/negocios_edicion_impresa/2019/02/05/la-faena-de-bovinos-registro-una-caida-del-82-en-enero/.

(***) Promedio ponderado de frigoríficos visitados y entrevistados.

(****) Considerando 66% leña del bosque nativo: densidad 769 kg/m³ y 34% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña) en frigoríficos, para la industrialización de carne, asciende a **129.903 m³-año**; de los cuales, se estima que **74.936 m³-año** provienen del bosque nativo y, **54.967 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.11 – Industrias Lácteas

²³ <http://www.capex.org.py/web/2019/01/30/3470/>.

²⁴ https://www.lanacion.com.py/negocios_edicion_impresa/2019/02/05/la-faena-de-bovinos-registro-una-caida-del-82-en-enero/.

Según informaciones publicadas^{25,26}, en el país existen 12 cooperativas y empresas de capital privado que trabajan en el rubro de la leche. Alrededor del 48% de la producción de leche se concentra en J. Eulogio Estigarribia (Campo 9); luego, en segundo lugar, se ubica el Chaco Central, seguido por Colonias Unidas (Itapúa), San Pedro y otras pequeñas zonas emergentes en casi todo el país. Un 35% de la producción de leche cruda, es comercializada de manera informal.

Las estadísticas reportadas por el MAG²⁷ indican que en el año 2018 se han industrializado alrededor de 844,9 millones de litros de leche.

Al igual que en otros sectores industriales, la industria láctea consume leña como combustible en sus calderas, para la generación de vapor, utilizado en el procesamiento térmico de la leche y productos derivados.

Tomando como base la producción de lácteos reportada por el MAG, en la Tabla 19, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en el procesamiento de la leche.

Tabla 19 – Consumo de Biomasa en las Industrias Lácteas

LECHE INDUSTRIALIZADA (litros) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * litro leche procesada) ^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
844.938.584	0,000095	80.269
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		117.245

(*) Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal (SENACSA) – 2018.

(**) Calculado en función al promedio del consumo anual de biomasa de industrias lácteas entrevistadas.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en las industrias lácteas, asciende a **117.245 m³-año**, de los cuales, se estima que **72.076 m³-año** provienen del bosque nativo y, **45.169 m³-año**, de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

2.12 – Industrias Ferro y Ferrosilicio

Dentro del consumo de biomasa vegetal de este sector, las industrias están representadas básicamente por dos empresas, una para producir acero de primera fusión, es decir a partir de la reducción de mineral de hierro con carbón vegetal y otra para ferrosilicio, que también utiliza carbón vegetal como materia prima.

El carbón vegetal se utiliza básicamente en el proceso productivo denominado de reducción, donde éste puede actuar, a la vez, como energético y/o reductor, dependiendo de la industria. Si bien una de las industrias (ACEPAR S.A.) está operando en capacidad reducida, las informaciones disponibles indican que la producción de arrabio se sostiene en alrededor de 110.800 ton-año, para un consumo de carbón de 91.964 ton-año²⁸. En este caso, el carbón vegetal consumido proviene, casi exclusivamente, de leña del bosque nativo del Chaco, incluyendo a especies como el Quebracho Blanco y Colorado, Algarrobo, Guayacán, Palo Lanza, entre otras.

²⁵ <http://www.elagro.com.py/ganaderia/aumenta-la-industrializacion-de-leche-en-el-pais/>.

²⁶ <http://www.cadep.org.py/uploads/2012/06/7mo-lanzamiento-Articulo-Imp.pdf>.

²⁷ Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal (SENACSA).

²⁸ Factor de consumo: ton. carbón por ton. de arrabio equivalente a 0,830 – Parque Tecnológico Itaipú (2013).

Según informaciones recabadas²⁹, el consumo de carbón vegetal en la industria de ferrosilicio asciende a 18.000 ton-año. En la actualidad la industria se encuentra utilizando carbón vegetal, tanto de bosque nativo como de plantaciones, y en el corto plazo deberá consumir 100% carbón vegetal proveniente de plantaciones. En la Tabla 20, pueden observarse los resultados del cálculo del consumo de biomasa, en forma leña, de ambas industrias.

Tabla 20 – Consumo de Biomasa en Industrias de Ferro y Ferrosilicio

CONSUMO CARBÓN (ton-año)	CONSUMO LEÑA (ton-año) ^(*)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año) ^(**)
109.964	549.820	714.980
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		714.980

(*) Rendimiento leña – carbón vegetal: 20%.

(**) Densidad leña bosque nativo: 769 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de carbón vegetal, en las industrias de ferro y ferrosilicio, representa, en términos de leña, el equivalente a **714.980 m³-año**.

2.13 – Industrias Caleras

Las caleras se encuentran ubicadas, principalmente, en las zonas de San Lázaro, San Alfredo y Vallemí, a orillas del Río Paraguay. La cal se obtiene por descomposición térmica de la piedra caliza, la misma que es extraída de depósitos sedimentarios llamados caliches³⁰. La piedra caliza es sometida a temperaturas muy elevadas, que oscilan entre 900 y 1.200°C, en hornos de calcinación discontinuos, comúnmente fabricados de ladrillos, que utilizan biomasa (leña) como energético. Algunas empresas poseen hornos verticales, más eficientes, para la quema de madera sólida o astillas. Algunas caleras, a pesar de contar con plantaciones propias de *Eucalyptus spp.*, continúan utilizando leña proveniente del bosque nativo. Las caleras pequeñas, principalmente las de San Lázaro, utilizan inclusive el Karanday (*Copernicia sp.*), proveniente de la zona y del Chaco.

Tomando como base las informaciones de producción de cal viva en la zona de San Lázaro³¹, en la Tabla 21, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en la producción de este rubro.

Tabla 21 – Consumo de Biomasa en Caleras

PRODUCCIÓN CAL (ton-año)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * ton cal) ^(*)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
154.928	0,832	128.827
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(**)		167.526

(*) Asociación de Caleros y Afines de San Lázaro (2018).

(**) Densidad leña bosque nativo: 769 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

²⁹ Econ. Rafael Carlstein, Consultor.

³⁰ Fundación Parque Tecnológico Itaipú – Centro de Innovación en Tecnologías Energética (2013).

³¹ Julián Ortiz, Presidente de la Asociación de Caleros y Afines de San Lázaro.

El consumo de biomasa (leña), en la producción de cal viva, asciende a **167.526 m³-año**.

Foto 07 – Fotos que Ilustran la Producción de Cal Viva en San Lázaro



Fuente: VMME (2018).

2.14 – Industrias Olerías y Cerámicas

Según datos de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos en el Paraguay existen más de 3.100 olerías, distribuidas en todo el país. Los Departamentos con mayor número de olerías son Cordillera, Caaguazú, Paraguari, Central, Itapúa y Alto Paraná³². De este total, existen 71 industrias de cerámicas, registradas en el MIC, localizadas en los Departamentos de Cordillera, Central, Itapúa, Pte. Hayes, San Pedro, y Alto Paraná, principalmente.

Sin lugar a duda, todas las industrias del rubro utilizan biomasa como fuente principal de energía, en la cocción de los diferentes productos fabricados (ladrillos, ladrillos huecos, tejas, tejuelones, etc.) y, en este contexto, son importantes consumidoras de leña, preferentemente de especies del bosque nativo. De las consultas realizadas, en las zonas de Caaguazú y Bella Vista, se pudo comprobar que, parte importante de la elaboración de astillas, a partir de desechos de aserraderos y leña de plantaciones, se destina a la industria de cerámica. Contrariamente, las pequeñas olerías y ceramistas

³² Citado en: Fundación Parque Tecnológico Itaipú – Centro de Innovación en Tecnologías Energética (2013).

de las zonas de Encarnación y Tobatí utilizan casi 100% madera, en forma de leña y desechos de aserraderos, proveniente del bosque nativo.

El consumo de leña por horneada o por miles de unidades de piezas, reportado para las olerías ubicadas en país³³³⁴, es relativamente similar, a pesar de los diversos factores que pueden afectar este proceso como el tipo de cerámica que se produce, el poder calorífico de la leña, tipo y capacidad de los hornos, entre otros. Asimismo, en el cálculo del consumo de biomasa, se consideró que las olerías y ceramistas existentes en el país tienen un consumo promedio de 0,654 m³ de leña por cada 1000 piezas³⁵. En función a estos parámetros, en la Tabla 22, se presenta el resultado del consumo de biomasa para este rubro de la producción.

Foto 08 – Astillas de *Eucalyptus spp.* para Industrias de Cerámica – Zona Caaguazú



Fuente: Gentileza de FIMESA - Caaguazú (2018).

Tabla 22 – Consumo de Biomasa en Olerías y Cerámicas

PRODUCCIÓN TOTAL (x1.000 piezas) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (m ³ * 1.000 piezas) ^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año)
977.515	0,0654	639.295
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		639.295

(*) Producción anual estimada en función a información secundaria y primaria. Ésta puede variar significativamente por la operación intermitente de las olerías familiares y artesanales existentes en el país, en algunos casos por su ubicación en zonas inundables.

(**) Promedio de olerías y ceramistas de Tobatí, Encarnación y Bella Vista.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en la producción de cerámica y olerías, asciende a **639.295 m³-año**, de los cuales, se estima que **607.330 m³-año** (95%), provienen del bosque nativo y, **31.965 m³-año** (5%), de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

³³ Fundación Parque Tecnológico Itaipú – Centro de Innovación en Tecnologías Energética (2013,)

³⁴ Riveros, E. (2008).

³⁵ Promedio de olerías y ceramistas de Tobatí, Encarnación y Bella Vista.

Foto 09 – Fotos que Ilustran Olerías y Ceramistas en Tobati



Fuente: VMME (2018).

Foto 10 – Hornos de Túnel y Móvil Utilizados por Industria de Cerámica en Bella Vista



Fuente: Gentileza de Cerámicas Muller – Bella Vista, Itapúa (2019).

Foto 11 – Instalaciones de Olerías y Ceramistas en el Parque Industrial de Encarnación



Fuente: VMME (2018).

2.15 – Industria Cervecera

En la industria de la cerveza, el vapor se utiliza principalmente en la elaboración de cerveza, para calentar, limpiar y pasteurizar. Esta industria tiene una gran demanda de vapor y una higiene de vapor de alto nivel; por lo tanto, la calidad del procesamiento de vapor por la cervecería también es alta.

Las principales industrias cerveceras del país utilizan calderas de alto rendimiento energético para la generación de vapor, y queman astillas de madera provenientes de plantaciones de *Eucalyptus spp.*

En la Tabla 23, se presentan los resultados del cálculo del consumo de biomasa en la industria cervecera.

Tabla 23 – Consumo de Biomasa en Industria Cervecera

ORIGEN DE LA BIOMASA	CONSUMO TOTAL LEÑA (ton-año)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año) ^(*)
Plantaciones	40.200	73.091
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		73.091

^(*) Densidad leña plantaciones: 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en la producción de cerveza, asciende a **73.091 m³-año**.

2.16 – Producción de Etanol

Según informaciones suministradas por la Dirección de Combustibles Alternativos y Renovables del MIC, en el país existen unas 11 plantas de alcohol, con una producción total de más de 443 millones de litros por año (2018). Actualmente, la producción de alcohol anhidro e hidratado se basa principalmente en la utilización de cereal como materia prima (88%), mientras que el restante 12% de la producción utiliza caña dulce y melaza³⁶.

Las plantas que utilizan caña de azúcar como materia prima para la producción de etanol emplean bagazo como combustible natural para la generación de vapor y energía; en este caso, la leña se utiliza en los arranques de calderas, previo al inicio de las operaciones de molienda y posteriormente en los reinicios de las operaciones durante la zafra debido a las paradas de mantenimiento, que pueden ser varias en el período de producción³⁷. Las plantas de etanol que utilizan cereales como materia prima tienden a consumir leña en sus procesos de producción, para la generación de vapor y energía.

Tomando como base la producción nacional de etanol³⁸, así como informaciones primarias obtenidas a través de consultas realizadas a las principales plantas productoras de etanol en el país, en la Tabla 24, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en la producción de este combustible.

³⁶ Datos suministrados por el MIC (2018).

³⁷ Visita realizada a la Planta de Troche (06/03/18).

³⁸ Dirección de Combustibles Alternativos y Renovables – MIC (2019).

Foto 12 – Bagazo de Caña Utilizado como Energético en la Planta de Troche



Fuente: VMME (2018).

Tabla 24 – Consumo de Biomasa en la Producción de Etanol

PRODUCCIÓN NACIONAL ETANOL (litros-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (kg leña * litro etanol) ^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
390.357.164	1,184	462.183
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)^(***)		795.654

(*) Producción anual proveniente de cereales exclusivamente (2017).

(**) Promedio reportado por principales empresas alcohólicas.

(***) Considerando 21% leña del bosque nativo: densidad 769 kg/m³ y 79% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa, en la producción de etanol, asciende a **795.654 m³-año**, de los cuales se estima que, **112.206 m³-año** provienen del bosque nativo y, **683.448 m³-año** de plantaciones.

2.17 – Curtiembres

En el Paraguay, el nivel de infraestructura tecnológica de las curtiembres varía según tamaño y pueden ser clasificadas en pequeñas, medianas y grandes. La mayoría son empresas familiares, ubicadas en áreas rurales.

Diversos estudios de impacto ambiental elaborados para el licenciamiento de estas industrias, principalmente las de mediano y grande porte, describen la utilización de calderas que operan a leña, para la generación de vapor indispensable para cubrir las necesidades térmicas del proceso productivo de curtido.

Para el cálculo del consumo de biomasa, en curtiembres, se consideró el número de cueros vacunos resultante del ganado faenado en el país, en el año 2018³⁹, siendo que de este total un aproximado de 90% de los cueros son procesados⁴⁰. Los detalles del cálculo se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25 – Consumo de Biomasa en Curtiembres

CUEROS VACUNOS^(*)	FACTOR DE CONSUMO (ton leña * cuero vacuno procesado)^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (ton-año)
1.707.075	0,01485	25.350
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		32.965

(*) <http://www.capex.org.py/web/2019/01/30/3470/>, calculado sobre el 90% del total de cueros vacunos.

(**) FAO: <http://www.fao.org/docrep/x5332s/x5332s09.htm#TopOfPage>.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña) en curtiembres asciende, estimativamente, a **32.965 m³-año**.

2.18 – Industria Avícola

El último Censo Agropecuario, reporta la existencia de 131 granjas dedicadas a la cría de pollos, la mayoría localizadas en los Departamentos Central, Cordillera y Caaguazú y, 6 plantas de faenamamiento, de las cuales, unas cuatro empresas, lideran este mercado a nivel local.

El consumo de biomasa (leña) en este sector se asocia, por un lado, con la propia crianza de los pollos, para atender las necesidades de calefacción de los galpones y, por el otro, para el proceso de faenamamiento, en el escaldado y procesamiento de vísceras y plumas. Adicionalmente, algunas empresas utilizan calderas en la producción de balanceado y en digestores de residuos de incubación y mortandad reproductora. La generación de vapor necesaria para todo el proceso productivo se obtiene a partir de la quema de biomasa forestal, en forma de astillas, proveniente mayormente de plantaciones forestales. En la Tabla 26, se muestran los detalles del consumo de biomasa en la producción avícola, individualizado por el uso de biomasa en calefacción (crianza de aves) y en la faena de pollos.

Tabla 26 – Consumo de Biomasa en la Industria Avícola

PROCESOS	PRODUCCIÓN (2018)	FACTOR DE CONSUMO	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)
Calefacción (aves)	68.040.000	0,0013 ^(*)	88.452
Faenamamiento (ton)	142.884.000	0,199 ^(**)	48.753 ^(***)
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)			137.205

(*) Información suministrada por referentes del sector (m³ de leña x por unidad de ave).

(**) Función al consumo promedio de empresas visitadas (kg de leña x kg de ave procesada).

(***) Considerando 20% leña del bosque nativo: densidad 769 kg/m³ y 80% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.

Fuente: Elaboración Propia.

³⁹ www.capex.org.py/web/2019/01/30/3470/.

⁴⁰ Carlos Bordón – Jefe Departamento Cueros, Calzados y Afines de INTN.

El consumo de biomasa (leña), en la industria avícola, asciende a **137.205 m³-año**, de los cuales se estima que, **109.764 m³-año** provienen de plantaciones y, **27.441 m³-año** del bosque nativo.

2.19 – Jugos y Bebidas

El consumo de biomasa en la producción de jugos naturales y bebidas gaseosas se sustenta en contadas plantas industriales existentes en el país, principalmente las responsables de liderar el mercado nacional. Si bien el volumen de utilización de biomasa en el proceso productivo es aparentemente bajo, no deja de contribuir al volumen de consumo total del país. Por otro lado, no existen datos concretos del uso de leña en la generación de vapor, necesario para el proceso productivo, en las industrias de menor tamaño de producción de estos rubros.

En general, el abastecimiento de leña para la alimentación de calderas, en estas plantas, se realiza en forma de briquetas, astillas o recortes de aserraderos, pero mayormente provienen de plantaciones (*Eucalyptus spp.*).

En la Tabla 27, se presentan los resultados del consumo de biomasa en la producción de jugos y bebidas.

Tabla 27 – Consumo de Biomasa en la Industria de Jugos y Bebidas

ORIGEN DE LA BIOMASA	CONSUMO TOTAL LEÑA (ton-año)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año) ^(*)
Bosque nativo	560	729
Plantaciones	15.821	28.766
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		29.495

(*) Considerando 20% leña del bosque nativo: densidad 769 kg/m³ y 80% leña de plantaciones: densidad 550 kg/m³.
Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en las industrias de jugos y bebidas, asciende a **29.495 m³-año**, de los cuales se estima que, **28.766 m³-año** provienen de plantaciones y, **729 m³-año** del bosque nativo.

2.20 – Industrias Recicladoras de Papel

La cadena de reciclaje y producción de papeles en el país está integrada por contadas empresas productoras de papeles para corrugar, placas de yeso, embalajes de cartón corrugado, papel tissue, entre otros productos.

Según informaciones publicadas⁴¹ y recabadas en sus fuentes, todas estas industrias utilizan, casi exclusivamente, combustibles renovables como chips de madera o briquetas y carozos de coco, básicamente para la producción de vapor, utilizado en el proceso de secado. Los detalles del cálculo del consumo de biomasa, en este sector industrial, se presentan en la Tabla 28.

⁴¹ Informe de Gestión 2016 – Cartones Yaguarete S.A. y sus empresas asociadas.

Tabla 28 – Consumo de Biomasa en la Industria Recicladora de Papel

CONSUMO DE BIOMASA (ton-año) ^(*)	ORIGEN DE LA BIOMASA (leña)	DENSIDAD LEÑA (kg/m ³)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año)
48.765	Bosque nativo	769	1.710
	Plantaciones	550	86.273
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)			87.983

(*) Principales industrias que concentran la mayor parte del mercado nacional.
Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en las industrias recicladoras de papel, asciende a **87.983 m³-año**, de los cuales se estima que, **86.273 m³-año** provienen de plantaciones de *Eucalyptus spp.* y, **1.710 m³-año** del bosque nativo.

2.21 – Industria Textil

En la industria textil el uso de la biomasa está asociado básicamente a la generación de energía calórica (vapor) utilizado en las etapas del proceso de acabado de textiles.

Según informaciones publicadas⁴², la principal empresa textilera del país, tiene reforestado alrededor de 2.000 hectáreas con *Eucalyptus spp.*, plantaciones estas afectadas directamente a la producción fabril. En este contexto, la biomasa forestal proviene tanto de plantaciones propias como de terceros. Asimismo, desde el 2016, se utiliza cascarilla de arroz, a razón de aproximadamente 8.000 ton/año, en la generación de vapor⁴³.

En la Tabla 29, se presentan los resultados del consumo de biomasa en la industria textil.

Tabla 29 – Consumo de Biomasa en la Industria Textil

CONSUMO DE BIOMASA (ton-año) ^(*)	DENSIDAD LEÑA PLANTACIONES (kg/m ³)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año)
10.000	550	18.182
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		18.182

(*) Manufactura de Pilar S.A.
Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en la industria textil asciende a **18.182 m³-año**.

2.22 – Producción de Aceites Esenciales

El Departamento de San Pedro concentra más del 90% del total de la producción de aceites esenciales de naranja agria. Los demás aceites esenciales se producen mayormente en los departamentos de Boquerón, San Pedro, Canindeyú, Caaguazú y Cordillera. Los aceites esenciales son elaborados, por lo general, por pequeños productores que tienen, en su finca, una planta de extracción artesanal muy

⁴² Diario Última Hora – 07/08/2018.

⁴³ Páez, C. M. (Manufactura de Pilar S.A.).

rudimentaria, que es explotada para complementar los trabajos agrícolas de rubros de consumo y renta⁴⁴.

Los aceites esenciales o etéreos, extraídos industrialmente de variedades como el petitgrain, palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), menta japonesa (*Mentha arvensis*), *Eucalyptus spp.*, cabreúva, mentha piperita, limón, palma rosa, lemongrass, vetiver, entre otras, son altamente aprovechados por las industrias con fines medicinales, terapéuticos, cosméticos, sanitarios y alimenticios.

La tecnología utilizada en todas las zonas de producción es mayormente artesanal. Contadas empresas poseen tecnología adecuada para la extracción o producción de aceites esenciales, a través de destilación por vapor. Numerosos medianos productores de petitgrain tienen instalados, en su propia finca, una pequeña planta de destilación rudimentaria y, para la generación de vapor, utilizan hornos a leña, con una eficiencia muy limitada (Véase Foto 11).

Se ha informado que la extracción de esencia de Palo Santo y Cabreuva se realiza a partir de desechos de la industria y de los Planes de Manejo y de Uso de la Tierra; en el caso del Palo Santo, depende de los permisos otorgados por el MADES, al estar esta especie incluida en el Apéndice II de CITES.

No existen datos precisos del consumo de leña en la producción de aceites esenciales; sin embargo, se ha podido verificar que el abastecimiento de leña, para las calderas y los hornos rudimentarios, proviene en un 100% del bosque nativo. En principio, la madera residual del proceso de destilación (aserrín exhausto de Palo Santo) es reutilizada como energético.

En la Tabla 30, se presentan los resultados del consumo de biomasa en la producción de aceites esenciales, tomando en consideración el volumen de exportación de este rubro, reportado en el Informe de Comercio Exterior del BCP, para el año 2018.

Tabla 30 – Consumo de Biomasa en la Producción de Aceites Esenciales

ACEITES ESENCIALES (kg-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (m ³ leña * kg de esencia) ^(**)	CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m ³ -año)
451.006	0,322	145.224
CONSUMO TOTAL DE LEÑA (m³-año)		145.224

(*) Informe de Comercio Exterior del BCP (2018).

(**) Promedio ponderado del factor de consumo por tipo de esencia, según datos colectados en campo.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de biomasa (leña), en la producción de aceites esenciales asciende a **145.224 m³-año**.

⁴⁴ https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites_esenciales.pdf

Foto 13 – Instalaciones Rudimentarias para la Destilación de Petitgrain



Fuente: VMME (2019).

2.23 – Consumo Total

En el presente estudio se han evaluado los principales sectores consumidores de biomasa (leña) en la generación de energía, para suplir las necesidades en los diferentes procesos industriales incluyendo consumo en hogares, para la cocción de alimentos y exportación. Es indudable que, el uso de la leña está mucho más extendido y consecuentemente los volúmenes de consumo que se presentan como resultado final representan, estimativamente, alrededor del 85-90% del consumo real total del país, esto sin considerar las demás fuentes de biomasa, como el bagazo, cascarilla de arroz y otras, que no se han considerado en el presente estudio.

En la Tabla 31 se presenta el consumo total de biomasa (leña), por principales sectores industriales, consumo en hogares y exportación.

Tabla 31 – Consumo Total de Biomasa con Fines Energéticos en el Paraguay

SECTOR	CONSUMO LEÑA (m ³ -año)			(%)
	Especies Nativas	Plantaciones	Total	
Consumo en Hogares	5.457.242	-	5.457.242	39,1
Exportación de Carbón Vegetal	691.788	-	691.788	5,0
Consumo Interno de Carbón Vegetal	1.662.152	-	1.662.152	11,9
Secado de Granos de Soja	379.951	531.240	911.191	6,5
Secado de Granos de Maíz	512.029	715.909	1.227.938	8,8
Secado de Granos de Girasol	3.277	4.582	7.859	0,1
Secado Granos de Trigo	21.633	30.246	51.879	0,4
Secado Granos de Canola	2.926	4.091	7.017	0,1
Secado Granos de Arroz	32.428	45.341	77.769	0,6
Curado del Tabaco	3.270	13.080	16.350	0,1
Producción de Almidón de Mandioca	39.012	-	39.012	0,3
Industrialización de la Soja	-	444.387	444.387	3,2

SECTOR	CONSUMO LEÑA (m ³ -año)			(%)
	Especies Nativas	Plantaciones	Total	
Industrialización de la Madera	39.164	-	39.164	0,3
Industrialización de la Yerba Mate	170.459	31.001	201.460	1,4
Chiperías	33.706	-	33.706	0,2
Frigoríficos	74.936	54.967	129.903	0,9
Industrias Lácteas	72.076	45.169	117.245	0,8
Industrias Ferro y Ferrosilicio	714.980	-	714.980	5,1
Industrias Caleras	167.526	-	167.526	1,2
Industrias Olerías y Cerámicas	607.330	31.965	639.295	4,6
Industria Cervecera	-	73.091	73.091	0,5
Producción de Etanol	112.206	683.448	795.654	5,7
Curtiembres	32.965	-	32.965	0,2
Industria Avícola	27.441	109.764	137.205	1,0
Jugos y Bebidas	728	28.766	29.495	0,2
Recicladoras de Papel	1.710	86.273	87.983	0,6
Industria Textil	-	18.182	18.182	0,1
Producción de Aceites Esenciales	145.224	-	145.224	1,0
TOTAL	11.006.159	2.951.502	13.957.661	100

Fuente: Elaboración Propia.

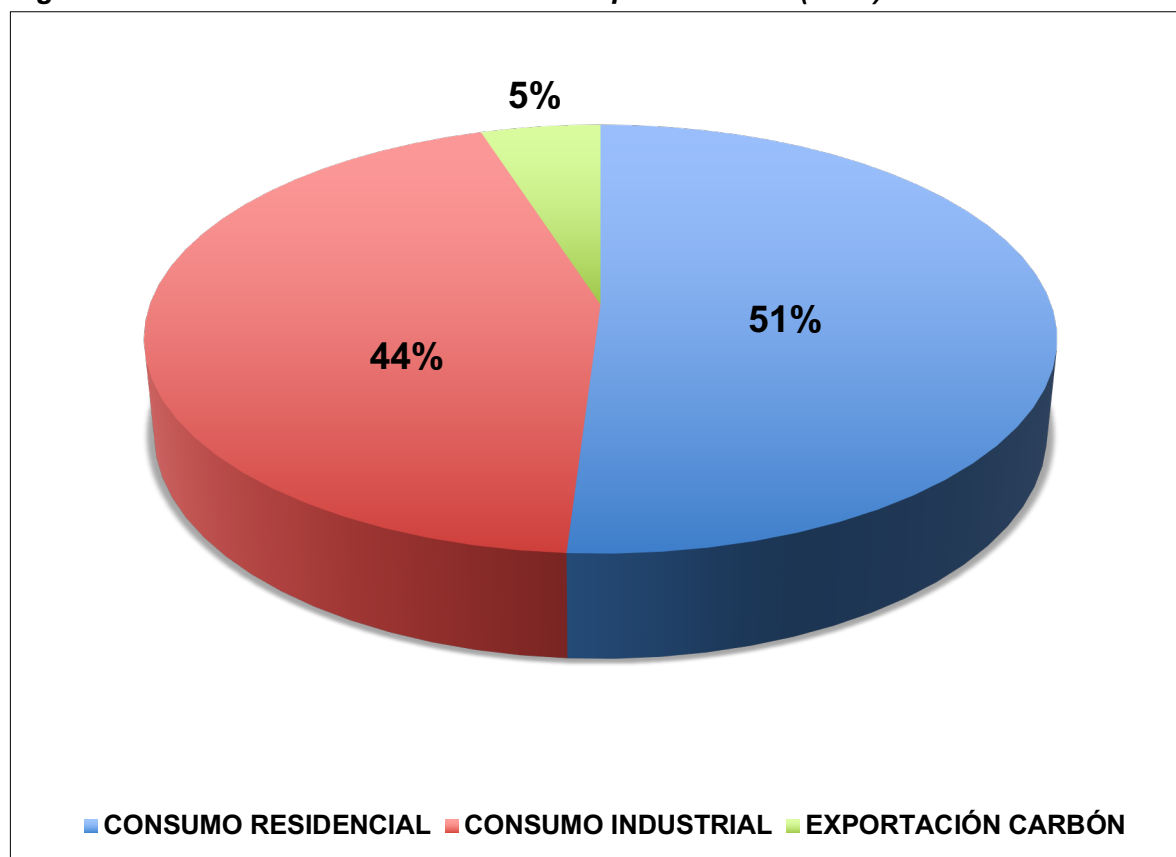
Tal como se observa en la Tabla 31, no queda dudas que el país utiliza enormes cantidades de biomasa como combustible, siendo el sector residencial responsable por el 51,0% del consumo total, seguido por el sector industrial con 44% y exportación de carbón vegetal 5,0% (Véase Figura 03).

El mayor consumo de leña ocurre en hogares rurales, principalmente para la cocción de alimentos, seguido del uso del carbón vegetal para el mismo fin; sin embargo, en este último, el consumo es mayor entre la población urbana. El sector de secado de granos e industrialización de la soja ocupa el tercer lugar con 19,5%, seguido del consumo en la producción de etanol con 5,7%, las industrias ferro y ferrosilicio representan el 5,1%, y. las olerías y cerámicas el 4,6%. Los demás sectores participan en menor proporción, pero mismo así no dejan de impactar, en conjunto, en el consumo total. El carbón vegetal, para los diferentes usos (residencial, industrial y exportación) representa 22,0% del consumo total de leña.

La biomasa (leña), principalmente, la que se utiliza actualmente en los diferentes procesos industriales tiene dos orígenes: Una parte, la mayor, proviene del material leñoso que queda sin uso, resultado de los procesos de desmonte autorizados mediante los planes de uso de la tierra; y la otra, de plantaciones forestales, en algunos casos de cultivos no manejados; sin embargo, en este caso, la mayor parte del material proviene

del manejo (raleos) de plantaciones y desechos del procesamiento de la madera rolliza industrial.

Figura 03 – Consumo de Biomasa Forestal por Sectores (2018)



Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades de leña, por origen, difícilmente podrá determinarse con exactitud. No obstante, en el presente estudio, y en función a varias consultas realizadas con responsables de los sectores industriales competentes, se ha podido establecer que aproximadamente el 21,1% de la leña consumida actualmente proviene de plantaciones y el restante 78,9% de especies del bosque nativo. La leña proveniente de plantaciones representa el 48% del consumo industrial.

El Inventario Nacional Forestal (INF) realizado bajo los auspicios del Programa ONU-REDD+ Paraguay cuantificó la biomasa existente en cinco principales estratos del bosque nativo del país. En función a estos niveles de existencia de biomasa⁴⁵, el consumo de biomasa total, con fines energéticos, correspondiente al bosque nativo, representaría en términos de superficie, el equivalente a aproximadamente 82.000 hectáreas anuales.

III – OFERTA DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS

Mucho se ha escrito y comentado sobre el estado de los bosques nativos del Paraguay, principalmente sobre los procesos de cambio de uso de la tierra que, en la mayoría de los casos, son consecuencia de autorizaciones previstas en el marco de la ley, a través del denominado Plan de Uso de la Tierra.

⁴⁵ Excluyendo la biomasa existente bajo el suelo y biomasa del sotobosque, que no se utiliza con fines energéticos.

Actualmente, frente a informaciones más concretas y verosímiles generadas a partir del Programa ONU-REDD+ Paraguay, es posible realizar un análisis más mesurado del problema, para conocer cuán comprometida está la situación de los bosques nativos por el alto consumo de leña, fundamentalmente en los ámbitos doméstico e industrial.

3.1 – Potencial de Producción de los Bosques Nativos

El Inventario Forestal Nacional, al 2014⁴⁶, reporta una cobertura forestal, en los estratos definidos, de 16.623.387 hectáreas de superficie en todo el territorio nacional. De acuerdo con las tendencias de pérdida de bosques calculado por el INFONA⁴⁷, la cobertura forestal, al 2018, sería de 11.223.194 hectáreas, incluyendo lo que se viene denominando Bosque Palmar. Si bien no toda esta superficie puede ser manejada de forma sostenible para la producción de biomasa, por diversos motivos, incluyendo la alta fragmentación y degradación de los bosques remanentes, principalmente en la Región Oriental, -hecho que ya fuera corroborado por un trabajo de la Mesa Forestal Nacional en el 2003⁴⁸, adicionalmente comentado en WWF (2014)-, el potencial de producción sostenible de biomasa queda, para los fines del presente estudio, determinado como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32 – Potencial de Producción Sostenible del Bosque Nativo Remanente

BOSQUES	SUPERFICIE REMANENTE MANEJABLE 2017 (ha) (*)	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (m ³ /ha-año) ^(**)	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN (m ³ -año)
Bosque Húmedo y Sub-húmedo del Cerrado de la Región Oriental	708.120	1,5	1.062.180
Bosque Sub-húmedo Inundable y Seco Chaqueño de la Región Occidental	8.738.900	0,5	4.369.450
TOTAL	9.447.020		5.431.630

(*) Excluidas todas las áreas del SINASIP y el Bosque Palmar.

(**) Informe Diagnóstico Paraguay (BID 2008).

Fuente: Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ Paraguay - Inventario Forestal Nacional.

En principio, el potencial de producción sostenible de los bosques nativos del Paraguay asciende a 5,4 millones de m³ y se refiere a madera industrial (rolliza), sobre la cual se puede calcular un volumen adicional de biomasa⁴⁹ utilizable como leña. En este contexto, y considerando la relación 0,4 ton por cada m³ de rollo⁵⁰, el volumen adicional de leña ascendería al equivalente de 2.172.652 m³.

Cabe alertar que, el real potencial de producción forestal sustentable de la Región Occidental es limitado, en principio, por las propias características del bosque, tipos de estratos, estructura, crecimiento, entre otros aspectos; por lo tanto, la expectativa de contar con un volumen sustentable equivalente a 4,4 millones de m³ anuales, es en la práctica, poco realista. Por otro lado, en la Región Oriental, las áreas remanentes no

⁴⁶ Imágenes Satelitales 2011.

⁴⁷ Balance Anual de Gestión Pública 2017.

⁴⁸ Citado en Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013).

⁴⁹ Ramas y fuste no utilizable industrialmente.

⁵⁰ Producción y Consumo de Biomasa Sólida en el Paraguay (2013).

constituyen masas compactas de bosque, en general presentan alto grado de fragmentación y denotan además un avanzado proceso de degradación.

3.2 – Potencial de Producción de Plantaciones Forestales

Las informaciones más recientes sobre plantaciones forestales reportadas por el INFONA (2018), a través de su sistema de monitoreo, indican la existencia de 159.500 hectáreas⁵¹, incluyendo plantaciones con diversas especies (nativas y exóticas)⁵² establecidas en franjas de protección de cauces hídricos o con fines de protección eólica, entre otras con carácter de conservación. Por lo expuesto, para los fines del cálculo del potencial de producción, las plantaciones existentes han sido clasificadas en tres categorías de promedio de IMA: rendimiento medio-alto (promedio de 35 m³/ha-año), que se estima totalizan alrededor de 68.900 hectáreas; plantaciones de rendimiento medio-bajo (promedio de 20 m³/ha-año), que fueron establecidas en condiciones poco apropiadas de tecnología y suelo, que representan alrededor de unas 49.700 hectáreas; y, otras plantaciones (mixtas), con un rendimiento bajo, promedio de aproximadamente 15 m³/ha-año, que estimativamente totalizan 40.900 ha (Véase Tabla 33).

Tabla 33 – Potencial de Producción Sostenible en Plantaciones Forestales

PLANTACIONES FORESTALES (ha)	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)	IMA PROMEDIO (m ³ /ha-año)	PRODUCCIÓN TOTAL (m ³ -año)	PRODUCCIÓN BIOMASA (LEÑA) (m ³ -año)
Rendimiento Medio-Alto	68.900	35	2.411.500	1.253.980 ^(*)
Rendimiento Medio-bajo	49.700	20	994.000	994.000
Otras plantaciones	40.900	15	613.500	613.500
TOTAL			4.019.000	2.861.480

(*) De la producción total, un aproximado de 52% del volumen es utilizable como leña (22% de raleos durante proceso de producción + 30% resultante del procesamiento de madera industrial).

Fuente: INFONA - Mapa de Plantaciones Forestales, Año 2018.

Si bien el potencial de producción sostenible representa alrededor de 4,0 millones de m³ anuales, no es menos cierto que, de este total, una parte importante se utiliza como energético, en forma de leña y astillas, en el secado de granos, industrias de cerámica y otros sectores. Del propio manejo de las plantaciones de alto rendimiento, por raleo, se obtiene un aproximado del 22% de biomasa como leña (530,53 mil m³). Adicionalmente, según referentes industriales de Caaguazú, la biomasa (leña y/o astillas) representa un aproximado de 30% de la transformación de la madera industrial, totalizando de esta forma 723,45 mil m³ aproximadamente (Véase Tabla 33). Las plantaciones más antiguas de *Eucalyptus spp.* y las de rebrote, que no fueron debidamente manejadas, son por lo general utilizadas, en su totalidad, como leña, en sus diferentes formas.

⁵¹ 2.510 ubicadas en la Región Occidental y 156.990 ha en la Región Oriental.

⁵² Corresponde a 90% de *Eucalyptus spp.* y 10% a otras especies nativas y exóticas – Citado en FAO 2018.

Foto 14 – Plantaciones de Eucalyptus spp. (1,5 Años Edad) - Zona Caaguazú



Fuente: VMME (2018).

3.3 – Oferta Potencial de Biomasa Forestal Sostenible en el Paraguay

La oferta total de biomasa sólida del país se puede observar en la Tabla 34. Como puede notarse, esta oferta representa apenas el potencial que tienen los bosques, principalmente los nativos, en alcanzar volúmenes de producción sostenible. Los volúmenes que se presentan corresponden a la producción total (rolliza industrial) y de leña con fines energéticos.

De acuerdo con los volúmenes que se muestran en la Tabla 34, la oferta potencial de producción sostenible de biomasa (leña), a partir de los bosques nativos y de plantaciones, asciende a 4,4 millones de m³-año; mientras que el potencial de producción de madera rolliza industrial es 1,7 veces superior a la de la leña y, en este contexto, no debería contabilizarse como oferta para suplir las necesidades energéticas del país.

Tabla 34 – Oferta Potencial de Biomasa Sostenible en Paraguay

BOSQUES / PLANTACIONES	PRODUCCIÓN ROLLIZA INDUSTRIAL (m³-año)	PRODUCCIÓN DE LEÑA (m³-año)
Bosque Húmedo y Subhúmedo del Cerrado de la Región Oriental	1.062.180	424.872
Bosque Subhúmedo Inundable y Seco Chaqueño de la Región Occidental	4.369.450	1.747.780
Plantaciones	4.019.000	2.861.480
TOTAL	9.450.630	5.034.132

Fuente: Elaboración Propia.

IV – BALANCE: POTENCIAL DE OFERTA VERSUS CONSUMO

En el país no existe actualmente una oferta de biomasa producida sosteniblemente para atender las necesidades energéticas de los sectores industriales consumidores de biomasa forestal. Como se ha mencionado previamente, la demanda por biomasa forestal se cubre a partir de desechos no aprovechables industrialmente, provenientes de procesos de cambio del uso del suelo, aprobados mayormente a través de planes de uso de la tierra. Por lo tanto, cualquier balance que se realice arrojará cifras desproporcionadas, mostrando un déficit muy significativo en cuanto a la oferta de biomasa sostenible para uso energético. La excesiva demanda de biomasa contra la escasa oferta de biomasa sostenible resulta en un alto consumo de madera proveniente del bosque nativo, que indirectamente induce a un proceso de degradación de los bosques remanentes.

En la Tabla 35 se presenta un resumen del balance de biomasa forestal con fines energéticos en el Paraguay.

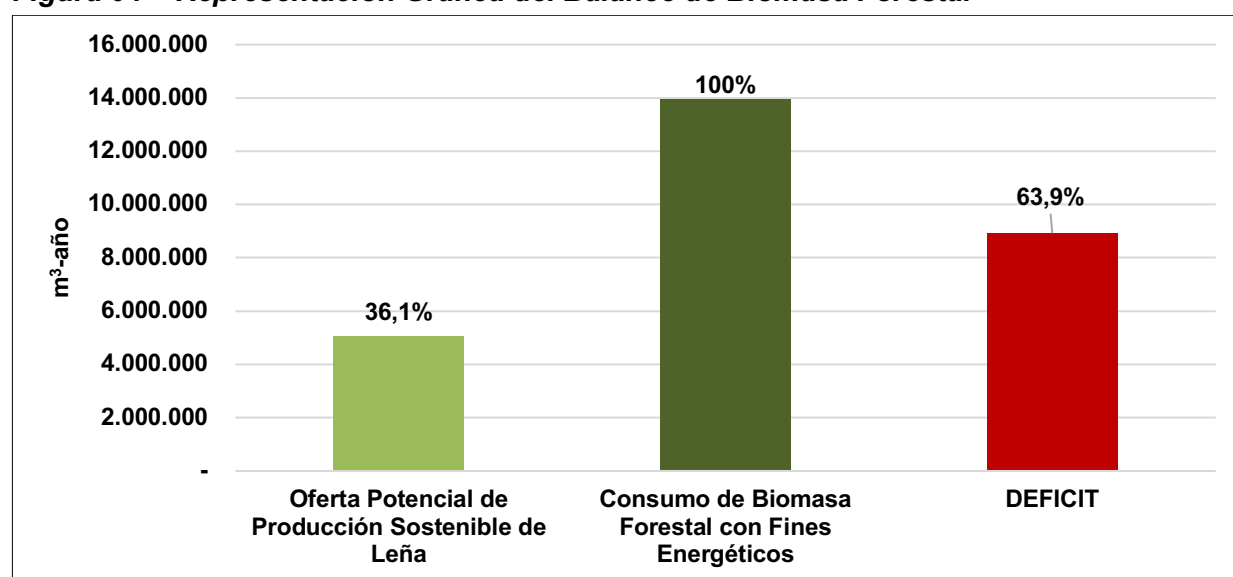
Tabla 35 – Balance de Biomasa Forestal Energética en Paraguay

PARÁMETROS	VOLUMEN DE LEÑA (m ³ -año)	PARTICIPACIÓN (%)
Oferta Potencial de Producción Sostenible de Leña	5.034.132	36,1
Consumo Efectivo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos	13.957.661	100,0
DEFICIT	8.923.529	63,9

Fuente: Elaboración Propia.

En resumen, la oferta potencial de biomasa forestal representa apenas el 36,1% del consumo efectivo y real de biomasa con fines energéticos, generando éste un déficit de 63,9%, tal como se muestra en la Figura 04.

Figura 04 – Representación Gráfica del Balance de Biomasa Forestal



Fuente: Elaboración Propia.

Históricamente la leña proveniente del bosque nativo abasteció las necesidades energéticas industriales del país. En la actualidad, algunas empresas multinacionales y cooperativas han optado por utilizar leña proveniente de plantaciones forestales en función a las mayores distancias de transporte de la leña del bosque nativo y a determinadas exigencias ambientales que el mercado de granos impone a los productores y comercializadores. De cualquier manera, es notorio que este cambio de paradigma, en el uso de leña del bosque nativo, no ha evolucionado a los niveles deseados, principalmente por la escasa oferta de leña proveniente de bosques manejados sosteniblemente y porque este cambio no acompañó el significativo aumento de la superficie cultivada, la producción de granos y otras inversiones industriales. Evidentemente, la insuficiencia de madera de plantaciones ha llevado al sector industrial, en general, al continuo empleo de leña del bosque nativo, inclusive mezclas, generando fuerte presión sobre la oferta y demanda de biomasa.

V – CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de los ingentes esfuerzos realizados desde el Gobierno Nacional para poner en marcha el Plan Nacional de Reforestación, a través de iniciativas como el Proyecto Proforestal promocionado por la Agencia Financiera de Desarrollo (AFD) y el Banco Nacional de Fomento (BNF), las plantaciones forestales no han logrado compensar hasta el momento el déficit de biomasa existente. Con una superficie que no supera las 123 mil hectáreas, las plantaciones siguen siendo insuficientes para revertir las tendencias actuales.

En un escenario donde no se tomen las medidas necesarias para atender la demanda insatisfecha por biomasa como combustible residencial e industrial, el bosque nativo se continuará utilizando como fuente energética no sustentable, provocando el cambio de uso de la tierra de superficies inclusive mayores a las actuales.

El Gobierno de Paraguay tiene como prioridad nacional cerrar la brecha energética del país aumentando significativamente la producción sostenible y el suministro de biomasa en el mercado nacional. En este contexto, el Fondo Verde para el Clima (FVC), recientemente aprobó dos proyectos presentados por el Gobierno Nacional, que están direccionados a fomentar la producción de biomasa forestal y promover la eficiencia energética.

Por un lado, el Proyecto PROEZA tiene previsto el establecimiento de alrededor de 43.000 hectáreas de bosques multifuncionales (sistemas agroforestales, plantaciones nuevas y regeneración de bosque nativo), que podrán contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de carbono en el uso de la tierra, la deforestación y el manejo sostenible de los bosques. Su contribución será muy importante para las comunidades involucradas, por la provisión de leña para sus propias necesidades, además de impulsar el cambio de la matriz energética nacional hacia una producción sostenible de bioenergía.

Por otra parte, el Proyecto de Promoción de Eficiencia Energética está orientado a contribuir a un desarrollo industrial bajo en carbono, incrementando la eficiencia del uso de leña y el cambio a tecnologías que utilizan electricidad para las PYMES, que actualmente dependen predominantemente del uso ineficiente de leña. Dicho, en otros términos, el objetivo del proyecto es aumentar la eficiencia energética en el sector industrial en Paraguay, en particular en las PYMES, proporcionando financiamiento a mediano y largo plazo para proyectos de inversión en eficiencia energética (EE).

Un tercer proyecto, en fase de preparación, impulsado por el Viceministerio de Minas y Energía del MOPC, se gestiona ante el FVC, con el cual se pretende cerrar la brecha del déficit actual de biomasa forestal. Este proyecto denominado "*Mejoramiento de la sostenibilidad de la matriz energética nacional y la competitividad de la producción forestal a través de plantaciones forestales multifuncionales*" tiene como objetivo implantar 130 mil hectáreas de bosques multifuncionales para biomasa en tierras de vocación forestal en la Región Oriental del Paraguay, que permitirá evitar la deforestación anual de aproximadamente 23 mil hectáreas de bosque nativo y reducir la emisión de 31 millones de ton CO₂ eq., en 16 años, mediante la instauración de un mercado nacional de producción y consumo sostenible de bioenergía. Adicionalmente, será fundamental para alcanzar los objetivos previstos en el Decreto Presidencial N° 4056/2015, que prevé el uso de madera 100% sustentable y certificada como energético en las industrias, a partir del año 2025.

VI – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- STPDES (2016). **Principales Resultados Encuesta Permanente de Hogares –EPH 2017 – Total País**. Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos. Fernando de la Mora, 2018.
- BID (2008). **Herramientas para Mejorar la Efectividad del Mercado de Combustible de Madera en la Economía Rural**. Informe Diagnóstico Paraguay. Proyecto ATN/AU – 10038. RJ - Financiado por el Fondo Fiduciario Austriaco para la Cooperación Técnica. Washington, D.C.
- FAO (1987). **Productos Forestales 1976-1987**. Colección FAO: Montes N° 27. Colección FAO: Estadística N° 87. Roma, Italia.
- Cabrera, A. L. M. (2011). **Evaluación del Consumo de Leña en Secaderos de Soja**. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Forestal – FIA – UNA. San Lorenzo.
- Alonso, G. (2015). **Eficiencia Energética en el proceso de Secado de la Industria del Arroz en Paraguay**. Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico Año 9 - Número 9 - ISSN 2078-5577.
- MOPC/VMME/GIZ (2013). **Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay**. Proyecto Mejoramiento de la Base de Datos para una Política Energética Sustentable. Paraguay.
- MAG (2017). **Síntesis Estadísticas Producción Agropecuaria – Año Agrícola 2016-2017**. Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias. San Lorenzo, Paraguay.
- SENACSA (2017). **Faenamiento – Anuario 2017**.
<http://www.senacsa.gov.py/index.php/informaciones/estadisticas/estadistica-pecuaria-2017>
- MAG (2016). **Boletín de Producción de Leche en Paraguay**.
<http://capainlac.com.py/wp-content/uploads/2017/03/boletin-001-17-.pdf>
- El Agro (2016). **Aumenta la Industrialización de Leche en el País**.
<http://www.elagro.com.py/ganaderia/aumenta-la-industrializacion-de-leche-en-el-pais/>
- FPTI/CITE/GISE (2013). **Investigación para la caracterización del consumo de biomasa con fines energéticos en la producción de insumos básicos para el sector construcción en el Paraguay**. Informe Final. Campus Universitario San Lorenzo, Paraguay.
- Riveros, E. (2008). **Consumo de Leña en Industrias Oleras de Itá**. Tesis de Grado de la Carrera de Ingeniería Forestal - Facultad de Ciencias Agrarias / U.N.A. San Lorenzo - Paraguay

- Lovera, M. (2015). **Leña y Producción de Carbón Vegetal en Paraguay**. Estudio de Caso 1. Espacio Orgánico. Paraguay.
- WWF (2014). **Catalogos de Modelos de Producción Forestal para Pequeños Productores**. Proyecto Desarrollo de Modelos de Negocio para la Restauración de Bosques y REDD+ en Paraguay.
- MAG / DGP (2006). **Situación de los Biocombustibles en el Paraguay**. Representante GT2 Paraguay. Mario Aquino. Asunción.
- UDSAID (2010). **Producción Avícola Negocio en Crecimiento**. Paraguay Vende Promoviendo Desarrollo Económico. Agencia del Gobierno de los EE.UU. para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo los términos del contrato N° EEM-I-00-07-00008-00 -TO 346.
- CYSA (2016). **Informe de Gestión 2016** – Cartones Yaguarete S. A. y sus empresas asociadas. Reporte Sustentabilidad.
- FAO (2018). **Sostenibilidad de la Biomasa para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay**. Environment and Natural Resources Management – Working Paper 70 – ENERGY. Roma, Italia.
- Troncoso, K. *et al* (2018). **Afecciones respiratorias por el uso de leña y carbón en comunidades de Paraguay**. Pediatría (Asunción), Vol. 45; N° 1.
- Bartosik, R. **Manejo en la Poscosecha de Colza/Canola**. INTA-PRECOP – PE Eficiencia de Poscosecha. EEA INTA Balcarce.
- UDSAID (2011). **Aceites Esenciales Análisis de la Cadena de Valor**. Agencia del Gobierno de los EE.UU. para el Desarrollo Internacional (USAID), en el Marco del programa Iniciativa Zona Norte.