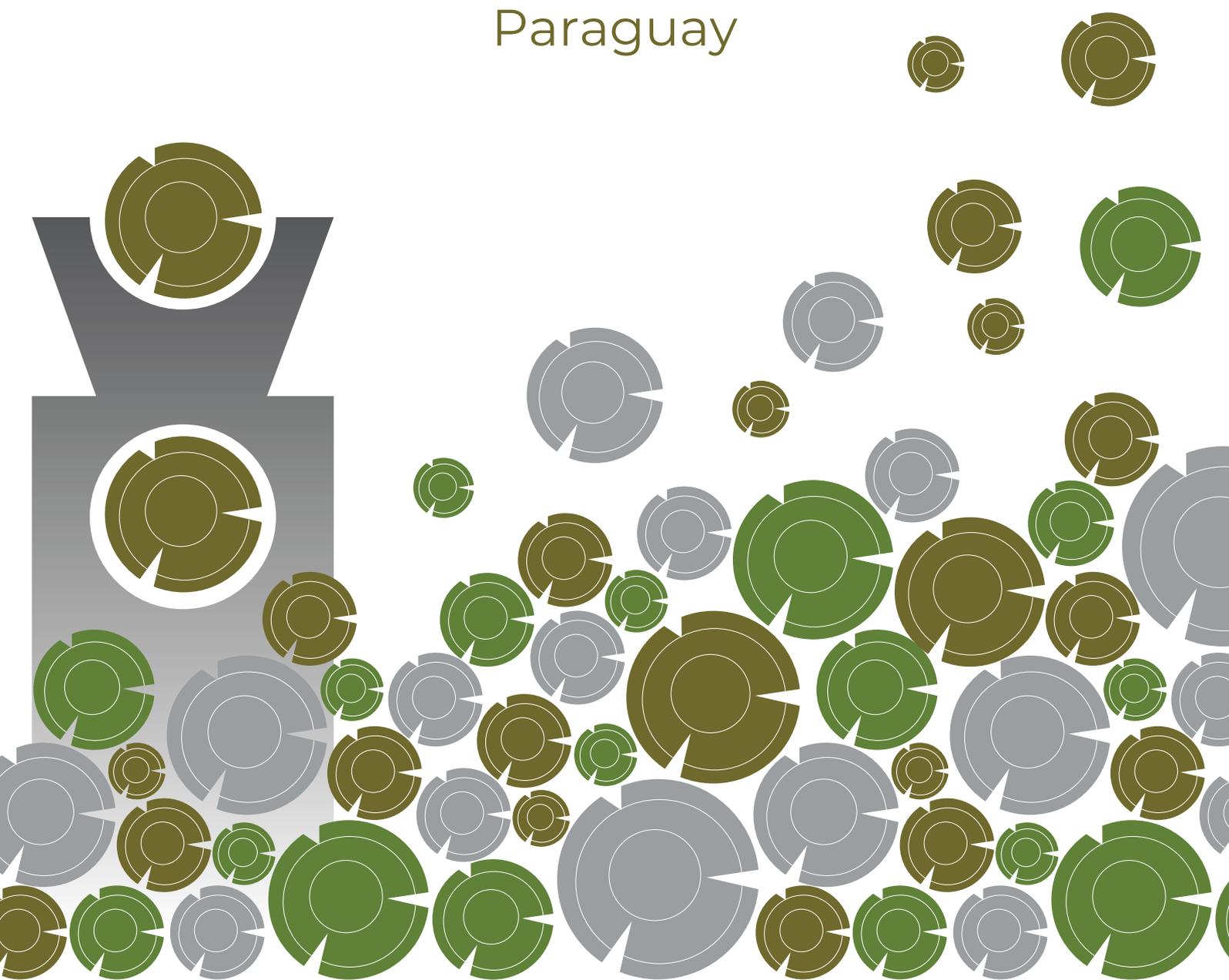


Estimación del consumo y producción **de Biomasa forestal con fines energéticos**

Paraguay



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS Y
COMUNICACIONES

VICEMINISTERIO
DE MINAS Y
ENERGÍA



Estimación del
consumo y producción
**de Biomasa forestal
con fines energéticos**

Paraguay

FICHA TÉCNICA

Publicado por:

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)
Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
Año de publicación: 2025

Autor:

Cesar Berni (Consultor Independiente)
Con la contribución especial de Sol Cubas González y Alfonso Pereira (Consultores Independientes)

Apoyo:

José Duarte – Técnico del VMME
Graciela Vera, Coordinadora Administrativa (VMME)

Revisión:

Gustavo Casal, Director DEA (VMME)
Veronica Rodríguez Prado, Especialista del sector ENE. BID Representación de Paraguay
Sergio Arguello, División de Energía (ENE). BID Representación de Paraguay

Este documento se elaboró en el marco de la consultoría sobre "Gestión Eficiente de la Biomasa en Paraguay: Actualización y Mejora del Programa Nacional de Certificación de Biomasa (PNCB)", que tuvo como objetivo general apoyar al Viceministerio de Minas y Energía (VMME) en los procedimientos previos a la instalación del PNCB, en la generación de información confiable que permita el cumplimiento de las metas establecidas en sus planes y programas, principalmente, aquellos relacionados con la eficiencia y sostenibilidad del uso de la biomasa como energético en Paraguay.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su autor, y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

RECONOCIMIENTO

Este documento no hubiera sido posible sin la interacción de un gran número de organizaciones e instituciones públicas y privadas, empresas del sector productivo y especialistas forestales y en bioenergía.

Cabe mención muy especial a las industrias, de varios sectores de la producción que, viendo la importancia de este estudio, han colaborado con las informaciones que se les ha requerido, por ello, sinceros agradecimientos.

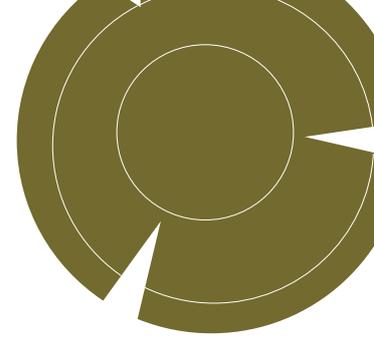
Finalmente, se agradece en particular al BID y a los profesionales del VMME, quienes estuvieron auxiliando permanentemente el proceso y facilitando las acciones operativas para la adecuada recopilación de información.

Contenido

9	PRESENTACIÓN
10	SIGLAS Y ACRÓNIMOS
11	1. INTRODUCCIÓN
11	1.1 Generalidades del Estudio
12	1.2. Estructura y Alcance
12	1.3. Limitaciones del Estudio
13	2. CONSUMO DE BIOMASA POR SECTORES
13	2.1. Consumo de Leña y Carbón en Hogares
15	2.2. Producción de Carbón Vegetal de Exportación
16	2.3. Secado de Granos de Soja
19	2.4. Secado de Granos de Maíz
20	2.5. Secado de Granos de Trigo
21	2.6. Secado de Granos de Arroz
22	2.7. Secado de Canola, Sorgo y Chía
23	2.8. Industrias Cerámicas
26	2.9. Industrias de Olerías
29	2.10. Producción de Etanol
30	2.11. Industrialización de la Yerba Mate
32	2.12. Producción de Fécula de Mandioca y Almidón de Maíz
33	2.13. Curado de Tabaco
34	2.14. Producción de Aceites Esenciales
36	2.15. Industria Cervecera
37	2.16. Aceites vegetales
37	2.17. Industrialización de la Madera
39	2.18. Cría de Pollos
41	2.19. Faenamiento de Pollos
42	2.20. Industrias Frigoríficas
44	2.21. Industrias Lácteas
44	2.22. Industria Textil
45	2.23. Industria de Ferrosilicio
45	2.24. Curtiembres
47	2.25. Industrias de Balanceados
47	2.26. Industrias Caleras
49	2.27. Jugos y Bebidas Gaseosas
50	2.28. Recicladoras de Papel y Cartón
50	2.29. Producción de Azúcar
51	2.30. Producción de Biodiesel
51	2.31. Producción de Levaduras
53	3. CONSUMO TOTAL DE BIOMASA
57	4. POTENCIAL DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE BIOMASA
57	4.1. Área de Cobertura de Bosques Nativos
57	4.2. Área de Producción de Plantaciones Forestales
58	4.3. Potencial de Producción Sostenible en Bosques Nativos
61	5. PRODUCCIÓN SOSTENIBLE VERSUS CONSUMO DE BIOMASA
63	6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES
65	7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA
67	PERSONAS E INDUSTRIAS CONSULTADAS
74	UNIDADES DE MEDIDAS
74	PARÁMETROS Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES

Tablas

14	Tabla 1. Consumo de Leña en Hogares
14	Tabla 2. Consumo de Carbón Vegetal en Hogares (expresado en t-año de leña)
16	Tabla 3. Consumo de Leña en la Producción de Carbón Vegetal de Exportación
17	Tabla 4. Biomasa para el Secado de Soja de Exportación. Zafra 2022-2023
19	Tabla 5. Consumo de Biomasa para el Secado de Soja de Industrialización
20	Tabla 6. Biomasa para el Secado de Granos de Maíz
20	Tabla 7. Consumo de Biomasa para el Secado de Granos de Trigo
22	Tabla 8. Consumo de Biomasa para el Secado de Arroz
23	Tabla 9. Consumo de Biomasa para el Secado de Canola, Sorgo y Chía
26	Tabla 10. Consumo de Biomasa en Industrias Cerámicas
29	Tabla 11. Consumo de Biomasa en Olerías
30	Tabla 12. Consumo de Biomasa en la Producción de Etanol
32	Tabla 13. Consumo de Biomasa en el Secado de Yerba Mate
33	Tabla 14. Consumo de Biomasa para la Producción de Fécula de Mandioca y Almidón de Maíz
34	Tabla 15. Consumo de Biomasa para el Curado de Tabaco
36	Tabla 16. Consumo de Biomasa en la Producción de Aceites Esenciales
36	Tabla 17. Consumo de Biomasa en la Industria Cervecera
37	Tabla 18. Consumo de Biomasa en la Elaboración de Aceites Vegetales
39	Tabla 19. Consumo de Biomasa en la Industria Maderera
41	Tabla 20. Consumo de Biomasa en la Cría de Pollos
42	Tabla 21. Consumo de Biomasa en Faenamiento de Pollos
43	Tabla 22. Consumo de Biomasa en Industrias Frigoríficas
43	Tabla 23. Consumo de Biomasa en Grasería
44	Tabla 24. Consumo de Biomasa en Industrias Lácteas
45	Tabla 25. Consumo de Biomasa en Industria Textil
45	Tabla 26. Consumo de Biomasa en Industria de Ferrosilicio
46	Tabla 27. Consumo de Biomasa en Curtiembres
47	Tabla 28. Consumo de Biomasa en las Industrias de Balanceados
49	Tabla 29. Consumo de Biomasa en la Producción de Cal Viva
49	Tabla 30. Consumo de Biomasa en la Industria de Jugos y Bebidas Gaseosas
50	Tabla 31. Consumo de Biomasa en el Reciclaje de Papel y Cartón
51	Tabla 32. Consumo de Biomasa en la Producción de Azúcar
51	Tabla 33. Consumo de Biomasa en la Producción de Biodiesel
52	Tabla 34. Consumo de Biomasa en la Producción de Levaduras
54	Tabla 35. Consumo de Biomasa por Sectores
59	Tabla 36. Potencial de Producción Sostenible por Estrato y Tipos de Bosques
61	Tabla 37. Balance del Potencial de Producción Sostenible de Leña versus Consumo con Fines Energéticos



Fotografías

- 16 Foto 1. Horno para calentamiento de aire en secadero de granos
18 Foto 2. Patio de acopio de leña de *Eucalyptus spp.* en industria aceitera de Itapúa
21 Foto 3. Horno de secado de arroz–Itapúa
22 Foto 4. Briquetadora y briqueta de cascarilla de arroz
24 Foto 5. Hornos “Albert” utilizados para la producción de cerámica–Chaco
25 Foto 6. Quemadores de chips en industrias cerámicas (Tobatí y San Pedro)
25 Foto 7. Hornos móvil y de túnel. Bella Vista
27 Foto 8. Secado de ladrillos comunes al aire libre–Acahay
27 Foto 9. Hornos “Comunes” en Tobatí
28 Foto 10. Hornos “Comunes” en Itá y Acahay
28 Foto 11. Hornos “Comunes” en Nueva Germania
29 Foto 12. Quema del bagazo de caña en caldera de la planta de Troche
31 Foto 13. Hornos de sapecado, alimentados a chips y leña, en Itapúa
33 Foto 14. Caldera en la producción de fécula de mandioca. San Pedro
34 Foto 15. Estufa y curado del Tabaco Virginia
35 Foto 16. Alambique utilizado por pequeños productores de esencia de petitgrain
35 Foto 17. Alambique continuo, de tres pipones, para la extracción de petitgrain
38 Foto 18. Calderas en la industria maderera
40 Foto 19. Hornos utilizados en calefacción para la cría de pollos
40 Foto 20. Horno para calefacción en la cría de pollos. Col. Independencia
46 Foto 21. Calderas y leña en curtidurías de cuero
48 Foto 22. Hornos utilizados en la producción de cal viva–Itacuá
57 Foto 23. Plantaciones de *Eucalyptus spp.*

Figuras

- 13 Figura 1. Variación del Consumo de Leña y Carbón en Hogares, a Nivel Nacional
15 Figura 2. Comparación entre Producción y Exportación de Carbón Vegetal
24 Figura 3. Distribución del consumo anual de energía en una industria cerámica (%)
32 Figura 4. Distribución del consumo de energía en una industria yerbatera (kWh-año)
42 Figura 5. Demanda energética en industria avícola y costos anuales asociados (%)
53 Figura 6. Consumo de biomasa por grandes sectores, en porcentaje
55 Figura 7. Ranking de consumo de biomasa dentro del sector industrial
56 Figura 8. Consumo según origen de la biomasa, en porcentaje
62 Figura 9. Representación Gráfica del Balance de Biomasa Forestal



PRESENTACIÓN

Según los informes anuales del Balance Energético Nacional se puede notar que el consumo de energía en Paraguay aumenta anualmente, manteniendo una composición relativamente estable en el tiempo, debido a que, actualmente, los hidrocarburos constituyen el principal grupo energético consumido, generando dependencia energética externa. En el país, el uso de fuentes de Energía Renovables No Convencionales (ERNC) es imperceptible, apenas algunas pocas plantas de energía solar y de biogás, en determinados sectores de la agroindustria. No se registra la existencia de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH). Con la entrada en funcionamiento de la planta de pulpa de papel, en el norte del país, la biomasa podría asumir un rol importante entre las ERNC¹.

La biomasa es una de las fuentes de energía renovable más confiable, puede renovarse constantemente y almacenarse, lo que facilita la generación térmica y eléctrica. También protege el ambiente, genera puestos de trabajo, reduce la emisión de gases de efecto invernadero, convierte residuos en recursos, moviliza inversiones y promueve nuevos negocios. Sin embargo, en el país, la hidroelectricidad sigue siendo la única fuente energética renovable y sostenible, mientras que la biomasa, aunque es renovable, no siempre se maneja de manera sostenible.

La incertidumbre que provoca el constante aumento de precio del petróleo y el escenario que se plantea, a futuro, con el abastecimiento de la hidroenergía, evidencian la necesidad de diversificar las fuentes energéticas del país. Por esta razón, Paraguay ha actualizado recientemente su Política Energética Nacional (PEN), al año 2050, con el fin de impulsar la diversificación energética como una forma de abrir espacios de participación a los combustibles alternativos, entre ellos, a la biomasa.

Paraguay tiene una alta capacidad de generación hidroeléctrica, pero la industria se alimenta en gran medida de leña, tradicionalmente barata (que constituye el 83 por ciento del uso de energía industrial), lo que genera una gran cantidad de emisiones por la quema de madera y la deforestación asociada²; sin embargo, poco o nada se ha hecho para que la cadena

de abastecimiento de biomasa forestal sea sostenible, a pesar de reconocerse que la misma, y la leña en especial, son parte integral de la matriz energética nacional.

Adicionalmente, existe gran incertidumbre con respecto a la disponibilidad real de biomasa forestal como energético, para seguir supliendo las necesidades crecientes del sector industrial, en las condiciones actuales de aprovechamiento.

El VMME, con el apoyo de la cooperación internacional, ha publicado dos estudios relacionados con el consumo de la biomasa en el Paraguay, en los años 2013 y 2019 respectivamente³, ambos de gran relevancia como fuente de información para mejorar la base de datos en el área de las energías renovables no convencionales.

Ante la necesidad de actualizar ambos documentos elaborados anteriormente, el VMME ha solicitado la cooperación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para este menester. Este nuevo trabajo de actualización resulta de un proceso de compilación y análisis de datos referentes al año 2022, mayormente. Las informaciones aquí presentadas fueron obtenidas a partir de fuentes primarias del sector directamente involucrado, así como de fuentes secundarias, como estadísticas publicadas por instituciones públicas y privadas, y estudios relacionados con el uso de la biomasa (leña y carbón vegetal), tanto a nivel residencial como industrial y su exportación, entre otras.

Con este trabajo se busca acercar el conocimiento actualizado del mercado de consumo de biomasa y sus principales características de forma esquemática y general, con el propósito de contribuir tanto al desarrollo de negocios como al diseño, formulación y ejecución de políticas públicas que promuevan el crecimiento del sector bioenergético en el Paraguay.

Abog. Mauricio Bejarano

Viceministro

Viceministerio de Minas y Energía

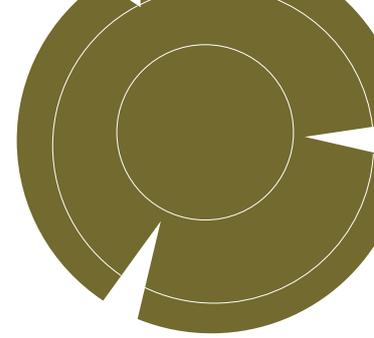
1 La planta de PARACEL producirá 220 MW de energía renovable a partir de biomasa forestal.

2 Evaluación de la Estructura del Mercado de la Leña en Paraguay (2021).

3 Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013) y Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay (2019).

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACERVA	Asociación de Cerveceros Artesanales y Caseros del Paraguay	FVC	Fondo Verde para el Clima
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo	INFONA	Instituto Forestal Nacional
BCP	Banco Central del Paraguay	IFN	Inventario Forestal Nacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	INTN	Instituto Nacional de Tecnología y Normalización
CAPAINLAC	Cámara Paraguaya de Industriales Lácteos	INYM	Instituto Nacional de la Yerba Mate
CAPAMA	Cámara Paraguaya de Mandioca y Almidones	IMA	Incremento Medio Anual
CAPAMOL	Cámara Paraguaya de Molineros	IPTA	Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria
CAPARROZ	Cámara Paraguaya de Industriales de Arroz	MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
CAPECO	Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas	MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
CAPEXSE	Cámara Paraguaya de Exportadores de Sésamo	MIC	Ministerio de Industria y Comercio
CH	Contenido de Humedad	MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	NIMF	Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	NP	Norma Paraguaya
CNPV	Censo Nacional de Población y Vivienda	NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
DEA	Dirección de Energías Alternativas	OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
DNCC	Dirección Nacional de Cambio Climático	ONU	Organización de la Naciones Unidas
EPH	Encuesta Permanente de Hogares	PARACEL	Planta de celulosa, que se instalará en Concepción
EUROCLIMA+	Programa de Cooperación Regional entre la Unión Europea y América Latina	PFAVA	Productos Forestales de Alto Valor Agregado
ERNC	Energías Renovables no Convencionales	PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	PEN	Política Energética Nacional
FIAPP	Fundación Internacional e Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas	PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
FMAM	Fondo Mundial para el Medio Ambiente	REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
FSC	Forest Stewardship Council	REIL	Registro Industrial en Línea
		SENACSA	Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal
		SINASIP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay
		UHT	Temperatura Ultra Alta
		VMME	Viceministerio de Minas y Energía



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades del Estudio

El presente documento es la actualización del estudio “Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay”, desarrollado por el VMME en el 2019. Describe de manera clara y concisa el consumo de biomasa, forestal y no forestal, registrado en el sector residencial, industrial, y de exportación del país, con especial énfasis en la utilización de leña y carbón vegetal, proveniente tanto de los bosques nativos como de plantaciones forestales. Abarca 31 sectores que, en principio, son los más relevantes en cuanto a consumo de biomasa. Existen otras industrias que no fueron incluidas en este estudio, como por ejemplo las chiperías y panaderías⁴, la industria de fertilizantes, las parrilladas y pollerías, destilerías de caña, entre otras, debido a la falta de datos confiables. La industria cementera, compuesta por tres empresas, tampoco ha sido incluida, porque no se ha podido determinar, si cualquier biomasa, es utilizada en las plantas productoras de clínker⁵.

El presente estudio se sustenta en una exhaustiva recopilación de datos que combina fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias consistieron en datos recolectados directamente a través de entrevistas con actores claves de los sectores abordados, incluyendo información del sector público y privado. Por otro lado, las fuentes secundarias comprendieron datos previamente recopilados por instituciones reconocidas, informes oficiales y bases de datos oficiales relevantes. Todas estas informaciones han sido posteriormente analizadas y sintetizadas en formatos simples y específicos.

Para el análisis del potencial de producción sostenible de los bosques nativos y plantaciones, se utilizaron datos del INFONA⁶, a pesar de que estas informaciones solo reportan cobertura forestal, desconociéndose la estructura actual de los bosques, los volúmenes de existencia por rangos de edades, objetivos del manejo y/o de la producción.

Si bien el INFONA ha publicado recientemente información sobre el estado de los bosques y el uso del suelo, y las tasas de conversión de bosques a otros usos, estudios realizados con anterioridad reportan datos dispares⁷. Esto podría deberse a diversos factores como a la propia calidad de las imágenes utilizadas, a los distintos métodos de interpretación y clasificación, como así también a la diferencia entre las definiciones de cobertura forestal y bosque propiamente, que pueden generar resultados diferentes cuando se reporta la masa forestal de un país.

La cobertura forestal no trata únicamente de bosques en el sentido estricto, sino de una cobertura, la cual incluye, además de los bosques propiamente dichos, una serie de formaciones como cortinas rompevientos, barreras protectoras, arbustos o matorrales naturales o de regeneración natural de especies invasoras, o árboles aislados que incluso pueden estar mezclados con pastizales que catalogan como bosques por las definiciones que se han adoptado en el país, una para la Región Oriental y otra para la Occidental. Por ejemplo, para los informes a la CMNUCC, los resultados de los inventarios se reportan según clasificaciones determinadas, tanto por el NREF⁸ como por los Informes Bienales⁹, sobre el cambio climático de Paraguay, aunque básicamente se reduce a dos grandes grupos de vegetación con diferentes denominaciones.

4 Algunas de estas industrias están migrando al uso de hornos eléctricos.

5 El estudio “Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay (2013)” registra un consumo de 300.000 t. de biomasa en el rubro cemento.

6 Reporte Nacional de Cobertura Forestal y los Cambios de Uso de la Tierra 2017-2020 y Reporte de Cobertura Forestal y Cambios de Uso de la Tierra 2020-2022.

7 Nivel de Referencia de las emisiones forestales por deforestación en el Paraguay (2015); Sistema Satelital de Monitoreo Forestal de la Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal del INFONA; PNC ONU REDD+ Estrategia Nacional de Bosques para el Crecimiento Sostenible (2019); Global Forest Watch; Informes Bienales de Actualización de Paraguay (MADES); Monitoreo del Gran Chaco Americano – Asociación Guyra Paraguay; Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020 – Informe Principal – FAO.

8 Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC (2015); Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC (2016) y Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC.

9 Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC 2021 – MADES.

De cualquier manera, estas definiciones genéricas de bosques abren paso para el ingreso de nuevas superficies de vegetación que no se reportaron anteriormente y que, de cierta manera, son convenientes para determinados fines, pero de ningún modo ayudan al conocimiento del potencial de

producción de materia prima industrial que tienen nuestros bosques remanentes. No nos dicen qué podemos esperar de su aprovechamiento sostenible -si fuera posible-, lo cual crea confusión, afectando la definición de mejores políticas de aprovechamiento y manejo.

1.2. Estructura y Alcance

El estudio se presenta en dos capítulos específicos. El primer capítulo aborda la evaluación del consumo de biomasa (leña, carbón y otras biomásas no forestales) a nivel residencial e industrial. Asimismo, incluye el consumo de leña utilizada en la elaboración de carbón vegetal para exportación. El segundo, evalúa el potencial de producción de biomasa forestal sostenible de los bosques, tanto nativos como de plantaciones y examina el balance existente entre la potencialidad de producir sosteniblemente y el consumo actual.

En particular, el estudio da mucho énfasis al consumo de los principales sectores industriales y agroindustriales, de ambas regiones del país, entre los que destacan los asociados al secado y procesamiento de granos (soja, maíz, trigo, arroz, entre otros), a la elaboración de almidón, secado de yerba, etc.; a la industria pecuaria, en el procesamiento de la leche, carne y cueros; a la producción de etanol; a la producción de aceites vegetales, grasas

y aceites esenciales; a la producción de cal viva; a la elaboración de productos cerámicos y de olerías, entre otros.

Los resultados del consumo por sector se presentan en tablas individuales, donde se identifican los principales parámetros utilizados para el cálculo, y la producción o servicio que genera dicho consumo. Teniendo en cuenta las fuentes de información existentes y disponibles, para el cálculo de los volúmenes de biomasa consumidos, en cada uno de los sectores evaluados, se utilizaron datos sobre la producción agropecuaria e industrial del año 2022¹⁰, principalmente. El consumo residencial de leña y carbón se evaluó sobre los datos reportados por el Balance Nacional de Energía Útil de Paraguay 2023, preparado bajo la dirección de OLADE¹¹. También, en la mayoría de los subsectores considerados, se presenta un factor de consumo, incluyendo un análisis sobre las principales limitaciones encontradas en la validación de la información.

1.3. Limitaciones del Estudio

La realización del trabajo implicó afrontar una serie de dificultades, principalmente el acceso limitado a los entrevistados y a la propia información de las industrias, que en muchos casos la consideran como confidenciales. Otro factor limitante y muy marcado en el ámbito de las empresas de mediano y pequeño porte, estuvo asociado a la falta de registro de datos o de datos fiables. En particular no se manejan adecuadamente los factores de consumo, los criterios de calidad de la biomasa que se utiliza (especies, dimensionamiento, CH%) y, su consumo real en unidades verificables y comparables (por ejemplo, peso), lo que ha dificultado el llenado de la información en algunos de los sectores considerados.

En situaciones donde la información disponible no ha sido considerada razonablemente confiable, ésta ha sido desechada y nuevos datos han sido colectados a través de consultas, directamente con los involucrados en la cadena de abastecimiento y consumo.

A menos que se indique otra unidad, todos los volúmenes de consumo de biomasa se expresan en toneladas métricas, calculados en base a la densidad promedio de más de 50 especies nativas^{12,13} y, en el caso de plantaciones, del promedio de densidad de las especies de *Eucalyptus grandis*, *E. urograndis*, *E. citriodora* y *E. camaldulensis*, todas relacionadas a un porcentaje de humedad por debajo del punto de saturación de fibra (psf).

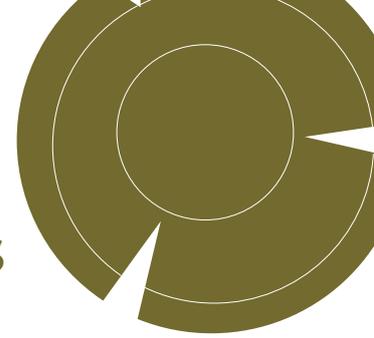
Los factores de conversión, así como los índices de rendimiento utilizados en los diferentes cálculos realizados, de acuerdo con cada sector industrial, están debidamente sustentados y referenciados en estudios investigativos realizados anteriormente sobre la materia, o han sido consultados o corroborados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

10 VI Censo Agropecuario Nacional-CAN 2022-MAG.

11 Balance Nacional de Energía Útil de Paraguay 2023 – OLADE/VMME. Realizado por la Fundación Bariloche, con el apoyo financiero de la Unión Europea, a través de la AECID.

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

13 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.



2. CONSUMO DE BIOMASA POR SECTORES

2.1. Consumo de Leña y Carbón en Hogares

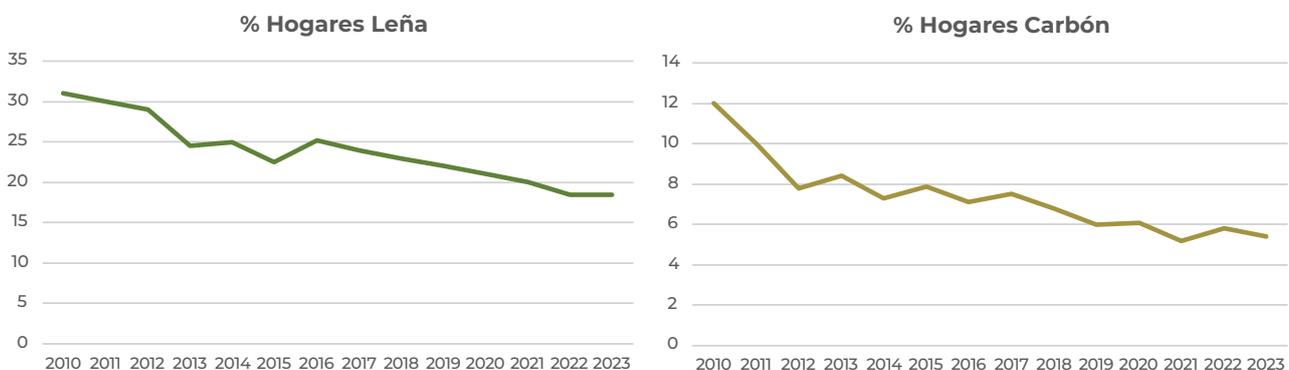
2.1.1. Generalidades del consumo de leña y carbón vegetal

La EPH del 2023, indica que, a nivel país, el 16,5% de los hogares continúan utilizando leña para cocinar sus alimentos. Adicionalmente, el consumo de carbón vegetal en hogares, también a nivel nacional, representa el 5,3%. De esta manera, alrededor del 22% de los hogares en el país dependen de la leña y el carbón vegetal para la cocción de alimentos.

En la Figura 1, se puede observar la variación del uso de leña y del carbón vegetal en hogares a nivel nacional, en el periodo 2010-2023. En el caso de la leña, puede notarse que la reducción en el consumo, en el periodo considerado, es de casi 15 puntos porcentuales, con variaciones anuales, al descenso, desde

el 2016. No existe una explicación única para este comportamiento. Muchos pueden ser los motivos, incluyendo la escasez de leña cerca de los centros poblados, lo que implicaría un mayor tiempo destinado a la recolección y acondicionamiento de la misma. No obstante, no podría descartarse que se deba a un conjunto de factores asociados, como la practicidad y eficiencia en el uso del gas y la introducción de la electricidad, en la cocción de alimentos en el ámbito rural, todo esto, motivado por la ya mencionada escasez de leña o simplemente por el cambio que se está obrando en la mentalidad de la población rural.

Figura 1. Variación del Consumo de Leña y Carbón en Hogares, a Nivel Nacional



Fuente: Elaboración propia, en función a Encuesta Permanente de Hogares (Serie años 2010-2023)

Si bien el carbón vegetal muestra también un patrón descendente, el consumo de leña, en términos de volumen, es superior al consumo de carbón. Es decir, muchos más hogares utilizan leña para la cocción de alimentos que los hogares consumen carbón para el mismo propósito. Sin embargo, el consumo de carbón es siempre más marcado en los hogares urbanos que en los rurales.

Considerando que cada hogar se compone, en promedio, de 3,5 miembros, 1.270.678 habitantes continúan utilizando leña y carbón vegetal para la cocción de sus alimentos, siendo que, de este total, 962.503 habitantes consumen leña y 308.175 carbón vegetal¹⁴.

14 Censo Nacional de Población y Viviendas-INE. Encuesta Permanente de Hogares Continua 2022-2023. Anual-No incluye los departamentos, Boquerón y Alto Paraguay, comunidades indígenas y viviendas colectivas.

2.1.2. Consumo per cápita de leña

Numerosos estudios publicados 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 t. de leña per cápita-año, para diferentes sitios de la Región Oriental del país. FAO¹⁵, en la publicación titulada “Sostenibilidad de la Biomasa Forestal para Energía y del Etanol de Maíz y Caña de Azúcar en Paraguay” (2018), reporta un consumo de leña en hogares rurales que varía entre 10-15 t. por familia-año.

El Balance Nacional en Energía Útil 2011 (2014) reporta un consumo promedio hogar de 8,06 kg-día, mientras que en el Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023, un consumo familiar urbano de 0,309 t.-año y un consumo residencial rural

de 1,733 t.-año. Martínez, M. A. (2019), cita consumos que varían entre 3,42 y 5,13 m³-año-hab. El estudio elaborado por el VMME, en el 2019, titulado “Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay” se sustentó en los valores de consumo per cápita publicados por la FAO¹⁶, que a la fecha se presentan desfasados en el tiempo.

Por este y otros aspectos relacionados con los resultados del censo nacional de población y vivienda en Paraguay (2022), los índices de consumo en hogares aquí calculados y publicados se sustentan en el Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023 y, por lo tanto, no son comparables con los resultados obtenidos en el estudio anterior.

2.1.3. Cálculo del consumo de leña en hogares

El cálculo del consumo de leña en hogares se realiza tomando en consideración los consumos de energía residencial urbano y rural, reportados por el Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023, tal como se muestra en la Tabla 1.



El consumo total de leña en hogares asciende a 1.374.265 t-año, equivalentes a 1.787.081 m³-año.

Tabla 1. Consumo de Leña en Hogares

ÁREA DE RESIDENCIA	CANTIDAD DE HOGARES	CONSUMO POR HOGAR (t-año)	LEÑA-CONSUMO TOTAL (t-año)
Urbana	1.216.862	0,309	376.010
Rural	576.027	1,733	998.255

Fuente: Elaboración propia, en función a datos del Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023.

2.1.4. Consumo de carbón vegetal en hogares

El cálculo se realiza tomando en consideración los consumos de energía residencial urbano y rural, reportados por el Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023), tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo de Carbón Vegetal en Hogares (expresado en t-año de leña)

ÁREA DE RESIDENCIA	CANTIDAD DE HOGARES	CONSUMO POR HOGAR (t-año)	LEÑA-CONSUMO TOTAL (t-año)
Urbana	1.216.862	0,244	296.914
Rural	576.027	0,210	120.966

Fuente: Elaboración propia, en función a datos del Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023.

15 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/df37af1a-d257-4843-ba50-1c0b590730af/content>

16 La página www.fao.org/docrep/x5332s/x5332s09.htm ha sido removida a la presente fecha.



El consumo total de carbón vegetal, expresado en t-año de leña, asciende a 417.880. Este volumen está conformado, estimativamente, por 90% biomasa nativa y 10% biomasa de plantaciones.

2.2. Producción de Carbón Vegetal de Exportación

2.2.1. Generalidades de la producción y exportación de carbón vegetal

La exportación de carbón vegetal ha tenido fluctuaciones significativas en la última década. Según cifras reportadas por el BCP¹⁷, a través de su Boletín de Comercio Exterior, las exportaciones de carbón vegetal se redujeron de unas 215,8 mil t. anuales en el año 2010, a 86,9 mil t. en el 2016. A partir del año 2017, se verifica un repunte importante, llegando a 176,7 t. en el 2022. La exportación de carbón vegetal, en el 2022, representó, en valores monetarios, más del 56% del total de las exportaciones madereras del país.

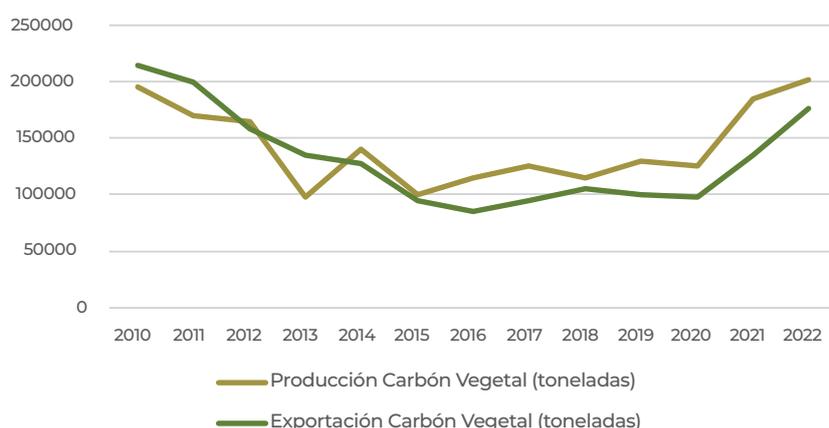
Según el estudio “Evaluación de la Estructura del Mercado de la Leña en Paraguay (2021)”, cuyos datos de producción de carbón fueron proveídos por el INFONA y que se sustentan en las guías emitidas por la institución en ese concepto, entre los años 2010-2020 se produjeron, en el país, 1.428.781 t. de carbón vegetal, de los cuales un 63% provino del bosque nativo, un 26% de residuos de aserraderos y un 11% de material de reforestación.

En la Figura 2 se muestran los valores de producción de carbón vegetal, reportado por el INFONA (Años 2010-2022)¹⁸, y los de exportación, para el mismo periodo. Se observa que, en determinados años, el volumen de exportación fue mayor a la producción local de carbón vegetal, lo cual indica inconsistencias en los registros oficiales. Al considerar también los consumos domésticos y de la industria, el desfase es aún mayor.

La producción de carbón vegetal para exportación se basa mayormente en maderas de especies latifoliadas del Chaco, que le otorga al producto exportado reconocimiento, por su calidad, alto rendimiento, resistencia y poder calorífico.

Aunque la producción de carbón vegetal en el país está caracterizada por la informalidad en toda su cadena de producción, sigue siendo importante fuente de trabajo e ingreso para la población rural y determinadas comunidades nativas en el Chaco.

Figura 2. Comparación entre Producción y Exportación de Carbón Vegetal



Fuente: Elaboración propia, en función a datos del INFONA y BCP.

17 <https://www.bcp.gov.py/serie-detallada-de-comercio-externor-i1496>

18 Extraído de Noguez, J.P. (2021). Evaluación de la Estructura del Mercado de la Leña en Paraguay. Estudio financiado en el marco del Proyecto “Promoviendo la inversión del sector privado en eficiencia energética en el sector industrial del Paraguay” (FP063) financiando por el FVC, implementado por el BID, y ejecutado por la AFD. Paraguay.

2.2.2. Consumo de Leña en la Producción de Carbón Vegetal para Exportación

En la Tabla 3 se presenta el cálculo para la determinación del consumo de leña utilizada en la producción de carbón vegetal para exportación, correspondiente al año 2022, y su equivalencia en toneladas y metros cúbicos de leña.

Tabla 3. Consumo de Leña en la Producción de Carbón Vegetal de Exportación

CARBÓN VEGETAL EXPORTACIÓN AÑO 2022 (t.) ^(*)	BIOMASA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL	
	Leña-Consumo Total (m ³ -año) ^(**)	Leña-Consumo Total (t-año) ^(***)
176.763	1.149.304	883.815

(*) Boletín de Comercio Exterior – BCP (2022).

(**) Densidad leña BN = 769 kg/m³

(***) Calculado considerando un rendimiento leña-carbón: 20%.

Fuente: Elaboración propia



La exportación de 176.763 t. de carbón vegetal (2022), representó, en términos de consumo de leña, 883.815 t-año, equivalentes a 1.149.304 m³-año.

2.3. Secado de Granos de Soja

2.3.1. Generalidades en el secado de granos

El mayor inconveniente en la cosecha de granos húmedos es la necesidad de reducir su contenido de humedad a niveles seguros para su almacenamiento, procesamiento y exportación, siendo un proceso que exige un gran consumo de energía, por la cantidad de soja producida en el país.

En general, el secado artificial de granos se realiza mediante la quema de leña en hornos para el calentamiento del aire, con ventiladores o turbinas que mueven el aire; en pocos casos, se utilizan calderas con intercambiadores de calor.

Foto 1. Horno para calentamiento de aire en secadero de granos



Fuente: Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

El consumo de energía en un secador no debe medirse solamente en unidades de combustible usado en el proceso, sino es importante que se relacione, este consumo, con la cantidad de agua evaporada.

El consumo de biomasa por unidad de agua evaporada varía con diversos parámetros. De ellos, los más importantes son: la variación de la humedad del producto durante el secado (tasa de secado), las condiciones ambientales y el tipo de secador empleado. La tasa de secado de granos depende

principalmente de la temperatura, del flujo de aire de secado, y del contenido de humedad inicial y equilibrio de los granos. Cada producto se seca a una tasa diferente y cada uno presenta exigencias más o menos precisas respecto a la calidad.

El uso de leña como fuente de calentamiento de aire para el secado de granos es una técnica muy difundida en el Paraguay. En los últimos años, la utilización de leña de especies de plantaciones (*Eucalyptus spp.* y sus clones), ha cobrado mayor relevancia sobre las especies nativas; no obstante,

a nivel país, todavía se observa la utilización de leña nativa, mezclada con la de plantaciones, lo que dificulta su cuantificación. Algunos referentes en este negocio de secado estiman que la relación podría situarse en 10% de biomasa nativa y 90% de biomasa de plantaciones. Sin embargo, varias industrias ubicadas en el este del país han reportado un consumo de 100% de biomasa de plantaciones, lo cual indica una tendencia hacia la utilización de biomasa de plantaciones en lugar de biomasa nativa.

2.3.2. Producción de soja

El cultivo de soja es el más importante en cuanto a superficie de plantación, logística, valor de la producción y rendimiento económico. Paraguay es el sexto país en producción, y el tercer mayor exportador del mundo¹⁹. Juntamente con Brasil, Argentina, Uruguay y Bolivia, conforman la mayor región productora de soja en el mundo con un importante peso en el mercado mundial, que se estima en 55%^{20, 21, 22}.

Conforme a los datos de la zafra 2022-2023, reportados por CAPECO²³, el país produjo 9.859.716 t. de soja, se exportaron 6.492.929 t. (65,9%) y, 2.933.185 t. (29,7%), fueron destinadas a la elaboración de aceites y sus derivados. Un remanente de 433.601 t. corresponde a semillas de uso doméstico. En la zafra 2023-2024 se alcanzó una producción de 11.074.900 t.

2.3.3. Parámetros utilizados en el cálculo de secado de soja de exportación

El grano de soja es muy higroscópico, absorbe humedad y pierde humedad con mayor facilidad que otros granos²⁴. En función a consultas realizadas, entre los principales exponentes del sector, la soja recién cosechada, de la zafra 2022-2023, habría variado en humedad, en promedio, entre 14% y 18%. Las normas internacionales de comercialización, en cuanto al contenido de humedad del grano, no varían significativamente entre destinos de exportación, en consecuencia, se ha considerado utilizar un CH promedio de 13%, aceptable para los

estándares de recepción en los países importadores²⁵. Asimismo, se ha considerado aceptable aplicar la relación de consumo: 0,0043 t. de leña por cada porcentaje de humedad reducida por secado, en una t. de soja, calculado en función a las informaciones recogidas de las diferentes empresas entrevistadas.

Tomando en consideración los parámetros y condicionantes previamente enumerados, en la Tabla 4 se muestran los resultados del cálculo del consumo de leña para el secado de soja de exportación.

Tabla 4. Biomasa para el Secado de Soja de Exportación. Zafra 2022-2023

SOJA DE EXPORTACIÓN (t) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
6.926.530	2	0,0043	59.568

(*) Volumen de exportación reportado por CAPECO + Volumen de semillas para uso doméstico (433.601 t.).

(**) Diferencia del CH del grano de soja entre la humedad de entrada al secador y el CH para exportación.

(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de soja), calculado en función a informaciones recolectadas de las empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.

19 <https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>

20 https://www.3tres3.com/es-mx/ultima-hora/maiz-y-soya-proyecciones-para-la-campana-2022-2023-usda_14216/

21 <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17454/1/Revista-INIA-75-dic-2023-11.pdf>

22 <https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/2023-5d70e-Soya-y-derivados.pdf>

23 <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>

24 <https://www.fao.org/4/x5028s/X5028S0e.htm>

25 La Norma de calidad para la comercialización de soja en la Argentina establece que a tolerancia de recibo es de 13,5% (<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/norma17-soja.pdf>); mientras que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) de Brasil recomendó, en febrero de 2022, reducir el contenido máximo de humedad de 14% al 13% (<https://www.mundomaritimo.cl/noticias/humedad-en-los-granos-de-soja-ganancia-para-el-productor-problemas-para-el-naviero>).

2.3.4. Parámetros utilizados en el cálculo del secado de la soja de industrialización

Según CAPECO²⁶, el 29,7% de la soja producida ha sido destinada a la industria aceitera y sus derivados, incluyendo la elaboración de biodiesel. En la industrialización, el contenido de humedad deseado es de 10% para poder optimizar la eficiencia de extracción de aceite²⁷. En teoría, secar soja hasta 10% de humedad, debería resultar en un aumento en el consumo de biomasa por cada porcentaje de humedad que se reduce²⁸, sin embargo, no

habiéndose podido obtener información comprobatoria, se optó por utilizar la misma relación de consumo de 0,0043 t. de leña por cada porcentaje de humedad reducida por secado, en una t. de soja.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del cálculo del consumo de leña para el secado de soja destinada a la elaboración de aceite y otros derivados.

Foto 2. Patio de acopio de leña de *Eucalyptus spp.* en industria aceitera de Itapúa



Fuente: VMME 2019.

26 <https://capeco.org.py/uso-de-la-soja-es/>

27 https://www.engormix.com/balanceados/extrusado-alimentos/acondicionado-soja-antes-ingreso_f18053/

28 Opinión del Consultor.

Tabla 5. Consumo de Biomasa para el Secado de Soja de Industrialización

SOJA DE INDUSTRIALIZACIÓN (t.) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
2.933.185	5	0,0043	63.063

^(*) Volumen de soja destinado a la industria aceitera, según CAPECO.

^(**) Diferencia entre el CH del grano de entrada al secador y el de salida–Humedad reducida por secado.

^(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de soja), calculado en función a informaciones recolectadas de las empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para el secado de soja, tanto de exportación como de industrialización, asciende a 122.631 t-año (equivalentes a 222.965 m³-año), estimándose que podrían provenir, en un 100%, de plantaciones.

2.4. Secado de Granos de Maíz

2.4.1. Producción de maíz

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia económica de Paraguay²⁹. La producción comercial del maíz ha venido creciendo sostenidamente desde la zafra 2010-2011 hasta la actualidad, inclusive en el Chaco las plantaciones se han intensificado desde los años 2017-2018³⁰. La producción comercial del año 2022 asciende a 6.407.317 t., de este total, la exportación representó el 71,9%. Según los índices de mercado, este cereal tiene mayor valor agregado para la cría de animales, como alimento y en la producción de etanol.

La semilla de maíz comúnmente se cosecha cuando el grano tiene 20-25%³¹ de humedad; sin embargo, este contenido de humedad depende en gran medida de las condiciones climáticas imperantes durante la cosecha. El IPTA recomienda cosechar con un CH que varían entre 25 a 28%. Por otro lado, la humedad máxima en el grano de maíz para la comercialización es de 14%³². Esto último también varía según el uso y la base de comercialización del maíz en los países compradores.

2.4.2. Parámetros utilizados en el cálculo de secado de maíz

Para los efectos del cálculo del consumo de biomasa en el secado de maíz, se utiliza un CH promedio de 20%, del grano a la entrada del secador. Este nivel de humedad es el comúnmente indicado por las industrias; sin embargo, algunas consideran humedades por encima de este valor. Como humedad de salida o de almacenamiento, se arbitra 14%, en función a las informaciones recogidas de las diferentes empresas entrevistadas. Asimismo, se ha considerado aceptable aplicar la relación de consumo: 0,010 t.

de leña por cada porcentaje de humedad reducida por secado, en una t. de maíz, calculado en función a las informaciones recogidas de las diferentes empresas entrevistadas.

Tomando en consideración la producción nacional, cosecha 2022, y los parámetros previamente definidos, el cálculo del consumo de leña para el secado de maíz se presenta en la Tabla 6.

29 <https://agriculture.basf.com/py/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/cultivos/cultivo-de-maiz>

30 <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>

31 <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/cultivo-del-maiz-739739.html>

32 <https://idp.cimmyt.org/esto-es-lo-que-debes-saber-sobre-la-humedad-del-grano-si-piensas-comercializar-maiz/>

Tabla 6. Biomasa para el Secado de Granos de Maíz

MAÍZ PRODUCCIÓN (t) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
6.407.317	6	0,010	384.439

^(*) <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>

^(**) Diferencia entre el CH de entrada al secador y el de salida–Humedad reducida por secado.

^(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de maíz), calculado en función a informaciones recolectadas de las empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para el secado de la producción comercial de maíz, asciende a 384.439 t-año, de las cuales se estima que, aproximadamente, el 91% corresponde a biomasa forestal de plantaciones (equivalente a 635.652 m³-año) y, el restante 9%, a otras biomásas no forestales.

2.5. Secado de Granos de Trigo

2.5.1. Producción de trigo

El cultivo de trigo ha experimentado en los últimos años fluctuaciones, con tendencia a la disminución, en el área de siembra y producción, con indicios de recuperación en el año 2023. Según la CAPECO³³ la producción comercial de trigo, en el año 2022, fue de 851.003 t., mientras que el volumen de exportación alcanzó 201.003 t.

A diferencia del maíz, el trigo rara vez se cosecha a humedades superiores al 20%³⁴. La tolerancia máxima del contenido de humedad en la masa del grano de trigo es de 13,5%, según la Norma Paraguaya³⁵. La CAPAMOL, ha establecido una escala de descuentos para niveles elevados de humedad³⁶.

2.5.2. Parámetros utilizados en el cálculo de secado de trigo

En el cálculo del secado de trigo, se utilizó un CH promedio de cosecha o entrada al secador de 16%. Como humedad de salida o de almacenamiento, se asume 13%, de conformidad con las informaciones

recogidas de las diferentes empresas entrevistadas. Atendiendo a estos parámetros, el cálculo del consumo de leña se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Consumo de Biomasa para el Secado de Granos de Trigo

TRIGO PRODUCCIÓN (t.) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
851.003	3	0,015	38.295

^(*) <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>

^(**) Diferencia entre el CH de entrada al secador y el de salida–Humedad reducida por secado.

^(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de trigo), calculado en función a informaciones recolectadas de las diferentes empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para el secado de la producción comercial de trigo, asciende a 38.295 t-año, equivalentes a 69.628 m³-año. Según informaciones recabadas, este consumo correspondería a biomasa de plantaciones.

³³ <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>

³⁴ <https://www.fao.org/4/x5028s/X5028S00.htm#Contents>

³⁵ Norma Paraguaya NP 23 009 85 Granos Comerciales de trigo.

³⁶ Mencionado en Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay–MOPC/VMME/BID (2019).

2.6. Secado de Granos de Arroz

2.6.1. Producción de Arroz

La producción comercial de arroz muestra una clara orientación hacia la exportación. En términos generales, más del 80% de la producción nacional se exporta y la restante es absorbida por el mercado interno para el consumo directo y el uso como semillas³⁷.

Según estimaciones de CAPARROZ³⁸, la producción total de arroz, de la zafra 2022-2023, fue de 1.137.500 t.

2.6.2. Parámetros utilizados en el cálculo de secado de arroz

Alonso, G. (2015), en su “*Estudio de Eficiencia Energética en el Secado del Arroz en Paraguay*” determinó que el 35% de las industrias utilizaban leña para los requerimientos de energía de los secaderos, mientras que el 65% restante quemaba cascarilla de arroz. Según consultas realizadas durante la recolección de datos, en la actualidad, menos empresas estarían utilizando biomasa forestal en el proceso de secado del arroz, ya que diversas industrias han incorporado sistemas de secado más diversificados que utilizan, como energético, cascarilla y/o briquetas de cascarilla de arroz.

Por regla general, la cosecha se inicia cuando los granos alcanzan un CH que oscila entre 27 y 28%; sin embargo, se ha informado que la humedad del grano, al ingresar al secadero, tiene en promedio 22%. La humedad requerida de almacenamiento es 12%, sea para la utilización como semilla o para elaboración industrial. Los cálculos del consumo de biomasa para el secado de arroz, considerando los parámetros mencionados previamente, se presentan en la Tabla 8.

Foto 3. Horno de secado de arroz-Itapúa



Fuente: VMME (2019)

37 Radiografía de la Producción de Arroz en Paraguay (2021).

38 <https://www.ugp.org.py/2023/05/26/exportaciones-de-arroz-ingreso-usd-102-millones-en-primer-cuatrimestre/>

Foto 4. Briquetadora y briqueta de cascarilla de arroz



Fuente: VMME (2024)

Tabla 8. Consumo de Biomasa para el Secado de Arroz

ARROZ PRODUCCIÓN (t.) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
1.137.500	10	0,007	79.625

(*) Producción arrocerza zafra 2022-2023, según estimaciones de CAPARROZ.

(**) Diferencia entre el CH de entrada al secador y el de salida–Humedad reducida por secado.

(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de arroz), calculado en función a informaciones recolectadas de las diferentes empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para el secado de la producción comercial de arroz, asciende a 79.625 t-año, de las cuales, se estima que 1.164 t-año provienen de bosques nativos, 2.131 t-año de plantaciones de *Eucalyptus* y, 76.330 t-año de otras fuentes no forestales, como cascarilla de arroz.

2.7. Secado de Canola, Sorgo y Chía

Si bien en el contexto agrícola, Paraguay produce otros granos y semillas como canola, sorgo, girasol, sésamo y chía, el volumen de éstos no llega a ser muy significativo, cuando comparado con la soja, maíz y el trigo.

La producción comercial de sorgo y chía se orienta mayormente hacia la exportación. En el caso del sorgo, en el año 2022, más del 86% de la producción nacional se exportó y el restante fue absorbido por el mercado interno para la producción de harina y alimentación de animales. Mientras tanto, según CAPEXSE³⁹, Paraguay se yergue como el mayor

exportador de chía del mundo. Sin embargo, la canola, es mayormente procesada en el país, a pesar de una creciente demanda internacional por la oleaginosa.

Según informaciones reportadas por el “Atlas de Estadísticas Ambientales del Paraguay / Compendio Estadístico Ambiental”, el “VI Censo Agropecuario” y el *Diario La Nación* (Edición del 04 de junio 2023), en 2022, la producción de canola fue de 47.255 t., la de sorgo 32.336 t. y la de chía 38.070 t., respectivamente.

39 <https://www.forbes.com.py/macroeconomia/paraguay-mayor-exportador-chia-mundo-n62889>

En el secado, tanto del sorgo como de la canola y chíá, se utilizan los mismos tipos de hornos o secaderos empleados para la soja y maíz. Según informaciones recabadas de las industrias consultadas, el CH promedio, tanto del sorgo como de la canola y la chíá, a la entrada del secador fluctúa entre 12% y

22%, mientras que, la humedad de salida o de almacenamiento, fluctúa entre 10% y 14%, dependiendo del destino que se le dará (procesamiento interno o exportación). Atendiendo a estos parámetros, el cálculo del consumo de leña se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Consumo de Biomasa para el Secado de Canola, Sorgo y Chíá

TIPO DE GRANO	PRODUCCIÓN (t.) ^(*)	Δ HUMEDAD (%) ^(**)	FACTOR DE CONSUMO (t. leña x cada % de humedad reducida) ^(***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
Sorgo	32.336	6	0,008	5.648
Canola	47.255			
Chía	38.070			

^(*) información reportada por el Atlas de Estadísticas Ambientales del Paraguay / Compendio Estadístico Ambiental, el VI Censo Agropecuario (2022) y el Diario La Nación, edición 04 Junio 2023.

^(**) Diferencia entre el CH de entrada al secador y el de salida–Humedad reducida por secado.

^(***) Factor de consumo de leña (t. de leña por cada % de humedad reducida, en una t. de sorgo, de canola o chíá), calculado en función a informaciones recolectadas de las empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para el secado de la producción comercial de canola, sorgo y chíá, asciende a 5.648 t-año (equivalentes a 10.269 m³-año). Según informaciones recabadas en las industrias entrevistadas, este consumo correspondería a biomasa de plantaciones.

2.8. Industrias Cerámicas

2.8.1. Generalidades de la industria cerámica

Las olerías y cerámicas representan los sectores más complejos en cuanto a la estimación del consumo de biomasa. Esta complejidad está asociada, fundamentalmente, a la falta de información de producción y consumo, no existen registros adecuados y, los que existen, tienden a ser poco precisos y, en determinados segmentos de la producción, la informalidad permea los controles existentes.

Según datos obtenidos del REIL y otras fuentes⁴⁰, existen más de 150 industrias de cerámicas localizadas en los Departamentos de Cordillera, Central, Itapúa, Pte. Hayes, San Pedro, Alto Paraná y Boquerón, principalmente. La ciudad de Tobatí, ubicada en el departamento de Cordillera, es muy conocida por su cerámica y, en ella y sus alrededores, existen 78 industrias que se dedican a este menester⁴¹. Actualmente, la Intendencia de Tobatí,

registra en su catastro la cantidad de 32 cerámicas industriales y 38 cerámicas de un solo producto (ladrillo hueco, ladrillo de tres agujeros o prensado)⁴².

Se estima que dos terceras partes de las industrias del rubro utilizan biomasa nativa como fuente principal de energía (véase Tabla 10), en la cocción de los diferentes productos fabricados (ladrillos, ladrillos huecos, tejas, tejuelones, etc.). Por otro lado, el tercio restante de las industrias cerámicas son consumidoras de astillas de madera (*chips*), aserrín y carbonilla, subproductos éstos que provienen de plantaciones de *Eucalyptus*, residuos de la industria del aserrío y de la carbonización, respectivamente. Mayormente operan con hornos tipo “Albert”, de diferentes capacidades, con quemadores que son alimentados a leña y con mezclas de aserrín, *chips* y carbonilla, mejorando de esta manera la eficiencia energética del proceso de quema⁴³. Otras industrias, aún más

40 Registro Industrial en Línea, del Ministerio de Industria y Comercio; Informe de Catastro suministrado por la Intendencia de Tobatí, de fecha 14 de febrero de 2024; Listado de industrias cerámicas proporcionado por el Consultor Carl Arco; Consumo de leña para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay (Díaz-Lezcano, M.I., et al); Lista Preliminar de Industrias Consumidoras de Biomasa, elaborado por el VMME (2024); y consultas durante las visitas de campo.

41 Díaz-Lezcano, M.I. (2022).

42 Informe de catastro suministrado por la Intendencia de Tobatí.

43 El mejoramiento en la eficiencia energética se da porque estos subproductos forestales (mezclas de aserrín, *chips* y carbonilla) son mucho más homogéneos en calidad y contenido de humedad, y también poseen mayor poder calorífico, principalmente por la mezcla con carbonilla.

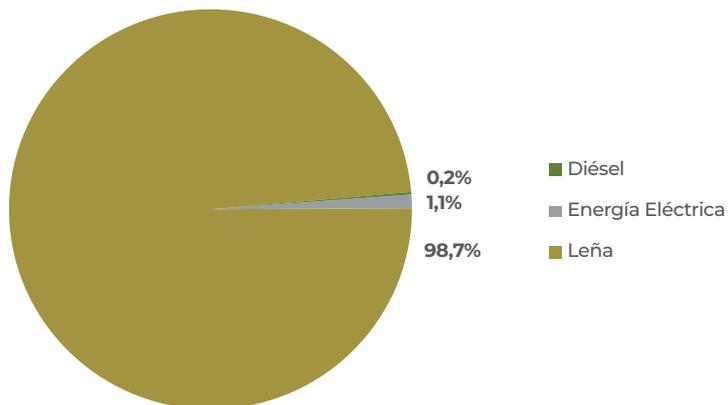
Estimación del consumo y producción de biomasa forestal con fines energéticos

avanzadas en tecnología, utilizan hornos móviles y de túneles, con quemadores alimentados también con aserrín o *chips*, o mezcla de ambos.

Como se indicó previamente, las industrias cerámicas son altamente demandantes de biomasa para el proceso de cocción de los productos. En este contexto, un diagnóstico energético⁴⁴ llevado a cabo

en una industria cerámica de Tobati, ha demostrado que el 98,7% del consumo total de energía de la industria, corresponde a energía térmica generada mediante la quema de leña, siendo la restante energía eléctrica (1,13%) y despreciable el consumo de diésel. Véase Figura 3.

Figura 3. Distribución del consumo anual de energía en una industria cerámica (%)



Fuente: Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

Foto 5. Hornos “Albert” utilizados para la producción de cerámica–Chaco



Fuente: VMME (2024)



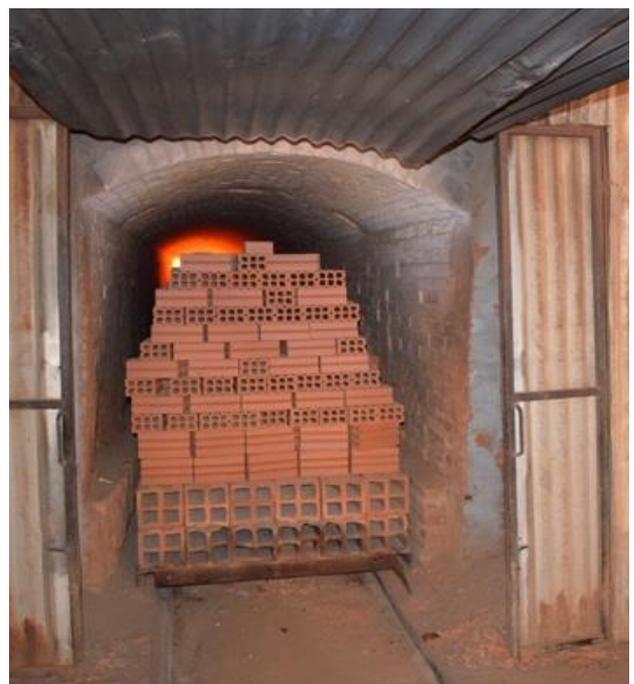
⁴⁴ Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022) – Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay – Reporte de Diagnóstico Energético para L&L Construcciones.

Foto 6. Quemadores de chips en industrias cerámicas (Tobatí y San Pedro)



Fuente: VMME (2024).

Foto 7. Hornos móvil y de túnel. Bella Vista



Fuente: VMME (2019).

2.8.2. Consumo de biomasa en las industrias cerámicas

Diferentes son los tipos de hornos utilizados en la industria cerámica, así como sus capacidades y rendimientos, y otras muchas variables que hacen muy difícil determinar un factor de producción apropiado para el cálculo del consumo de biomasa, como energético, en este sector. Estas variables, y otros aspectos de la producción motivaron que el cálculo se proyectara sobre el consumo real promedio-año de biomasa de las industrias ceramistas

entrevistadas en todo el país y sobre los resultados del estudio realizado por Díaz-Lezcano, M.I., et al (2022), en Tobatí.

Para el efecto, se realizaron consultas a numerosas industrias y asociaciones que nuclean a las industrias de ceramistas que han servido como sustento principal para el cálculo del consumo de biomasa en este sector, y se revisaron las publicaciones técnicas

últimamente divulgadas sobre la materia en el país. La literatura existente, sobre la producción de cerámica en Tobatí⁴⁵, aporta información importante que ha sido de mucha utilidad en este caso.

En la Tabla 10, se presenta el resultado de la estimación del consumo de biomasa para este rubro de la producción.

Tabla 10. Consumo de Biomasa en Industrias Cerámicas

INDUSTRIAS CERÁMICAS (Cantidad)	CONSUMO POR TIPO DE BIOMASA			BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
	Bosques Nativos (t-año)	Plantaciones (t-año)	Otras biomásas no forestales (t-año)	
156	172.170	83.419	1.955	257.544

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la producción de cerámica, asciende a 257.544 t-año. La biomasa forestal, que estimativamente representa más del 99% del consumo total, equivale a 375.559 m³-año.

2.9. Industrias de Olerías

2.9.1. Generalidades de las olerías

Las olerías se caracterizan por utilizar, casi en un 100% de los casos, hornos comunes, tipo volcán⁴⁶, para la producción de ladrillos comunes. Dentro de esta categoría se han identificado olerías que tienen incorporado procesos semi-mecanizados en la producción del adobe.

Estos hornos son de dimensiones variables, están normalmente expuestos a la intemperie, y son relativamente fáciles de construir y operar; no obstante, son altamente ineficientes por estar expuestos a la intemperie, como se indicó previamente; además, el aislamiento es deficitario, las paredes de los hornos se construyen con retazos de ladrillos, apenas revestidos con arcilla; tienen problemas en la combustión pues no se realiza un control continuo de la quema y el tipo de leña que se utiliza es de baja calidad⁴⁷. El combustible utilizado, para la cocción

de los ladrillos, es esencialmente leña proveniente del bosque nativo (zona norte del país) o leña proveniente de las cercanías.

El proceso de producción en las olerías es de muy bajo nivel de mecanización, e involucra un uso intensivo de mano de obra, incluyendo la familiar. La etapa de formación de los ladrillos se hace esencialmente a mano y el proceso de secado es al aire libre, por exposición al sol, en algunos casos ya se utilizan galpones con techos muy bajos. Los ladrillos comunes tienen un proceso más rústico y las quemas toman menos tiempo.

La fabricación de ladrillos comunes se caracteriza por ser una actividad que permite escasamente una economía de subsistencia, con condiciones de trabajo muy precarias, elevada informalidad, niveles muy bajos de tecnificación y condiciones desfavorables de comercialización.

2.9.2. Consumo de biomasa en olerías

Las informaciones recolectadas indican que aproximadamente 1.860 olerías se encuentran operando en los distritos de Tobatí, San Pedro, Encarnación, Coronel Bogado, San Cosme y Damián, Itá, Areguá, Natalicio Talavera, Nueva Italia, Acahay, Nueva Germania, entre otros muchos municipios del país.

Los volúmenes de consumo de leña reportados varían notablemente en función a la capacidad de los hornos, su construcción y funcionamiento, y los demás factores que interfieren en el proceso, sean para lograr una mayor o menor eficiencia en la quema.

⁴⁵ Consumo de leña para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay-Díaz-Lezcano, M.I., et al 2021; Consumo de leña en olerías durante la etapa de cocción de ladrillos en el distrito de Tobatí, Paraguay (Díaz-Lezcano, M.I., et al) 2021; y El Sector Ladrillero del Paraguay-Carl Arco y Lucía Urrutia, Representantes del CEDHA en Paraguay.

⁴⁶ Mismo tipo de horno, adquiere diferentes denominaciones según la región del país.

⁴⁷ Opinión del Consultor.

Foto 8. Secado de ladrillos comunes al aire libre–Acahay



Fuente: VMME 2024.

El cálculo del consumo en olerías ha sido aún más dificultoso cuando comparado con el de las industrias de cerámica, debido fundamentalmente al universo de estas pequeñas factorías de producción

de ladrillos comunes dispersas por todo el territorio del país, a las peculiaridades de cada zona y, fundamentalmente, al tipo de arcilla y características de la biomasa utilizada.

Foto 9. Hornos “Comunes” en Tobatí



Foto 10. Hornos “Comunes” en Itá y Acahay



Foto 11. Hornos “Comunes” en Nueva Germania



Fuente: VMME (2024).

En este caso, el factor clave ha sido determinar, con razonable exactitud, la cantidad de olerías existentes y en operación, ya que una parte significativa de las mismas se encontraban fuera de funcionamiento y en muchos casos abandonadas⁴⁸. Para esto, se realizaron consultas con las más visibles

asociaciones de oleros, autoridades locales y departamentales y, sobre todo, con las propias olerías, en las distintas localidades visitadas.

En la Tabla 11, se presenta el resultado de la estimación del consumo de biomasa para este rubro de la producción.

48 Actualmente, muchas olerías están reabriendo sus puertas debido al mejoramiento de los precios de venta del ladrillo común, impulsado por las obras encaradas por el Gobierno Nacional.

Tabla 11. Consumo de Biomasa en Olerías

Nº DE OLERÍAS	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (m³-año)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
1.866	251.956	193.754

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en olerías, asciende a 193.754 t-año. Se estima que este volumen proviene mayormente de bosques nativos en un 99,6%. Algunas olerías utilizan leña de plantaciones, pero su consumo es todavía negligible (0,4%).

2.10. Producción de Etanol

Según informaciones obtenidas del RIEL y otras fuentes⁴⁹, existirían en el país alrededor de 19 plantas, que estarían produciendo alcohol absoluto y carburante entre otros subproductos⁵⁰, mayormente a partir de la utilización de cereales como materia prima, que representa el 86,2% de la producción nacional, mientras que el restante 13,8% se obtiene de caña de azúcar y melaza. Algunas plantas elaboran casi exclusivamente etanol, otras, sin embargo, alternan la producción de azúcar con la de alcohol, dependiendo de los precios de comercialización de estos commodities.

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 producción. Las plantas de etanol que utilizan cereales como materia prima tienden a consumir grandes volúmenes de leña en sus procesos de producción.

Foto 12. Quema del bagazo de caña en caldera de la planta de Troche



Fuente: Gentileza de la Planta Alcohólica Mauricio José Troche.

49 Registro Industrial en Línea, del Ministerio de Industria y Comercio; Lista Preliminar de Industrias Consumidoras de Biomasa, elaborado por el VMME (2024); <https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/125906-Empresasalcoholeras-pdf-Empresasalcoholeras.pdf>, publicada por el Ministerio de Industria y Comercio, Viceministerio de Comercio y Servicios; y consultas durante las visitas de campo.

50 Como subproducto del proceso industrial se obtiene también el aceite de maíz bruto y el DDGS (residuos de destilación secos y solubles), que es utilizada como fuente de proteína, base para la alimentación animal.

Tomando como base la producción nacional de etanol⁵¹, así como informaciones primarias obtenidas a través de consultas realizadas a plantas productoras

de etanol en el país, en la Tabla 12, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en la elaboración de etanol.

Tabla 12. Consumo de Biomasa en la Producción de Etanol

PRODUCCIÓN NACIONAL ETANOL (l.-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (l. etanol x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
581.564.078	769	756.260

(*) Producción anual proveniente de cereales y caña de azúcar (2022) – MIC 2022.

(**) Promedio ponderado calculado en función a valores reportados por las empresas alcoholeras entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la producción de etanol, asciende a 756.260 t-año, de las cuales se estima que, 507.870 t-año provienen de plantaciones, y 248.390 t-año de bagazo de la caña y briquetas de cascarilla de arroz.

2.11. Industrialización de la Yerba Mate

2.11.1. Generalidades de la producción y el procesamiento de la yerba mate

En base a datos provistos por el VI Censo Agropecuario Nacional (2022)⁵², podría decirse que aproximadamente el 73% de la producción proviene de fincas menores a 50 ha., ubicadas mayormente en los departamentos de Itapúa y Guairá. En otros términos, la producción de yerba mate de Itapúa y Guairá representa el 85,7% del total nacional.

En cuanto al procesamiento de la yerba mate, existen en el país alrededor de 50 industrias que se dedican a este rubro, de las cuales, la mayoría estaría trabajando, cubriendo toda la cadena de elaboración (secado, molienda, envasado y distribución), mientras que contadas prestan servicios de secado exclusivamente y, otras, se dedican al envasado y distribución solamente. Adicionalmente, determinadas cooperativas de los departamentos de Itapúa y Guairá trabajan brindando servicios de secado a sus socios productores o, por el contrario, utilizando los servicios de otros tantos secaderos menores de sus propios socios.

El proceso de secado de la yerba mate se produce en dos etapas bien definidas: el sapecado y el secado. El sapecado consiste en aplicar llama directa a la hoja verde durante aproximadamente 3 minutos con el objetivo de cortar el proceso de degradación

de la hoja y, al mismo tiempo, conservar sus propiedades. Luego del sapecado, las hojas son secadas a temperaturas que oscilan entre 80-90 °C para bajar la humedad a porcentajes que varían entre 4% y 6%.

El calor de los secaderos se genera a partir de la combustión de leña. El consumo de leña, en forma de astillas, proveniente de plantaciones, se está intensificando en la industria yerbatera, fundamentalmente por la instalación de secaderos con mayor tecnología y eficiencia, en los departamentos de Itapúa y Guairá. Estos secaderos con quemadores de *chips* han dejado atrás los hornos a leña tradicionales y están utilizando un sistema de secado que ofrece mejores condiciones de trabajo, eficiencia energética y economía en la producción, además de reducir el impacto ambiental y el uso de madera del bosque nativo.

Los secaderos pequeños utilizan mayormente el sistema barbacuá, con algunas pequeñas innovaciones en el proceso y queman básicamente leña proveniente del bosque nativo. Inclusive, en determinados lugares del país, el secado de la yerba mate continúa realizándose en forma casera y rudimentaria.

2.11.2. Factores de consumo de leña en el secado de la yerba mate

Las informaciones primarias recolectadas dan cuenta que, para secar una tonelada de hoja verde, en hornos tradicionales, se necesita entre 1.500-2.000 kg. de leña, mientras que, los secaderos que utilizan *chips* consumen apenas entre 450-460 kg

de este material, lo que significa una reducción muy significativa en el consumo de biomasa. Con la introducción de pellets esta eficiencia podría mejorar aún más⁵³.

51 Ministerio de Industria y Comercio (2022).

52 VI Censo Agropecuario Nacional (2022) – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias – Junio 2023.

53 INYM (2020).

No cabe duda de que, la industria yerbatera, también es altamente demandante de biomasa para el secado de las hojas de la yerba mate. Un estudio llevado a cabo por Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022)⁵⁴, en una industria yerbatera, considerando el consumo eléctrico equivalente de la biomasa para el secado, ha demostrado que el 99,3% del consumo de

la industria corresponde a energía térmica, siendo que, de este porcentaje, el 61,7% corresponde a leña y 37,6% a *chips*. El consumo eléctrico representó apenas el 0,7%. En la Figura 4 se presenta la distribución del consumo de energía, en el secado de la yerba mate, en esta industria yerbatera.

Foto 13. Hornos de sapecado, alimentados a chips y leña, en Itapúa



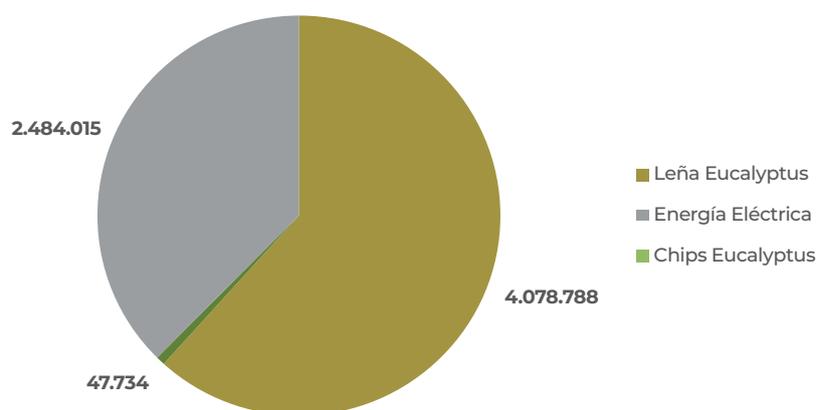
Fuente: VMME (2019)



Fuente: Parte interna (catre) de un secadero barbacuá, en una industria de Itapúa (2024).

54 Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay - Reporte de Diagnóstico Energético para Citricoop.-Yerbatera-OCA Global-Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

Figura 4. Distribución del consumo de energía en una industria yerbatera (kWh-año)



Fuente: Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

Tomando en consideración las informaciones recabadas en cuanto a factores de consumo de leña para la elaboración de la yerba mate y, las informaciones de producción reportadas por el VI Censo

Agropecuario Nacional (2022), a continuación, en la Tabla 13, se presenta el cálculo del consumo de biomasa para este rubro.

Tabla 13. Consumo de Biomasa en el Secado de Yerba Mate

PRODUCCIÓN YERBA MATE (t-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. yerba x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
211.420	1,7	124.365

(*) Corresponde a la producción nacional de yerba mate 2022–Censo Agropecuario Nacional (2022).

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

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa (leña), en la elaboración de yerba mate, asciende a 124.365 t-año (equivalentes a 220.164 m³-año), de las cuales se estima que, 11.499 t-año provienen de bosques nativos y, 112.866 t-año, de plantaciones.

2.12. Producción de Fécula de Mandioca y Almidón de Maíz

El VI Censo Agropecuario Nacional reporta, para el año 2022, una producción total de 2.216.755 t. de mandioca, 34,5% inferior a la producción del año anterior. En el año 2021, Paraguay exportó un total de 38.905 t. de fécula de mandioca, mientras que, en el 2022, las exportaciones se redujeron a 33.873 ton⁵⁵. Según datos proveídos por la CAPAMA, en el 2023 se han producido 50.000 t. de fécula de mandioca y 45.000 t. de almidón de maíz.

En la producción de fécula, a partir de la mandioca, es posible lograr un rendimiento que gira en torno a 26%. El material que sobra se aprovecha como abono natural y para la alimentación del ganado vacuno. Mientras que el rendimiento promedio del almidón, obtenido a partir del grano de maíz, varía entre 65 a 67%.

55 Serie detallada de Comercio Exterior BCP.

Foto 14. Caldera en la producción de fécula de mandioca. San Pedro



Fuente: VMME (2024)



La energía térmica para el secado de almidón se genera por medio de calderas que utilizan leña proveniente de plantaciones de *Eucalyptus*, mayormente. Considerando los volúmenes de producción de

fécula de mandioca y almidón de maíz proveídos por la CAPAMA, en la Tabla 14, se presenta el cálculo del consumo de biomasa para este rubro.

Tabla 14. Consumo de Biomasa para la Producción de Fécula de Mandioca y Almidón de Maíz

ORIGEN DE LA FÉCULA / ALMIDÓN	PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN (t-año) (*)	FACTOR DE CONSUMO (t. almidón x t. leña) (**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
Mandioca	50.000	3,4	27.941
Maíz	45.000		

(*) Cámara Paraguaya de Mandioca y Almidones (2023).

(**) Promedio de consumo de principales industrias visitadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la elaboración de fécula de mandioca y almidón de maíz, asciende a 27.941 t-año, equivalentes a 50.802 m³-año, toda ésta proveniente de plantaciones de *Eucalyptus*.

2.13. Curado de Tabaco

Los datos provistos por el VI Censo Agropecuario Nacional (2022) indican una producción total de 1.638 t. de hojas de tabaco⁵⁶, 56,4% inferior a la producción del año 2021. Se conoce que en el país se siembran tres tipos de tabaco, el Negro criollo, el Burley y el Virginia; sin embargo, no existe información sobre la producción por cada tipo de tabaco. De las cifras reportadas por el MAG, en los dos últimos años, se puede observar un decrecimiento en

la producción nacional, un patrón similar se observa en las importaciones de hojas de tabaco, principalmente del Virginia⁵⁷.

El curado del tabaco se realiza mediante secado al aire o calor generado en estufas de combustión a leña, dependiendo del tipo de tabaco. Para el curado del tabaco Virginia se utilizan estufas de leña que calientan los secaderos sometiendo las hojas a temperaturas que varían entre 26°C y 90°C durante 6 o 7 días.

56 No especifica de que tipo de tabaco se trata.

57 Serie detallada de Comercio Exterior-BCP

Si bien durante el curado se verifica un proceso importante de pérdida de agua (secado hasta 12%-13% CH), también ocurre una transformación en la composición química de las hojas, y el color de las mismas empieza a cambiar hacia el marrón, naranja o dorado, dependiendo de la forma de secado.

Debido a la inexistencia de información sobre la producción por tipo de tabaco, se ha tomado, como base de cálculo, la información proveída por

empresas que se ocupan de la producción y curado del tabaco Virginia, exclusivamente. El factor de consumo de leña que se utiliza corresponde al promedio reportado por secaderos ubicados en la zona del departamento de San Pedro. El cálculo del consumo de leña, para el curado de la producción de este rubro agrícola, se presenta en la Tabla 15.

Foto 15. Estufa y curado del Tabaco Virginia



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

Tabla 15. Consumo de Biomasa para el Curado de Tabaco

PRODUCCIÓN (t-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. tabaco x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
1.300	0,25	5.200

(*) Total de tabaco de empresas que se ocupan de la producción y curado del tabaco Virginia (2022).

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

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa (leña), para el curado de la producción de tabaco, asciende a 5.200 t-año (equivalentes a 8.915 m³-año), de las cuales, se estima que 1.043 t-año provienen de bosques nativos y, 4.157 t-año, de plantaciones de *Eucalyptus*.

2.14. Producción de Aceites Esenciales

Componen el grupo de aceites esenciales, la esencia de petitgrain, la de palo santo, y otras esencias producidas en menores volúmenes (cabreúva, eucalipto, citronela y vetiver, entre otras).

El departamento de San Pedro concentra más del 90% del total de la producción de aceites esenciales de petitgrain o naranja agria (*Citrus Aurantium var.*

Amara). Los demás aceites esenciales se producen mayormente en los departamentos de Boquerón, San Pedro, Canindeyú, Caaguazú y Cordillera. Los aceites esenciales, principalmente el de petitgrain, son elaborados por pequeños productores mediante un proceso de destilación por arrastre de vapor, para lo cual utilizan alambiques comunales.

También existen productores individuales que tienen sus propios equipos, en sus respectivas fincas, que se caracterizan por ser muy rudimentarios y de muy bajo rendimiento. Esta y otras esencias, como la del palo santo, son también producidas por empresas que poseen tecnología adecuada para la extracción o producción de estos aceites esenciales.

Los aceites esenciales o etéreos, extraídos industrialmente de variedades como la naranja agria (*Citrus Aurantium var. Amara*), el palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), la menta japonesa (*Mentha arvensis*), eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), menta piperita (*Mentha x piperita*), limón (*Citrus limonum*), palma rosa (*Cymbopogon martini*), vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), entre

otras, son altamente aprovechados por las industrias con fines medicinales, terapéuticos, cosméticos, sanitarios y alimenticios.

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

Al no existir datos sobre la producción nacional de los diferentes aceites esenciales, para el cálculo de consumo de biomasa, se ha tomado en consideración el volumen de exportación de esencias reportado por el BCP, para el año 2022. En la Tabla 16, se presentan los resultados del cálculo del consumo de biomasa en la producción de aceites esenciales.

Foto 16. Alambique utilizado por pequeños productores de esencia de petitgrain



Fuente: VMME 2024



Foto 17. Alambique continuo, de tres pipones, para la extracción de petitgrain



Fuente: Gentileza de la Industria FAM SRL (2024).



Tabla 16. Consumo de Biomasa en la Producción de Aceites Esenciales

TIPO DE ACEITE ESENCIAL	VOLÚMENES DE EXPORTACIÓN (t-año) (*)	FACTOR DE CONSUMO (t. esencia x t. leña) (**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
Petitgrain	234	0,005	46.800
Palo Santo	346	0,020	17.300
Otras Esencias	1.082	0,031	34.903

(*) Informe de Comercio Exterior del BCP (2022).

(**) Promedio ponderado del factor de consumo por tipo de esencia, según datos colectados en campo. El factor de consumo de "Otras Esencias" se calculó considerando las esencias de citronela y cabreuva, principalmente.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa (leña), en la producción de aceites esenciales asciende a 99.003 t-año (equivalentes a 134.697 m³-año), de las cuales, se estima que 87.503 t-año provienen de bosques nativos y, 11.500 t-año, de plantaciones de *Eucalyptus*.

2.15. Industria Cervecera

La industria cervecera del país está compuesta por dos grandes industrias, que producen y comercializan diversas marcas o tipos de cervezas. Así también, hacen parte de este rubro industrias artesanales, que son varias, pero que no serán contabilizadas en este estudio por no utilizar biomasa en el proceso de elaboración de cerveza artesanal.

Las 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*. La generación de vapor en la industria cervecera, tiene un papel fundamental en varias etapas del proceso de elaboración. Durante la maceración y la pasteurización,

aunque el vapor no se aplica directamente, su control preciso es esencial para activar las enzimas que transforman los almidones en azúcares. También, en la cocción, el vapor proporciona la energía térmica necesaria para hervir el mosto, un paso importante para definir la calidad (sabor y aroma) de la cerveza.

No existiendo estadísticas que reporten la producción nacional de cerveza, el cálculo del consumo de biomasa, en este sector industrial, se proyecta sobre el consumo de biomasa de las industrias entrevistadas y que han accedido a colaborar con el presente estudio. Los detalles se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17. Consumo de Biomasa en la Industria Cervecera

VOLUMEN DE CERVEZA (hl-año) (*)	FACTOR DE CONSUMO (hl de cerveza x t. leña) (**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
4.800.000	87	55.172

(*) Producción cervecera (Información obtenida durante las entrevistas realizadas y complementada por información de internet).

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

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la producción cervecera, asciende a 55.172 t-año, equivalentes a 100.313 m³-año. Según informaciones recabadas, este consumo correspondería a 100% biomasa de plantaciones.

2.16. Aceites vegetales

Varios son los tipos de aceites vegetales que se producen en el país, entre los cuáles se pueden citar el de soja, girasol, coco, sésamo, chía, algodón y tung. De esta variedad, el más importante, por su volumen de producción, es el aceite de soja.

Según CAPECO⁵⁸, la industrialización de soja alcanzó, en la zafra 2022-2023, el 29,7% de la producción nacional primaria, o 45,2% del volumen total exportado. El BCP, a través de su Informe de Comercio Exterior, reporta que las exportaciones de aceite de soja, para el año 2022, alcanzaron un volumen de 371.354 t. Los demás aceites vegetales de girasol, canola, tung y otros representaron un volumen de 28.615 t., equivalente a 7,7% del total exportado en ese rubro.

El uso de calderas en la extracción de aceites vegetales es bien generalizado, principalmente en las etapas donde se requieren sistemas de calentamiento industrial, partiendo del acondicionamiento de la materia prima, así como en la destilación,

desolventizado y tostado, secado y desgomado, que permiten garantizar la calidad y buena conservación del producto final.

En la industrialización de la soja el uso de biomasa forestal, en forma de *chips*, es generalizado, prevaleciendo especies provenientes de plantaciones de *Eucalyptus*, alternándose, en algunos casos, con el uso de desechos del propio proceso, incluyendo cáscara de granos de soja, caroso del coco, entre otros.

No existen datos precisos sobre la producción nacional de aceites a partir de determinados granos, semillas y frutos utilizados en esta industria. Por este motivo, el cálculo del consumo de leña, en la producción de aceites vegetales se sustenta en informaciones suministradas por CAPPRO⁵⁹ y datos obtenidos de las industrias visitadas. Los factores de consumo de biomasa, para cada uno de los tipos de aceites, se han obtenido a partir de fuentes primarias del sector directamente involucrado, así como de fuentes secundarias. Los resultados del cálculo se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Consumo de Biomasa en la Elaboración de Aceites Vegetales

ACEITE VEGETAL	VOLUMEN PRODUCCIÓN (t-año) (*)	FACTOR DE CONSUMO (t. aceite x t. leña) (**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
Soja	376.349	2,95	127.576
Otros Aceites (***)	26.085	1,14	22.881

(*) Informaciones suministradas por CAPPRO Sustentabilidad y datos obtenidos de las industrias visitadas.

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

(***) Incluye aceites de girasol, canola, tung y almendra de coco.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, para la industrialización y producción de aceites vegetales, asciende a 150.457 t-año, de las cuales, se estima que, 1.339 t-año provienen de bosques nativos, 142.354 t-año de plantaciones, y 6.764 t-año de otras fuentes no forestales, principalmente carozo de coco, cáscara de algodón y pellets de cáscara de soja.

2.17. Industrialización de la Madera

Según el Censo de Industrias Forestales 2019⁶⁰ de la Región Oriental, realizado por el INFONA, la capacidad instalada de las 326 industrias censadas asciende a 865.392 m³ de rollo-año, mientras que la capacidad utilizada fue de 457.572 de m³ de rollo-año. Dado el carácter incompleto de las informaciones sobre la producción maderera, por principales productos a nivel nacional, el cálculo del consumo de biomasa, en la industria maderera, se sustenta, por un lado, en el Informe de Comercio Exterior del BCP

(2022) y, por otro, en informaciones recabadas durante las visitas realizadas a las industrias del rubro. Para esto, se ha considerado apropiado segmentar la producción maderera en: Productos Forestales de Alto Valor Agregado (PFAVA), como muebles y sus partes, parquet, puertas; láminas y contrachapados; y, producción de pallets. Estos productos son los que normalmente utilizan energía térmica para sus procesos de secado.

58 <https://capeco.org.py/tag/soja/#>

59 Fiorella Gurrieri-CAPPRO – Correo electrónico de 21 de octubre 2024 – Solicitud de datos sobre producción de aceite de soja y otros aceites – Solicitado por Cesar Berni.

60 https://paraguayforestal.infona.gov.py/portal/apps/sites/?_gl=1*12rwaw5*_ga*MTE2NDI2NTkyMS4xNz-QONjMwMzU3*_ga_ZFFD2K46GW*MTc0NDYzMDM1Ny4xLjEuMTc0NDYzMDQwOC4wLjAuMA..#/

En la conversión de la madera rolliza a productos de alto valor agregado, ésta pasa por etapas de acondicionamiento y/o secado según los procesos de industrialización que se utilicen y productos que se elaboren. Los secaderos de madera, especialmente los convencionales, utilizan diferentes fuentes térmicas, siendo las más comunes el vapor de agua

y el agua caliente. En las industrias de laminado y contrachapado, el vapor de agua se utiliza para los tratamientos de cocido o vaporizado de los rollos previo al desenrollado o corte plano de la madera, para el secado de las chapas y el proceso de prensado de los contrachapados o multilaminados.

Foto 18. Calderas en la industria maderera



Fuente: Gentileza de la Empresa RALE S.A. (2024)



Fuente: Gentileza de la Industrial Maderil S.R.L. de M.C. Altieri y Cía (Caldera y cámara de secado).

Otro rubro muy importante de la producción maderera, aunque no debidamente cuantificado, representa la elaboración de pallets de madera, que

son plataformas que se utilizan para agrupar, almacenar y transportar diversos tipos de productos y mercancías ya embaladas.

Estos pallets, especialmente los utilizados como plataformas para la exportación, deben ser secados⁶¹ y, además, tratados térmicamente según la Norma NIMF N° 15, lo que implica la generación de vapor de agua para calentar el producto a una temperatura mínima de 56°C en el centro de la madera, durante un período mínimo de 30 minutos continuos.

La industria maderera consultada no lleva registros o no contabiliza adecuadamente los consumos específicos de biomasa en el proceso de industrialización de la madera, ya que la biomasa que utilizan proviene de los propios desechos de la industria en general. Los factores de consumo utilizados, en cada caso, responden a datos obtenidos de consultas realizadas con referentes del sector forestal. Sobre la base de esta información, en la Tabla 19, se presenta el estimado del consumo de biomasa en la industria maderera.

Tabla 19. Consumo de Biomasa en la Industria Maderera

SEGMENTOS DE LA PRODUCCIÓN MADERERA	VOLUMEN PROCESADO (t.) ⁽¹⁾	FACTOR DE CONSUMO (t. madera procesada por t. de leña) ⁽²⁾	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
PFAVA	5.817	1,8	10.471
Láminas y contrachapados	26.214	2,6	68.156
Producción de pallets ⁽³⁾	69.423	0,15	10.413

⁽¹⁾ Volúmenes de exportación de maderas y productos forestales – BCP (2022) e informaciones suministradas por empresas entrevistadas.

⁽²⁾ Factores de consumo calculados a partir de informaciones obtenidas en entrevistas realizadas con referentes del sector forestal.

⁽³⁾ Corresponde a la producción nacional estimada de pallets utilizados como plataformas para la exportación.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en el proceso de industrialización de la madera, asciende a 89.040 t-año, de las cuales, se estima que 10.388 t-año provienen de bosques nativos y, 78.652 t-año, de plantaciones.

2.18. Cría de Pollos

El SENACSA, en su Estadística Pecuaria – Anuario 2021⁶², reporta la existencia de más de 160 granjas de engorde de pollos, la mayoría localizadas en los departamentos Central, Cordillera, Caaguazú, Guairá e Itapúa. El uso de leña en este sector de la producción se asocia con la necesidad de calefacción de los galpones, principalmente en los primeros 7-10 días de crianza.

La necesidad de la calefacción para la crianza de pollitos proviene de la circunstancia de que éstos, de recién nacidos, no son capaces de regular su temperatura corporal. La temperatura ideal para este periodo de tiempo varía entre 31-34 °C.

La calefacción es indispensable en toda granja de engorde de aves. Las tecnologías en los sistemas de calefacción varían de muy rudimentarias a avanzadas y automatizadas. Por lo general, las industrias utilizan hornos de hierro, especiales para la quema de leña, en su forma tradicional, y provistos de una chimenea para la salida del humo. Se sitúan en el exterior de los galones y el aire caliente se introduce dentro del mismo mediante canalización apropiada y circulación forzada, disponiendo algunas de ellas de una regulación termostática, con el fin de ajustar la temperatura a lo que se requiera.

61 El contenido de humedad de las tablas del pallet, tratado térmicamente, oscilará entre 18 y 22%.

62 <https://drive.google.com/file/d/1KylkvUPBO881td3NeDugqjnEh0FxDKXm/view>

Foto 19. Hornos utilizados en calefacción para la cría de pollos



Fuente: Gentileza de Yerbabuena de FADISI S.A. (2024).

El factor de consumo de leña en este sector de la industria es muy variable, en alguna medida depende de las condiciones climáticas imperantes, el tamaño de los galpones y la carga de animales en éstos y, fundamentalmente, porque la leña que se utiliza no atiende requerimientos mínimos de calidad (diversas especies, densidades y contenidos de humedad).

Foto 20. Horno para calefacción en la cría de pollos. Col. Independencia



Fuente: VMME (2024)

Al no existir registros oficiales del número de aves en crianza, como base de cálculo del consumo de biomasa, en la cría de pollos, se consideró utilizar el número de aves faenadas, publicado por SENACSA⁶³. Los resultados se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Consumo de Biomasa en la Cría de Pollos

Nº DE POLLOS ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (Aves criadas x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
76.140.897	2.170	35.088

(*) <https://www.productivacm.com/historica-faena-de-pollos-registro-paraguay-en-2023>.

(**) Función al consumo promedio de empresas visitadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la cría de pollos, asciende a 35.088 t-año (equivalentes a 54.038 m³-año), de las cuales, se estima que 18.846 t-año provienen de bosques nativos y, 16.242 t-año, de plantaciones.

2.19. Faenamamiento de Pollos

El MAG reporta la existencia de 8 plantas de faenamamiento, de las cuales, unas cuatro empresas, lideran este mercado a nivel local.

El consumo de biomasa en este sector se asocia con el uso de calderas para la generación de vapor de agua necesario en el proceso de faenamamiento, principalmente en el escaldado y en el procesamiento de vísceras y plumas, mediante digestores. Adicionalmente, algunas empresas utilizan calderas en la producción de balanceado, para alimentar sus propias granjas de engorde de pollos. El proceso de escaldado requiere de agua caliente a temperaturas que rondan los 60°C y, por este motivo, el consumo de biomasa es inferior, cuando comparado con el procesamiento de vísceras y plumas, que requiere de calderas de mayor capacidad en generación de vapor.

En términos generales se podría afirmar que la industria avícola es medianamente demandante de biomasa para sus procesos de faenamamiento y grasería. Un estudio llevado a cabo por Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022)⁶⁴, en una industria avícola, ha demostrado que la cantidad total de energía anual

demandada se distribuye, en promedio, de la siguiente manera: 59% de leña en grasería, otros 12% de leña en faenamamiento y, 29% de energía eléctrica para atender las demás necesidades, principalmente las relacionadas con la generación de frío para los distintos procesos.

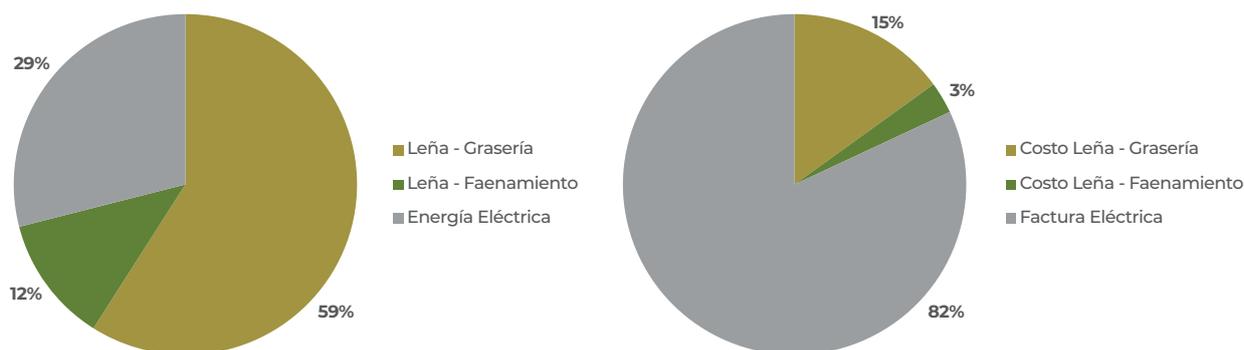
El citado estudio también ilustra que, del costo total anual de la factura energética de la industria, compuesta por energía eléctrica y leña, el consumo de energía eléctrica representa el principal gasto, con el 82%; seguido por la leña utilizada en grasería responsable del 15%; y, finalmente, la leña del proceso de faenamamiento con una participación del 3%. En la Figura 5, se presenta la cantidad total de energía demandada por la industria y los costos de la factura energética, correspondiente a esa demanda, ambos expresados en porcentaje. De la comparación de estas dos figuras puede notarse que, si bien la demanda de biomasa representa el 71% del total requerido en la industria, el costo de esta leña no supera los 18%, mientras que el pago de la energía eléctrica representa el 82% de la factura energética total, tal como se mencionó previamente.

63 <https://www.productivacm.com/historica-faena-de-pollos-registro-paraguay-en-2023>.

64 Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay -

Reporte de Diagnóstico Energético para Empresa Cooperativa Multiactiva Carlos Pfannl Ltda.-OCA Global-Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

Figura 5. Demanda energética en industria avícola y costos anuales asociados (%)



Distribución del consumo de energía total

Fuente: Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022).

Distribución de la factura energética total

En la Tabla 21, se muestran los detalles del consumo de biomasa en el proceso de faenamiento de pollos y procesamiento de vísceras y plumas.

Tabla 21. Consumo de Biomasa en Faenamiento de Pollos

CARNE DE POLLOS (t-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. carne procesada x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
206.420	5,5	37.531

^(*) <https://www.productivacm.com/historica-faena-de-pollos-registro-paraguay-en-2023>.

^(**) Función al consumo promedio de empresas visitadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en el faenamiento de pollos, asciende a 37.531 t-año, de las cuales se estima que, 1.358 t-año provienen de bosques nativos, 34.931 t-año de plantaciones de *Eucalyptus* y, 1.242 t-año de otras fuentes no forestales.

2.20. Industrias Frigoríficas

2.20.1. Consumo en la industria frigorífica

Según la Dirección de Mataderos y Frigoríficos del SENACSA (2022)⁶⁵, existen en el país 13 frigoríficos habilitados para exportación, siendo éstos los más representativos en cuanto a operación y producción se refiere. Los mataderos, que comparativamente son mayores en número, representan apenas 7,6% del faenamiento.

Los frigoríficos son industrias que consumen volúmenes relativamente modestos de biomasa para el funcionamiento de sus calderas. El vapor y agua

caliente se utilizan básicamente en la faena y depostada, también en los procesos de limpieza y desinfección de las instalaciones.

Para el cálculo del consumo de biomasa en frigoríficos y mataderos se consideró el número de cabezas de ganado faenados en el país y el peso promedio de la faena, en el año 2022⁶⁶. Los detalles del cálculo del consumo se presentan en la Tabla 22.

65 Oficio D.M.F. N° 17/2022 emitido por la Dirección de Mataderos y Frigoríficos (DIGECIPOA).

66 <https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>

Tabla 22. Consumo de Biomasa en Industrias Frigoríficas

CABEZAS DE GANADO FAENADAS (*)	PESO PROMEDIO FAENA (kg) (**)	CARNE PROCESADA (t.-año)	FACTOR DE CONSUMO (t. carne procesada x t. de leña) (***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
2.294.780	247	566.811	32	17.712

(*) <https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>

(**) <https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>

(***) Calculado en función a datos obtenidos de frigoríficos visitados y entrevistados.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa en frigoríficos, para la industrialización de carne, asciende a 17.712 t-año (equivalentes a 29.388 m³-año), de las cuales, se estima que 5.441 t-año provienen de bosques nativos y, 12.271 t-año, de plantaciones de *Eucalyptus*.

2.20.2. Consumo en la producción de grasería⁶⁷

Todo el material resultante de las faenas y despostadas de frigoríficos, como ser huesos y blandos, constituyen la materia prima de la industria de grasería, donde se generan, particularmente, dos tipos de productos: harina de carne y hueso y sebo bovino fundido o grasa industrial.

El procesamiento de los subproductos del faenamiento, en digestores, requiere de una importante cantidad de vapor para el tratamiento térmico y secado de estos subproductos, así como para el precalentamiento de la grasa líquida, todo lo cual

demanda mayor cantidad de biomasa, en comparación a lo requerido en la industria de faenamamiento en sí, para alimentar las calderas.

El consumo de biomasa en este sector se calculó considerando el número de cabezas de ganado faenados en el país y el peso promedio de los subproductos por animal faenado; mientras que, el factor de consumo fue determinado en función a datos obtenidos de los consumos en las industrias visitadas. Los detalles se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Consumo de Biomasa en Grasería

CABEZAS DE GANADO FAENADAS (*)	PESO PROMEDIO SUBPRODUCTOS (kg) (**)	GRASERÍA PROCESADA (t.-año)	FACTOR DE CONSUMO (t. grasería x t. de leña) (***)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
2.294.780	90,2	206.989	4,6	44.998

(*) <https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>

(**) Promedio de frigoríficos visitados.

(***) Calculado en función a datos obtenidos de frigoríficos visitados.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa para la industrialización de subproductos (grasería), asciende a 44.998 t-año (equivalentes a 77.328 m³-año), de las cuales, se estima que 8.664 t-año provienen de bosques nativos y, 36.334 t-año, de plantaciones de *Eucalyptus*.

⁶⁷ Se entiende por grasería a todo establecimiento industrial que elabore grasas y/o aceites derivado de los subproductos del faenamamiento de reses.

2.21. Industrias Lácteas

Según informaciones recabadas de diversas fuentes^{68,69}, en el país existen 8 principales industrias lácteas, entre cooperativas y empresas de capital privado que trabajan en el rubro de la leche. La producción de leche cruda, en el año 2022, fue de 8.722.040 hectolitros, mientras que la leche procesada por la industria alcanzó 7.519.093 hectolitros. Un 14% de la producción de leche cruda, es comercializada de manera informal.

Al igual que en otros sectores industriales, la industria láctea consume leña como combustible para la generación de vapor, en calderas. La leche se elabora en una variedad de productos lácteos incluyendo la leche pasteurizada, leche UHT, leches concentradas, quesos, manteca y yogur y, en este contexto, el

vapor se utiliza en una variedad de procesos para fomentar reacciones químicas y cambios físicos en la leche y para mantenerla en condiciones de limpieza y esterilidad⁷⁰.

Los volúmenes de producción de leche, publicados por SENACSA y CAPAINLAC, para el año 2022, varían significativamente. El análisis de esta diferencia indica que las cifras reportadas por CAPAINLAC se sustentan en informes proveídos por sus asociados y, por lo tanto, pueden revelar un escenario más acorde con la realidad, por consiguiente, tomando como base la producción de lácteos reportada por la CAPAINLAC, en la Tabla 24, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en el procesamiento de la leche.

Tabla 24. Consumo de Biomasa en Industrias Lácteas

LECHE INDUSTRIALIZADA (hl) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (hl leche procesada x t. de leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
7.519.093	78	96.399

(*) CAPAINLAC 2022.

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

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en las industrias lácteas, asciende a 96.399 t-año (equivalentes a 167.561 m³-año), de las cuales, se estima que 14.889 t-año provienen de bosques nativos y, 81.510 t-año, de plantaciones de *Eucalyptus*.

2.22. Industria Textil

Se engloba dentro de este sector a las desmotadoras y al sector de confección de tejidos. En la industria textil el uso de la biomasa está asociado básicamente a la generación de energía térmica (vapor) utilizado en el desmote de algodón y en las etapas del proceso de acabado de textiles.

El desmote de algodón es el proceso de separar las fibras de algodón de las semillas y otras impurezas. El vapor se aplica durante varias etapas de este proceso para ayudar a ablandar las fibras de algodón y hacerlas más maleables, lo que facilita su procesamiento y separación de las impurezas. Además, el vapor puede ayudar a controlar la temperatura y la humedad durante el proceso, lo que es crucial para obtener resultados óptimos en la calidad de la fibra de algodón.

La generación de vapor, en estos procesos de la industria textil, insume relativamente bajo volumen de biomasa, hasta podría calificarse como poco significativo en el contexto de los demás sectores productivos. Sin embargo, las principales nuevas

desmotadoras, ahora ubicadas en el Chaco, utilizan 100% biomasa de especies nativas, mientras que las industrias de confección de tejidos, ubicadas en la región Oriental, consumen, mayormente, biomasa de plantaciones. Inclusive una de las principales industrias de textil del país posee alrededor de 2.000 hectáreas de plantaciones de *Eucalyptus spp.*, afectadas directamente a la producción fabril, en la generación de vapor.

Debido a la falta de información sobre la producción nacional de fibras de algodón, la estimación del consumo de biomasa, en desmotadoras, se sustenta en el volumen anual reportado por las industrias entrevistadas. De igual manera, en la industria de confección de tejidos, el consumo de biomasa es igual a la sumatoria de los consumos de las principales industrias. Estos resultados se presentan en la Tabla 25.

68 <https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>

69 CAPAINLAC 2022.

70 https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/es/sb/la_industria_lactea_sistemas_de_vapor_y_condensado-sb-gcm-10-es.ashx?rev=42c589d86c6340e6a5db1b3954736bb0

Tabla 25. Consumo de Biomasa en Industria Textil

SUBSECTORES DE LA INDUSTRIA TEXTIL	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año) ^(*)
Fibras de algodón	1.011
Confección de tejidos	10.812

^(*) Consumo anual de biomasa reportado por las industrias entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en las industrias textiles, asciende a 11.823 t-año, de las cuales, se estima que 1.883 t-año provienen de bosques nativos, 4.414 t-año de plantaciones de *Eucalyptus* y, 5.526 t-año, de otras fuentes no forestales, principalmente cascarilla de arroz.

2.23. Industria de Ferrosilicio

Industria considerada electro intensiva. El ferrosilicio es una de las principales ferroaleaciones empleadas en la producción de acero. Se produce en hornos eléctricos de reducción a partir de cuarzo, mineral de hierro, carbón vegetal y otros productos orgánicos con alto contenido en carbón, que se emplea para eliminar el oxígeno del acero fundido, así como para mejorar las propiedades mecánicas como la resistencia al desgaste, mecánica y la resistencia a la corrosión.

Además del carbón vegetal se utilizan chips de *Eucalyptus* que le otorga, a la mezcla, mayor porosidad a fin de facilitar la salida de los gases, principalmente del dióxido de carbono, durante el proceso de reacción química.

En la Tabla 26, se presentan los resultados del cálculo del consumo anual de carbón vegetal y chips, expresados en toneladas y su equivalencia en metros cúbicos de leña.

Tabla 26. Consumo de Biomasa en Industria de Ferrosilicio

CONSUMO DE BIOMASA ^(*)		BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
Carbón Vegetal (t.-año)	Chips (t.-año)	
3.000 (eq. a 15.000 t. de leña) ^(**)	10.000	25.000

^(*) Consumo anual de biomasa reportado por las industrias entrevistadas.

^(**) Calculado considerando un rendimiento leña-carbón, por peso: 20%.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de carbón vegetal y chips en la industria de ferrosilicio, expresado en unidad de peso de leña de *Eucalyptus*, asciende a 25.000 t.-año, equivalentes a 45.455 m³-año.

2.24. Curtiembres

Si bien existen varios tipos de curtidos de cueros, los más comunes son el curtido al cromo y el curtido vegetal, siendo que este último utiliza taninos naturales. Según informaciones disponibles, la mayoría de los productos de cuero actuales están confeccionados con cuero curtido al cromo. De hecho, se estima que más del 80% de los productos de cuero del mercado se procesan al cromo.

En nuestro país las curtiembres se especializan, mayormente, en la producción de cuero *wet blue*, una variedad de artículos del comercio de pieles que actualmente se exporta a diversos países del mundo, alcanzando en 2022, un total de 43.545 toneladas de

cuero. El *wet blue* es un cuero curtido con sales de cromo, a partir del cual, el cuero es transformado en semi cromo, pudiendo recibir cualquier tipo de acabado.

El uso de calderas en la industria del curtido de cueros no es generalizado, la utilizan aquellas que procesan cueros *wet blue* para la generación de vapor y agua caliente, principalmente para calentar la solución química que se utiliza como agente curtierte, también, en determinadas épocas del año, para el calentamiento de los fulones.

Foto 21. Calderas y leña en curtidurías de cuero



Fuente: VMME 2024

Tabla 27. Consumo de Biomasa en Curtiembres

CUEROS VACUNOS PROCESADOS ANUALMENTE (*)	FACTOR DE CONSUMO (Cueros procesados x t. leña) (**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
2.294.780	198	11.590

(*) Calculado en base a estadísticas de SENACSA (<https://www.senacsa.gov.py/index.php/Temas/estadisticas>)

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

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en curtiembres, asciende a 11.590 t-año (equivalentes a 20.293 m³-año), de las cuales se estima que, 1.490 t-año provienen de bosques nativos y, 10.100 t-año de plantaciones.

2.25. Industrias de Balanceados

Estos alimentos son elaborados con diferentes tipos de materia prima, en la mayoría de los casos, de origen vegetal, con los que se busca aumentar la productividad de los animales, sea para alimentar bovinos de leche y corte, aves, ovinos, equinos, porcinos, entre otros. Esta industria procesa maíz, soja, afrecho de trigo y sorgo para la elaboración de una variedad de raciones alimenticias, siendo generalmente el maíz el componente más importante.

La generación de vapor y agua caliente, necesarios para el proceso de elaboración de productos balanceados insume, también, relativamente bajo volumen de biomasa. El vapor que se genera mediante

calderas se utiliza para calentar la mezcla de harina para el proceso de peletización, un proceso que utiliza presión, humedad y calor, para transformar pequeñas partículas de origen vegetal, en gránulos compactos. En otros términos, este vapor proporciona la temperatura y la humedad necesarias para la gelatinización del almidón, la adhesión de partículas y la eliminación de patógenos en la mezcla.

Para el cálculo del consumo de biomasa, en la elaboración de productos balanceados, se consideró el volumen nacional informado por SENACSA⁷¹. Los detalles del cálculo se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Consumo de Biomasa en las Industrias de Balanceados

BALANCEADO PRODUCIDO EN EL PAÍS(t.) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. de balanceado x t. leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
2.070.217	70	29.575

(*) SENACSA (2024).

(**) Calculado en función al promedio del consumo anual de biomasa en las industrias de balanceado visitadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la elaboración de productos balanceados, asciende a 29.575 t-año, de las cuales se estima que, 2.119 t-año provienen de bosques nativos, 13.491 t-año de plantaciones y, 13.965 t-año de otras fuentes no forestales, principalmente cascarilla de arroz.

2.26. Industrias Caleras

Las industrias caleras se encuentran ubicadas en las comunidades ribereñas de Itacuí, Itapucumí, Guyratí, Tres Cerros, Vallemí y San Lázaro, en el departamento de Concepción. No existe información oficial de la cantidad de industrias caleras que se encuentran operando en la zona, que son productoras de cal por excelencia, y cuál es la producción anual.

La cal viva se obtiene por descomposición térmica de la piedra caliza, la misma que es extraída de depósitos sedimentarios llamados caliches⁷². La piedra caliza es sometida a temperaturas muy elevadas, que oscilan entre 900 y 1.100° C, en hornos de calcinación continuos, que utilizan biomasa (leña) como energético.

71 Informe SENACSA–Memorándum CAPRA N° 095/2024

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

Foto 22. Hornos utilizados en la producción de cal viva-Itacuá



Fuente: VMME (2024).

Las caleras utilizan leña proveniente del bosque nativo, las más pequeñas queman, inclusive, el Karanday (*Copernicia sp.*), proveniente de la zona y del Chaco. En el pasado, unas pocas industrias, experimentaron la utilización de chips con alimentadores automatizados, pero actualmente es

práctica común alimentar, los hornos con leña, manualmente. Tomando como base las informaciones de producción de cal viva en la zona de San Lázaro e Itacuí, en la Tabla 29, se muestran los detalles del consumo de biomasa utilizado en la producción de este rubro.

Tabla 29. Consumo de Biomasa en la Producción de Cal Viva

PRODUCCIÓN CAL (t.-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. de cal x t. de leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
211.806	1,236	171.364

^(*) Calculado en función a las informaciones primarias obtenidas de las industrias caleras entrevistadas.

^(**) Calculado en función al promedio del consumo anual de biomasa en las industrias caleras visitadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la producción de cal viva, asciende a 171.364 t-año, (equivalentes a 208.070 m³-año), de las cuales se estima que, 98.212 t-año provienen de bosques nativos (mayormente del Chaco), 1.153 t-año de plantaciones, y 71.999 t-año del bosque palmeral, también del Chaco.

2.27. Jugos y Bebidas Gaseosas

El consumo de biomasa en las industrias de jugos y bebidas gaseosas está asociada a la generación de vapor mediante calderas alimentadas por biomasa en sus diversas formas, destacándose el uso de astillas (chips), provenientes de plantaciones; briquetas elaboradas a partir aserrín y, otros tipos de biomasa como el carozo de coco.

Si bien el volumen de utilización de biomasa en el proceso productivo de la fabricación de bebidas gaseosas es aparentemente bajo, comparado con otros sectores de la industria, el consumo de vapor, en este rubro, se centra mayormente en el saneado de tanques, limpieza de equipos y lavado de botellas retornables y, en menor grado, en la producción de jarabes; mientras que, en la industria de jugos

naturales, el uso de vapor se extiende a los procesos de obtención de fructosa y pasteurización, inclusive en la extracción de aceites de la cáscara (de la naranja principalmente) y en el secado de subproductos que posteriormente son utilizados en la fabricación de balanceados.

Debido a la falta de información que aglutine la producción nacional de bebidas gaseosas y jugos y, a la dificultad de establecer un factor de consumo de biomasa, que se asocie más adecuadamente a la producción de estos rubros, el consumo total de biomasa se expresa como resultado de la cuantificación de los consumos individuales de las empresas del rubro, hasta donde la colaboración de estas ha sido posible. (Véase la Tabla 30).

Tabla 30. Consumo de Biomasa en la Industria de Jugos y Bebidas Gaseosas

PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS Y JUGOS (hl-año) ^(*)	ORIGEN DE LA BIOMASA UTILIZADA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS GASEOSAS Y JUGOS			BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año) ^(***)
	Bosques Nativos (t-año)	Plantaciones (t-año)	Otras biomasa no forestales ^(**) (t-año)	
5.153.342	1.778	2.139	9.847	13.764

^(*) Corresponde a la producción de las empresas que han aportado con información.

^(**) Incluye carozo de coco y briquetas de cascarilla de arroz.

^(***) Corresponde al consumo de biomasa reportado por las industrias entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de biomasa, en las industrias de bebidas gaseosas y jugos, asciende a 13.764 t-año.

2.28. Recicladoras de Papel y Cartón

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

Según informaciones recabadas durante las visitas a las industrias del rubro, todas estas utilizan, casi exclusivamente, leña o chips de biomasa de plantaciones, incluyendo carozo de coco, básicamente para la producción de vapor, utilizado en los

procesos de desintegración, recuperación de las fibras, formación del papel, secado y corrugado, incluyendo la elaboración de envases especiales.

No existiendo estadísticas que reporten la producción nacional de reciclados, el cálculo del consumo de biomasa, en este sector industrial, se proyecta sobre el consumo real de biomasa de las industrias entrevistadas y que han accedido a colaborar con el presente estudio. Los detalles se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Consumo de Biomasa en el Reciclaje de Papel y Cartón

PAPEL Y CARTONES REICLADOS (t-año) ⁽¹⁾	ORIGEN DE LA BIOMASA UTILIZADA EN LOS PROCESOS DE RECICLAJE DE PAPELES Y CARTONES		BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
	Plantaciones (t-año)	Carozo de coco (t-año)	
130.375	53.778	3.581	57.359

⁽¹⁾ Volumen anual de papel y cartón reciclado reportado por las empresas entrevistadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en las industrias recicladoras de papel y cartón asciende a 57.359 t-año.

2.29. Producción de Azúcar

Los datos oficiales de producción de azúcar reportados por el MAG y el MIC, para el año 2022, se presentan algo dispares. Por un lado, los datos del MAG, hacen referencia al “volumen de azúcar nacional comercializado anualmente en el mercado local y destinado a la exportación”⁷³; mientras que el MIC, lo expone como “Producción de azúcar declarada por ingenios 2022”⁷⁴.

Según la referencia del MAG, en el 2022, la industria azucarera industrializó 2.427.439 toneladas de caña de azúcar. De conformidad con la relación 8,9 kg de caña de azúcar por kg de azúcar, se debió generar alrededor de 272.746 t. de azúcar y, adicionalmente, alrededor de 672.400 t. de bagazo⁷⁵.

En el país, el bagazo es utilizado esencialmente como combustible sólido de las calderas de los ingenios azucareros con la finalidad de producir

vapor, para procesos de calentamiento y purificación del jugo, evaporación, cristalización, y secado. En algunos casos, el vapor también se utiliza en cogeneración eléctrica y uso de calor. La segunda fuente en importancia en esta industria es la leña, la que en términos porcentuales de consumo puede representar alrededor de 6-8%.

Para el cálculo del consumo de biomasa, en la producción de azúcar, se utilizaron datos de la producción de caña de azúcar destinada a la molienda, mientras que el rendimiento caña de azúcar-azúcar y el factor de consumo han sido calculados en función a datos proveídos por las industrias azucareras consultadas. El resumen de estos cálculos se presenta en la Tabla 32.

73 Panorama del Mercado Mundial y Regional del Azúcar-MAG (2023).

74 <https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/158717-Producciondeazucar2022pdf-Producciondeazucar2022.pdf>

75 OLADE/BID/MOPC/VMME (2023).

Tabla 32. Consumo de Biomasa en la Producción de Azúcar

PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (t.-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. azúcar x t. biomasa) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
272.746	0,47	580.311

(*) Calculado en función a datos publicados por la DGP-MAG (2023) e información recabada de ingenios visitados.

(**) Calculado en función al promedio del consumo anual de biomasa en las industrias azucareras consultadas.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en las industrias azucareras, asciende a 580.311 t-año, de las cuales se estima que, 42.754 t-año provienen de plantaciones de *Eucalyptus* y, 537.557 t-año, de fuentes como el bagazo de caña de azúcar.

2.30. Producción de Biodiesel

De acuerdo con la evaluación de la sostenibilidad del sector de biodiesel de soja en Paraguay, realizado por el CEAMSO (2021)⁷⁶, gran parte del aceite de soja obtenido del proceso industrial se exporta y solo el remanente se destina para la producción del biodiesel.

Los datos disponibles de producción señalan que, durante los años, 2020 al 2022, la producción de biodiesel ha mostrado un patrón de decrecimiento en la oferta, que en términos generales resulta bajo, teniendo en cuenta los porcentajes mínimos de mezcla vigentes en el país.

La energía térmica necesaria para la elaboración de biodiesel, utilizada en los procesos de calentamiento de los vapores del metanol o evaporadores de metanol y fluidos en base de etanol, se genera mediante calderas que utilizan biomasa en forma de leña o chips de *Eucalyptus*.

El cálculo del consumo de biomasa, en la producción de biodiesel, se sustenta en información proveída por las empresas productoras entrevistadas. Los detalles del cálculo se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Consumo de Biomasa en la Producción de Biodiesel

PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (hl-año) ^(*)	ORIGEN DE LA BIOMASA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t-año)
	Plantaciones (t-año)	Briquetas de cascarilla de arroz (t-año)	
255.721	16.636	2.144	18.780

(*) Volumen anual de biodiesel reportado por las empresas entrevistadas.

(**) Calculado en función a informaciones colectadas durante las visitas a industrias del rubro.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la industria de biodiesel, asciende a 18.780 t-año.

2.31. Producción de Levaduras

La levadura es un conjunto diverso de hongos, por lo general microscópicos y unicelulares, capaces de iniciar los procesos de descomposición (fermentación) de distintas sustancias orgánicas, particularmente los azúcares y los carbohidratos, y obtener como subproducto otras sustancias específicas (como alcoholes)⁷⁷.

Este producto es ampliamente empleado en diversos procesos industriales y biotecnológicos, por citar, en la elaboración del pan, y en la preparación de bebidas alcohólicas como la cerveza y el vino.

⁷⁶ https://biocapparaguay.org/wp-content/uploads/2022/02/SOST._BIODIESEL_DE_SOJA_VERSION_FINAL-22_oct-2021_-_PRODUCTO_41.pdf

⁷⁷ <https://concepto.de/levadura/#ixzz8tTsa3ks>

A nivel nacional se produce levadura seca y fresca para la industria panadera, utilizando melaza de caña como fuente de carbono. Una única empresa se encuentra actualmente desarrollando levadura cervecera y levaduras aplicables al mejoramiento de los suelos en agricultura y alimentación de ganado. Según informaciones recabadas, el vapor generado mediante calderas que queman principalmente leña se utiliza en la esterilización y en el secado de la levadura.

A nivel país no existen registros de producción de levaduras, por lo tanto, el cálculo de consumo de biomasa se sustenta, apenas, en el volumen de exportación de levaduras, reportado por el BCP, para el año 2022. Los detalles del cálculo se presentan en la Tabla 34.

Tabla 34. Consumo de Biomasa en la Producción de Levaduras

VOLUMEN DE EXPORTACIÓN DE LEVADURAS (t.-año) ^(*)	FACTOR DE CONSUMO (t. de levadura x t. de leña) ^(**)	BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)
11.466	1,5	7.644

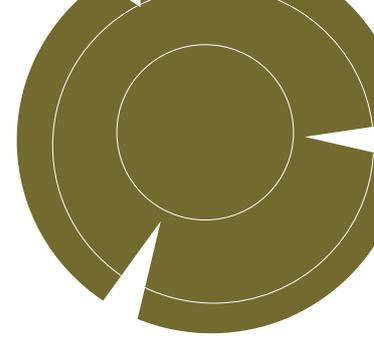
^(*) Volumen de exportación reportado por el BCB (2022).

^(**) Calculado en función a informaciones colectadas durante las visitas a industrias del rubro.

Fuente: Elaboración propia.



El consumo de biomasa, en la producción de levaduras, asciende a 7.644 t-año, equivalentes a 13.898 m³-año, estimándose que podrían provenir, en un 100%, de plantaciones de *Eucalyptus*.



3. CONSUMO TOTAL DE BIOMASA

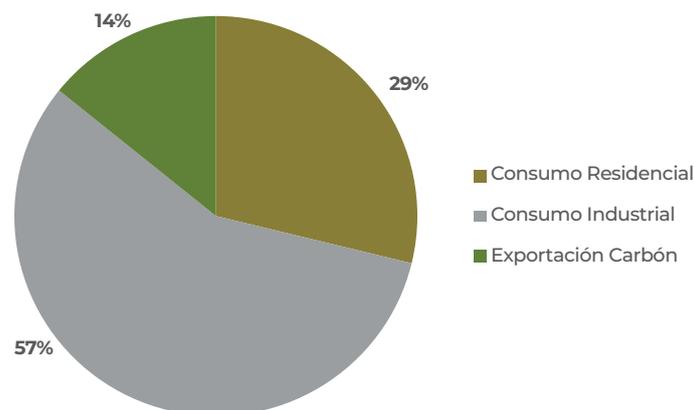
Como se ha indicado precedentemente, este informe actualiza el estudio “Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay”, publicado por el VMME en 2019. En esta actualización se incluyen nuevas fuentes de biomasa, no contabilizadas en el anterior estudio, profundizándose el análisis del consumo de los sectores residencial, industrial y comercial (exportación de carbón vegetal), principalmente. Los resultados se presentan en la Tabla 35.

Las fuentes de biomasa cuantificadas en función a su origen se clasifican en biomasa proveniente del bosque nativo y plantaciones, en sus diferentes

formas (leña propiamente, chips, aserrín y pellets). Adicionalmente se cuantifican las biomasa no forestales, consideradas como desechos, provenientes de los ingenios azucareros (bagazo), molinos de arroz (cascarilla de arroz y briquetas), e industrias aceiteras (pericarpio y carozo de coco).

El consumo de biomasa total estimado asciende a 6.224.272 t.-año. Como era de esperar, el país utiliza grandes cantidades de biomasa como combustible, siendo el sector industrial responsable por el 57% de la demanda total, seguido por el sector residencial con 28,8% y exportación de carbón vegetal 14,2%. (Véase Figura 6).

Figura 6. Consumo de biomasa por grandes sectores, en porcentaje



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se desprende de la Tabla 35, el sector industrial es el principal demandante de biomasa. Si bien, el carbón vegetal para exportación no está vinculado con el sector industrial nacional, su producción representó el 14,2% de la biomasa consumida. Le siguen, en orden de importancia, la producción de etanol, con 12,2%; el secado de granos y

oleaginosas, con 10,1%; la producción de azúcar, con 9,3%; y, las industrias cerámicas y olerías, en conjunto, con 7,3% del total, mientras que, los restantes sectores han contribuido con demandas que no superan los 2,8% del sector de producción de cal viva. (Véase Figura 7).

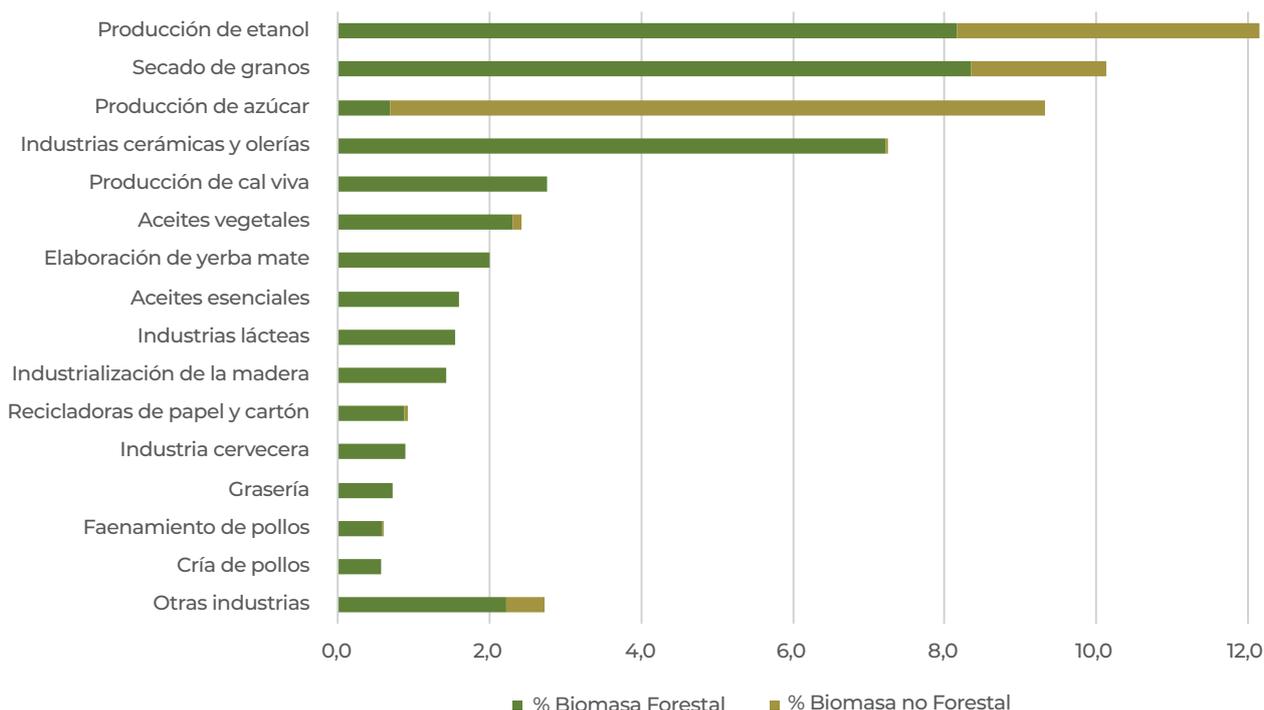
Tabla 35. Consumo de Biomasa por Sectores

SECTORES	CONSUMO POR TIPOS DE BIOMASA (t.-año)			BIOMASA-CONSUMO TOTAL (t.-año)	PARTICIPACIÓN (%)
	Nativas	Plantaciones	Otras biomásas no forestales (*)		
Consumo de leña en hogares	1.374.265	0	0	1.374.265	22,1
Carbón en hogares	376.092	41.788	0	417.880	6,7
Exportación de carbón vegetal	883.815	0	0	883.815	14,2
Secado de granos de soja	0	122.631	0,0	122.631	2,0
Secado de granos de maíz	0	349.609	34.830	384.439	6,2
Secado de granos de trigo	0	38.295	0,0	38.295	0,6
Secado granos de arroz	1.164	2.131	76.330	79.625	1,3
Secado de canola, sorgo y chíá	0	5.648	0,0	5.648	0,1
Industrias cerámicas	172.170	83.419	1.955	257.544	4,1
Industrias de olerías	192.931	823	0	193.754	3,1
Producción de etanol	0	507.870	248.390	756.260	12,2
Industrialización de yerba mate	11.499	112.865	0	124.365	2,0
Fécula de mandioca y almidón de maíz	0	27.941	0	27.941	0,4
Curado de tabaco	1.043	4.157	0	5.200	0,1
Aceites esenciales	87.503	11.500	0	99.003	1,6
Industria cervecera	0	55.172	0	55.172	0,9
Aceites vegetales	1.339	142.354	6.764	150.457	2,4
Industrialización de la madera	10.388	78.652	0	89.040	1,4
Cría de pollos	18.846	16.242	0	35.088	0,6
Faenamamiento de pollos	1.358	34.931	1.242	37.531	0,6
Industrias Frigoríficas	5.441	12.271	0	17.712	0,3
Grasería	8.664	36.334	0	44.998	0,7
Industrias lácteas	14.889	81.510	0	96.399	1,5
Industria textil	1.883	4.414	5.526	11.823	0,2
Industria de ferrosilicio	0	25.000	0	25.000	0,4
Curtiembres	1.490	10.100	0	11.590	0,2
Industrias de balanceados	2.119	13.491	13.965	29.575	0,5
Industrias caleras	170.211	1.153	0	171.364	2,8
Jugos y bebidas gaseosas	1.778	2.139	9.847	13.764	0,2
Recicladoras de papel y cartón	0	53.778	3.581	57.359	0,9
Producción de azúcar	0	42.754	537.557	580.311	9,3
Producción de biodiesel	0	16.636	2.144	18.780	0,3
Producción de levaduras	0	7.644	0	7.644	0,1
TOTAL	3.338.887	1.943.253	942.132	6.224.272	100

(*) Incluye cascarilla de arroz, carozo de coco y bagazo de caña

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Ranking de consumo de biomasa dentro del sector industrial



Fuente: Elaboración propia.

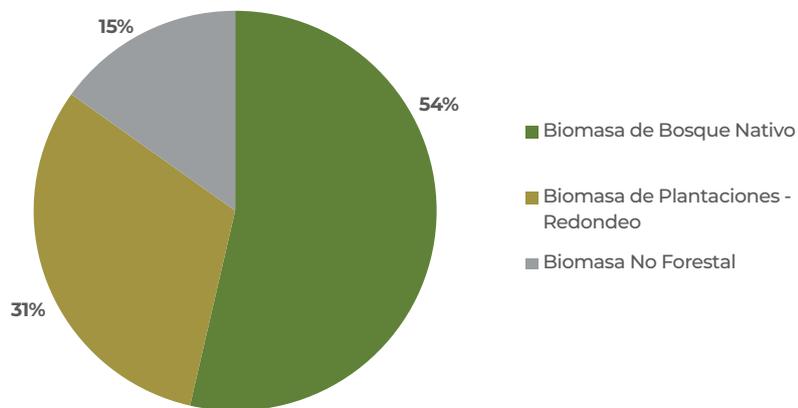
Muy significativa es también la diversificación en el uso de biomasa. En principio, la biomasa forestal sigue siendo el principal combustible; no obstante, observase una disminución en el uso de la leña nativa y un aumento en el uso de leña de plantaciones y otros tipos de biomasa. En el caso de la biomasa no-forestal, sobresalen el consumo de bagazo de caña, cascarilla de arroz y carozo de coco, en los sectores azucarero, producción de etanol, y aceites, respectivamente.

Las cantidades de biomasa, por origen, difícilmente podrán determinarse con exactitud. No obstante, en función a las investigaciones y consultas realizadas durante la recolección de datos, en los diversos sectores industriales, se ha podido estimar que aproximadamente el 53,6% de la biomasa consumida, proviene del bosque nativo; 31,3% de plantaciones de *Eucalyptus*; y, 15,1% de biomasa no-forestal, incluyendo bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, carozo de coco, entre otras. (Véase Figura 8).

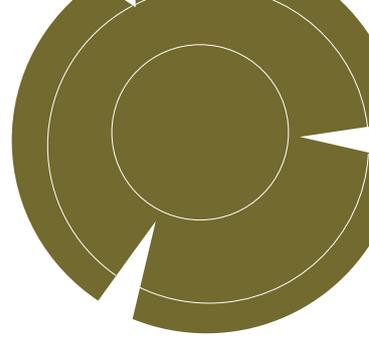
De conformidad con los datos de biomasa sobre el suelo de los principales estratos del bosque nativo del país, reportado por el IFN, realizado bajo los auspicios del Programa ONU-REDD+⁷⁸, el consumo de biomasa del bosque nativo, indicado precedentemente, representaría, en términos de superficie, el equivalente a 33.675 hectáreas anuales; mientras que, el consumo de biomasa de plantaciones equivaldría a 17.710 ha, considerando un volumen de cosecha de 109,725 t.-ha, a la edad de 7 años.

78 Tomado del "Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC. Asunción-Paraguay (2015)".

Figura 8. Consumo según origen de la biomasa, en porcentaje



Fuente: Elaboración propia.



4. POTENCIAL DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE BIOMASA

4.1. Área de Cobertura de Bosques Nativos

El INFONA sostiene que la cobertura de bosque nativo del país, al año 2022, era de 14.651.386 ha. y representaba 36,6% del territorio nacional.

De este total, 11.958.196 ha. se encontraban en la región Occidental y las restantes 2.693.190 ha., en la región Oriental⁷⁹, incluyendo las áreas del SINASIP.

4.2. Área de Producción de Plantaciones Forestales

Las informaciones más recientes sobre plantaciones forestales reportadas por el INFONA⁸⁰, indican la existencia de 204.631 ha., incluyendo plantaciones comerciales y otras que se han establecido con

el fin de reconstituir el área de reserva (Artículo 42 de la Ley 422/73), como protección de cauces hídricos o con fines de protección eólica, entre otras, con carácter de conservación.

Foto 23. Plantaciones de *Eucalyptus spp.*



Caaguazú 2019 (1,5 años edad)

79 Reporte de Cobertura Forestal y Cambios de Uso de la Tierra 2020-2022 del INFONA.

80 INFONA – Portal de Bosques y Uso de la Tierra.



Chaco Central 2024 (Parcela experimental)

Fuente: VMME (2019-2024)

Al no existir información sobre la estructura de la producción forestal de plantaciones, segmentada por los principales productos del mercado de la madera, el cálculo del potencial de producción se ha sustentado en el incremento anual neto promedio⁸¹ de las plantaciones existentes. Asimismo, debido a que la mayor parte de la superficie plantada

está orientada a la producción de madera industrial y no a la producción de biomasa para energía⁸², se arbitró que, del manejo de las plantaciones, por raleo, se obtiene un 22% de biomasa como leña y, del proceso de transformación de la madera industrial, otros 30% de residuo⁸³, utilizado como energético, normalmente en forma de desechos o astillas.

4.3. Potencial de Producción Sostenible en Bosques Nativos⁸⁴

Cabe resaltar que el real potencial de producción forestal sustentable de la región Occidental es muy limitado, en principio, por las propias características del bosque, tipos de estratos, estructura, crecimiento, aprovechamiento y transporte, entre otros aspectos. De igual manera, en la región Oriental, las áreas remanentes no constituyen masas compactas de bosque, en general presentan alto grado de fragmentación y denotan además un avanzado proceso de degradación. Por lo tanto, el potencial

de producción sostenible en ambas regiones queda, para los fines del presente estudio, determinado como se muestra en la Tabla 36.

El potencial de producción sostenible, así calculado, asciende a 7.251.987 t.-año de madera industrial y leña; de este total, se calcula un volumen estimado en 3.285.705 t.-año de leña que podría utilizarse como combustible. El uso del volumen total de la producción sostenible como energético está limitado por el valor de la madera industrial y por el costo de transporte entre las áreas de producción y centros de consumo, principalmente.

81 Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC (2021).

82 Salvo 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 biomasa en sus diferentes formas.

83 Información proveída por productores e industriales de la madera.

84 El potencial de producción sustentable de ambas regiones del Paraguay no representa la realidad actual de la producción forestal del país, apenas escenifica una situación ideal de producción, que puede alcanzarse bajo condiciones de un manejo forestal sustentable, donde los bosques son gestionados de manera que se mantenga su biodiversidad, productividad y capacidad de regeneración.

Tabla 36. Potencial de Producción Sostenible por Estrato y Tipos de Bosques

ESTRATOS – TIPOS DE BOSQUES	SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN (ha) ⁽¹⁾	IMA PROMEDIO (m ³ /ha-año)	PRODUCCIÓN TOTAL (t.-año)	PRODUCCIÓN BIOMASA (t.-año)
Bosque Húmedo y Subhúmedo del Cerrado de la Región Oriental	836.694	1,5 ⁽²⁾	965.126	386.050 ⁽⁴⁾
Bosque Subhúmedo Inundable y Seco de la Región Occidental	8.008.504	0,5 ⁽²⁾	3.079.270	1.231.708 ⁽⁴⁾
Plantaciones	204.631	28,5 ⁽³⁾	3.207.591	1.667.947
TOTAL			7.251.987	3.285.705

⁽¹⁾ La superficie de producción representa el área de bosque manejable, se calculó sobre el 80 y 40% de la superficie total reportada por el INFONA (excluidas las Áreas Protegidas), para las regiones Occidental y Oriental, respectivamente.

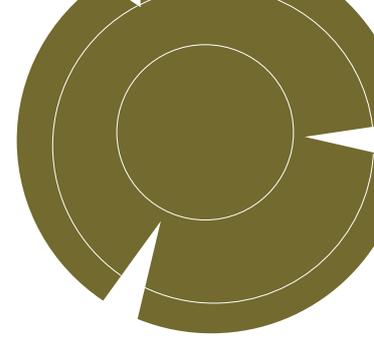
⁽²⁾ Herramientas para Mejorar la Efectividad del Mercado de Combustible de Madera en la Economía Rural (BID 2008).

⁽³⁾ Promedio ponderado del IMA de las plantaciones existentes (Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC – 2021).

⁽⁴⁾ Por cada m³ de rollo se obtiene 0,4 t de biomasa (leña) – Tomado de “Producción y Consumo de Biomasa Sólida en el Paraguay (2013)”.

Fuente: Elaboración propia, en función a varias fuentes: Reporte de Cobertura Forestal y Cambios de Uso de la Tierra 2020-2022 del INFONA / Herramientas para Mejorar la Efectividad del Mercado de Combustible de Madera en la Economía Rural (BID 2008) / IBA 3 / Producción y Consumo de Biomasa Sólida en el Paraguay (2013)”.





5. PRODUCCIÓN SOSTENIBLE VERSUS CONSUMO DE BIOMASA

Salvo contadas iniciativas⁸⁵, en el país no existe actualmente una oferta de biomasa nativa producida sosteniblemente para atender las necesidades energéticas de los sectores industriales consumidores de este tipo de biomasa forestal. Es bien sabido que el consumo de biomasa nativa, que asciende al 56% del consumo total, se cubre a partir de la extracción furtiva de leña, de desechos no aprovechables industrialmente y de procesos de cambio del uso del suelo, aprobados legalmente a través de planes de uso de la tierra.

Por otro lado, se observa que el consumo de biomasa de plantaciones, que actualmente representa el 31,3%, ha ido creciendo, reemplazando a la leña nativa en varios sectores de la industria. No obstante, esta situación, el balance general todavía arroja cifras negativas, mostrando un déficit significativo cuando el consumo se compara con el potencial de producción sostenible de leña para uso energético, tal como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37. Balance del Potencial de Producción Sostenible de Leña versus Consumo con Fines Energéticos

PARÁMETROS	VOLUMEN DE LEÑA (t.-año)	PARTICIPACIÓN (%)
Potencial de Producción Sostenible de Leña	3.285.705	62,2
Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos	5.282.140	100,0
DÉFICIT	1.996.435	37,8

Fuente: Elaboración Propia.

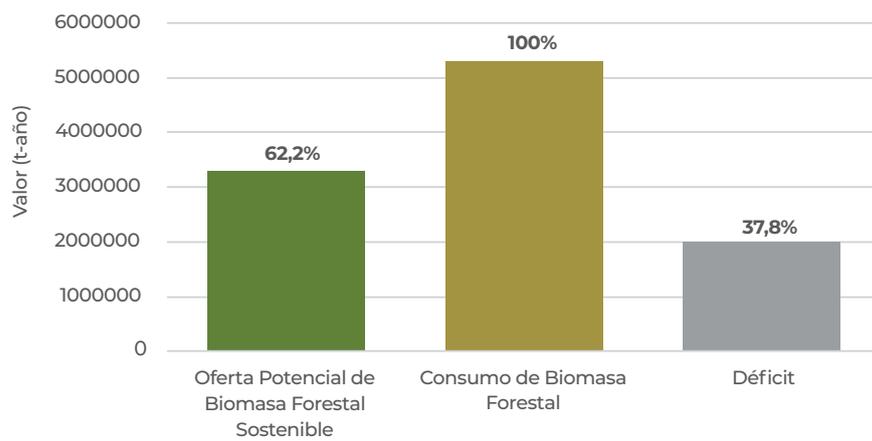
En resumen, la oferta potencial de biomasa forestal sostenible representaría alrededor de 62,2% del consumo real de biomasa con fines energéticos, generando éste un déficit de 37,8%, tal como se muestra en la Figura 8.

No cabe duda de que, históricamente, la leña proveniente del bosque nativo abasteció casi el 100% las necesidades energéticas industriales del país. En la actualidad, algunas empresas nacionales y multinacionales han optado por utilizar leña proveniente de plantaciones forestales en función a sus políticas internas de sostenibilidad y/o por exigencias ambientales que el mercado impone. Otras, sin embargo, han optado por migrar a la biomasa no-forestal, habida cuenta la disponibilidad de desechos de la producción agrícola, principalmente de cascarilla de arroz, carozo de coco y bagazo de caña. Esta biomasa no-forestal representa el 15,1% del consumo total anual.

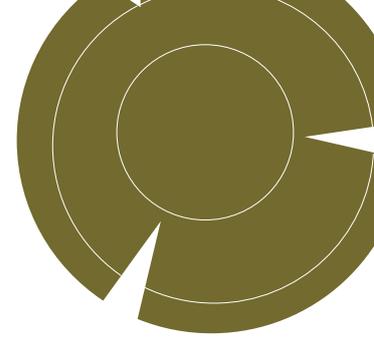
De cualquier manera, es notorio que el cambio de paradigma, que propicie la disminución del uso de leña del bosque nativo, tomará aún algún tiempo en consolidarse. Los motivos son varios, algunos relacionados con el relativo bajo precio de la leña nativa y, su disponibilidad en el mercado, a pesar de las prohibiciones y las distancias de transporte. Otras industrias, sin embargo, defienden su uso por el poder calorífico que generan, pero más que nada por tradición y costumbre en su uso. Lo cierto y lo concreto es que, el continuo empleo de leña del bosque nativo como energético, continúa generando fuerte presión sobre los bosques remanentes, a un ritmo de 33,7 mil hectáreas anuales e, indirectamente, regulando la oferta y demanda de biomasa de plantaciones.

⁸⁵ En el país, dos empresas tienen más de 23,4 mil ha de bosques nativos manejados y certificados FSC para la producción de carbón vegetal, localizados en la región Occidental.

Figura 9. Representación Gráfica del Balance de Biomasa Forestal



Fuente: Elaboración propia.



6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

El presente estudio, actualización del anterior denominado “Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay 2019”, constituye un insumo esencial para la toma de decisiones en políticas públicas y en la planificación y formulación de estrategias bioenergéticas.

Como se ha mencionado previamente, el consumo de biomasa total estimado, para el año 2022, asciende a 6.224.272 t.-año, siendo el sector industrial responsable por el 57% del consumo total, seguido por el sector residencial con 28,8% y exportación de carbón vegetal 14,2%.

De las diferentes fuentes de biomasa que se utilizan como energético, las formaciones nativas proveen, estimativamente, el 53,6% de la demanda nacional, con restricciones tanto de acceso físico por las distancias (región Occidental), como legal por la moratoria de la Ley de Deforestación Cero (región Oriental). En segundo lugar, se posiciona la biomasa proveniente de plantaciones, principalmente de *Eucalyptus spp.*, con un consumo estimado de 31,3% y, en tercer lugar, otras biomásas denominadas no forestales (15,1%), entre las que resalta, por su elevado volumen, el bagazo de caña de azúcar. Otras biomásas no forestales que destacan, pero en menor grado, son el carozo de coco y la cascarilla de arroz, esta última mayormente utilizada en forma de briquetas⁸⁶.



En los hogares de todo el país, el uso de biomasa continúa siendo bastante significativo. De los tipos de biomasa empleados para satisfacer las necesidades energéticas, como la cocción de alimentos y el calentamiento de agua para diversos fines, el más importante, por su consumo, es la leña, cuatro veces superior al carbón vegetal.

El estudio de los distintos sectores que consumen biomasa con fines energéticos demuestra que el sector industrial es el principal demandante de biomasa. En orden de importancia, la producción de etanol es el subsector de mayor consumo, con 12,2%; le siguen el secado de granos y oleaginosas, con 10,1%; la producción de azúcar, con 9,3%; y, las industrias cerámicas y olerías, en conjunto, con 7,3% del total, mientras que, los restantes subsectores han contribuido con demandas que no superan los 2,8% del sector de producción de cal viva.

Pese a que las estimaciones de este estudio pudieran haber sido más precisas si se hubiese contado con información más acabada de la producción nacional por sectores, así como con un mayor apoyo y apertura de las industriales consumidores de biomasa, la actualización de este balance nacional, que se sustancia en este documento, demuestra, una vez más, que Paraguay tiene un alto déficit en materia de sostenibilidad en el ámbito de las bioenergías, principalmente de la biomasa para uso energético. Este déficit podrá decrecer con el correr de los años, toda vez que se implementen políticas claras que realmente fomenten plantaciones comerciales de alto rendimiento con fines energéticos.

86 Las principales industrias procesadoras de arroz poseen equipos para elaborar briquetas, para su venta en el mercado interno.

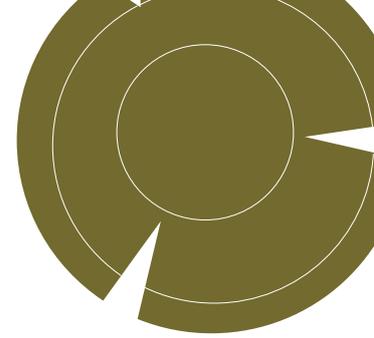
Por el contrario, si se continuara con este patrón de uso de la biomasa forestal y no se tomaran las medidas para eliminar algunas barreras y atender desafíos de orden institucional, legal, económico, técnico y sociocultural, que deben superarse para lograr la tan ansiada sostenibilidad en su uso, la demanda por leña irá, paulatinamente, socavando la base forestal del país, afectando inicialmente los rubros productivos familiares y artesanales que dan sustento a miles de pequeños productores.

Otro aspecto importante que se debe mencionar es que, el sector industrial en general, tiene conciencia de que la biomasa no dejará de utilizarse como energético y que pasará algún tiempo para que se intensifiquen otras fuentes energéticas y se logre la tan esperada transición energética. Estudios realizados por el VMME confirman este razonamiento, pero a la vez ratifican que algunos sectores industriales, no podrán, de cualquier manera, hacer su transición al uso de energía eléctrica para sus procesos productivos, por más que así lo deseen. La inversión en equipos y tecnologías es fuerte, las temperaturas requeridas son muy altas, que a su vez derivan en un alto consumo y costo, todo lo cual inviabilizaría económicamente la producción.



Resumiendo, la leña es uno de los energéticos más importantes del país, después del petróleo, es altamente demandada por su bajo costo en comparación con otros combustibles y no dejará de utilizarse como energético; por el contrario, aumentará al ritmo del crecimiento de nuestra economía y por este motivo debemos plantearnos seriamente en trabajar en pos de lograr una producción sostenible de biomasa para abastecer esta demanda creciente del sector industrial que se viene por delante.

Hay conciencia, además, que la certificación es un instrumento que puede ayudar a estimular el comercio legal y ético y promover la ordenación sostenible -como debe ser- y, la conservación de los bosques y de los valores importantes de la biodiversidad.



7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Nogues, J.P. (2021). **Evaluación de la Estructura del Mercado de la Leña en Paraguay.** Estudio financiado en el marco del Proyecto “Promoviendo la inversión del sector privado en eficiencia energética en el sector industrial del Paraguay” (FP063) financiando por el FVC, implementado por el BID, y ejecutado por la AFD. Paraguay.
- 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.
- MOPC/VMME/BID (2019). **Producción y Consumo de Biomasa Forestal con Fines Energéticos en el Paraguay.** San Lorenzo. Paraguay.
- 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.
- Martínez, M.A. (2019). **Diagnóstico del Segmento de Consumidores de Productos Dendroenergéticos de la Cadena Productiva de la Madera Oriunda de Plantaciones Forestales del Paraguay.** Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción – San Lorenzo.
- OLADE/MOPC/VMME (2023). **Balance Nacional en Energía Útil de Paraguay 2023.** Realizado por Fundación Bariloche. con la ayuda financiera de la Unión Europea, a través de la AECID.
- Alonso, G. (2015). **Eficiencia Energética en el Secado en la Industria del Arroz en Paraguay.** de Arroz. Revista sobre Estudios e Investigación del Saber Académico. Año 9– Número 9. Diciembre 2015.
- Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022). **Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay**–Reporte de Diagnóstico Energético para Agro Silo – Santa Catalina. Elaborado por OCA Global.
- Arrua, L. y Ortega, G. (2021). **Radiografía de la Producción de Arroz en Paraguay.** BASE Investigaciones Sociales. Fundación Rosa Luxemburgo. Ministerio Federal de Cooperación Económica. Asunción.
- Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022). **Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay**–Reporte de Diagnóstico Energético para L & L Construcciones. Elaborado por OCA Global.
- Díaz-Lezcano, M.I., et al (2021). **Consumo de leña en olerías durante la etapa de cocción de ladrillos en el distrito de Tobatí, Paraguay.** *Rev. Científica de la UCSA* [online]. Vol.8, n.3, pp.75-88. ISSN 2409-8752.
- Díaz-Lezcano, M.I., et al (2021). **Consumo de leña para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay.** *Revista Forestal del Perú* 37(2): 149-161. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v37i2.1955>.
- 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. Ciudad de San Lorenzo.
- Arco, C. y Urrutia, Lucía (s/fecha). **El Sector Ladrillero de Paraguay.** CEDHA – Climate & Clean Air Coalition – Banco de Desarrollo de América Latina (CAF).
- INYM (2020). **Secaderos con eficiencia energética y mejor calidad.** Instituto Nacional de la Yerba Mate. Posadas–Misiones. Argentina.
- USAID (2010). **Mandioca una opción industrial.** Publicación preparada para USAID por el Ing. Francisco Fretes del Programa Paraguay Vende.
- Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022). **Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay**–Reporte de Diagnóstico Energético para la Cooperativa Citricoop Ltda. Elaborado por OCA Global.

- Euroclima+/FIIAPP/VMME (2022). **Asistencia Técnica para Fortalecer las Capacidades en Términos de Auditoría Energética en Paraguay**–Reporte de Diagnóstico Energético para la Cooperativa Multiactiva Carlos Pfannl Ltda. Elaborado por OCA Global.
- SENACSA (2023). **Estadísticas de Faena e Industrialización**. Resumen de faenamiento e industrialización.
<https://www.senacsa.gov.py/index.php/estadisticas/faena-e-industrializacion>
- CAPAINLAC (2022). **Situación de la lechería en Paraguay**. Información correspondiente al año 2022 elaborada por CAPAINLAC.
- OLADE/BID/MOPC/VMME (2023). **Informe Final (versión ajustada) “Dianóstico del Consumo de Energía y Biomasa en el Sector Industrial y Apoyo a la Coordinación del Balance de Energía Útil”**. Noviembre 2022 (actualizado Junio 2023).
- MAG (2023). **Panorama del Mercado Mundial y Regional del Azúcar**. Documento Técnico. Dirección General de Planificación. Asunción.
- CEAMSO/FAO/MAG (2021). **Evaluación rápida de la sostenibilidad del sector de biodiesel de soja en Paraguay mediante el uso de indicadores GBEP**. Informe Final. Asunción.
- AC+ (2024). **Diagnóstico del Metabolismo de Biomasa de la Economía Paraguaya**. Kolibri / MiPYME Compite / BID LAB. Asunción.
- Masiero, M. & Massarenti, E. (2023). **Industria Forestal en Paraguay** – Desarrollo sostenible de la industria forestal como parte integral de la estrategia de bioeconomía. Global Gateway – AI-INVEST Verde – Financiado por la Unión Europea.
- World Bank Group (2024). **Profundización en la cadena de valor Paraguay del sector forestal** – El potencial de diferentes eslabones de la cadena de valor forestal. Presentado por María Kim en el Día de la Inversión Forestal, 20 de Mayo 2024. Asunción.
- 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.
- DGP-MAG (2023). **Panorama del Mercado Mundial y Regional del Azúcar**. Documento Técnico. Dirección General de Planificación. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MIC (2022). **Producción de azúcar declarada por los ingenios azucareros en el año 2022**. Subsecretaría de Estado de Comercio y Servicios. Dirección General de Comercio Interior. MIC.
- MADES/PNUD (2019). **Estrategia Nacional Bosques para el Crecimiento Sostenible (ENBCS)**. Proyecto Bosques para el Crecimiento Sostenible. Asunción, Paraguay.
- MADES (2016). **Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC**. Asunción, Paraguay.
- VMME (2024). **Estrategia de electrificación de industrias consumidoras de biomasa en Paraguay**. Estudio realizado por los consultores Hernán Iglesias Furfaro y Marcelo Alejandro Silvosa, con el apoyo financiero del Banco Mundial.
- MADES-DNCC/PNUD-FMAM (2021). **Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC**. Proyecto IBA 3. Asunción, Paraguay.
- Itaipú Binacional (2014). **Balance Nacional en Energía Útil 2011 para la República del Paraguay**. Fundación Parque Tecnológico Itaipú. Convenio N° 4500020685 / 2011.

PERSONAS E INDUSTRIAS CONSULTADAS

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Luis Esteche	L&L Construcciones
Carl Arco	Consultor
Luis Ayala	Unión de Ceramistas Industriales de Tobatí
Luís Osmar Ferreira	Intendente de Tobatí
Carlos Espínola	Industria Cerámica – Tobatí
Alberto Duarte	Industria Cerámica – Tobatí
Cristhian Ayala	Industria Cerámica – Tobatí
Celso Ayala	Industria Cerámica – Tobatí
Edgar Rodríguez	Industria Cerámica – Tobatí
Evelio Esquivel González	Olería – Compañía San Miguel
Víctor M. Rojas	Olería – Compañía San Miguel
Domingo Rojas	Olería – Compañía San Miguel
Isasio Rojas	Olería – Compañía San Miguel
Marcos Chena	Olería – Compañía San Miguel
Antonio Cazal	Olería – Compañía 6 de Enero
Jhony Noguera	Olería – Compañía Santa Rosalía
Esmilda Noguera	Olería – Compañía Santa Rosalía
Luís Ortiz	Olería – Compañía Santa Rosalía
Andrés Noguera	Olería – Compañía Santa Rosalía
Rafael Dionisi	Olería – Compañía Santa Rosalía
Fermín Giménez	Olería – Compañía Santa Rosalía
Marta Zaracho	Olería – Tobatí
Elio Ecurra	Olería – Tobatí
Reinaldo Espínola	Olería – Tobatí
Fernando Vera	Director de Agricultura de la Intendencia de Tobatí
Alvina Diarte	Centro de Artesanos y Pequeñas Industrias de la Ciudad de Itá (CAPICI)
Juan Ortiz	Olería – Compañía Yhovoy
Silvio Ortiz	Olería – Compañía Yhovoy
Lourdes Arca	Olería – Compañía Yhovoy
Eladio Arca	Olería – Compañía Yhovoy
Víctor R. Lezcano	Olería – Compañía 3 de Mayo
Diego Díaz	Olería – Compañía 3 de Mayo
Mercedes Quiroga	Olería – Compañía 3 de Mayo
Hernán Doldan	Olería – Compañía 3 de Mayo
Aldo Lezcano	Intendente Municipal de Acahay
Miguel Lugo	Olería – Compañía Ybyraity
Jorge C. Barrios	Olería – Compañía Ybyraity
Toribio Cáceres	Olería – Compañía Ybyraity
Cándido González Rojas	Olería – Compañía Ybyraity
Leongino Villalba	Olería – Compañía Caraguatay
Nelson Viera	Olería – Compañía Caraguatay

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Ricardo Viera	Olería – Compañía Caraguatay
Florentino González	Olería – Compañía Caraguatay
Pablino Duarte	Olería – Compañía Caraguatay
Kevin Blanch	Departamento de Producción Forestal – Agroforestal del Paraguay S.A.
José Pérez	Gerente Comercialización y Producción de Tabaco Negro–Agroforestal del Paraguay S.A.
Levi Fehr	Gerente Industrial – CODIPSA
Oswaldo Almeida Junior	Gerente General ELKEM Paraguay
Diego Acosta	ELKEM Paraguay
Rodrigo Rodi	Industria Cerámica – Santa Rosa del Aguaray
Fredy Rodi	Maderera San Rafael – Nueva Germania
Geraldo Pereira de Lima	Cerámica Nueva Germania
Cirilo López	Olería – Tierra Prometida
Rosalino Fernández	Olería – Tierra Prometida
Cristian Pereira	Olería – Tierra Prometida
Neil Ruíz Díaz	Olería – Tierra Prometida
Herminio Escumbarti	Olería – Tierra Prometida
Delia Mari Kuck	Olería – Tierra Prometida
Enrique Fisher	Olería – Arroyo Atá
Amado Vallejos	Olería – Barrial–Tacuatí
Bernardino Franco	Olería – Barrial–Tacuatí
Wilson Vera	Olería – Barrial–Tacuatí
Aníbal Ayala	Petitgrain – Calle Arroyo – San Pedro
Florencio Augusto Ayala	Petitgrain – Compañía Rutará – San Pedro
Martín Ramos	Petitgrain – San Ramón I – San Pedro
Héctor Bernardo Sauer V.	Yerbatera Eco Sauer
Eno Bronstrup	E.B.S.A. – Propietario de Yerba Selecta
Alfredo Allebranbt	Encargado de Secado – Kaaty S.A. (Yerba Pajarito)
Anita Schneider	Encargada de Producción y Cosecha – Kaaty S.A. (Yerba Pajarito)
Pedro Vega	Socio Gerente – Yerba Mate Agroecológica Oñoirú
Ricardo Amarilla	Administrador – Yerba Mate Agroecológica Oñoirú
Stefan Isaak	Jefe del Departamento Forestal (SAP)–Cooperativa Multiactiva Neuland Ltda.
Elvin Rempel	Jefe del Departamento Forestal (SAP)–Cooperativa Fernheim Ltda.
Reinhard Funk	Gerente Desarrollo Sostenible (SAP)–Cooperativa Chortitzer Ltda.
Ramón Valdez	Desarrollo Sostenible (SAP)–Cooperativa Chortitzer Ltda.
Janyna Lohrer	Desarrollo Sostenible (SAP)–Cooperativa Chortitzer Ltda.
Arnaldo Colman	Encargado de Cerámica CEMSUC S.A.
Ever Cuenca	Cerámica El Halcón S.A.
Braian Bobadilla	Administrador Cerámica Siemens
Wirky Braun	Propietario de Cerámica Toba
Harold Thiessen	Gerente Planta Industrial – Balanceados Colonia Neuland
Alfred Sabasky	Gerente de Planta – Balanceados–Cooperativa Fernheim

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Francisco Thiessen	Departamento de Calderas y Esencia – Cooperativa Chortitzer
Mark Bartel	Gerente Administrativo – Frigorífico Cooperativa Chortitzer
Dieter Vogth	Mantenimiento de Calderas – Frigorífico Cooperativa Chortitzer
Carin Daher	Gerente General de Oleaginosas Industrializadas S.A.
Eduard Dyck	Gerente General de Frigochaco
Eddi Wiebe	Gerente General de CENCOPROD Ltda.
Kornelius Dyck	Jefe de Mantenimiento y Obras de CENCOPROD Ltda.
Benito Salcedo	Gerente General de Planta – Manufactura de Pilar S.A.
Alberto Módica	Yerbabuena de FADISI S.A.
Didier Módica	Yerbabuena de FADISI S.A.
Carlos Adolfo Gómez	Director de Molinos San Juan S.R.L.
Francisco Brunetti	Gerente de Auditoría de Molinos San Juan S.R.L.
María Rozzano	Jefe de Calidad–PEPSICO
Marco Santacruz	Jefe de Servicios–PEPSICO
Marcos Espínola	Jefe de Producción–PEPSICO
Martín Vargas	Supervisor de Servicios Auxiliares–PARESA
Andrés Soley	Propietario de Arrozsec
Valmir Colpo	Gerente de AgroAlianza S.A.
Blasidio Andrés Britos	Gerente de Producción – Lácteos Cooperativa Colonias Unidas
Aristides Rojas	Balanceados Trociuk S.A.
David Krivenchuk	Balanceados Trociuk S.A.
Fernando Pereira	Encargado Cerámica Ñaú
Carlos Karajallo	Cerámica – Propietario
Samuel Ramírez	Presidente Asociación Oleros y Ceramistas–Encarnación
Iván Giménez	Encargado de Producción–Carton Box del Paraguay
Adolfo Benítez	Gerente de Sostenibilidad – Cartones Yaguareté S.A.
Hernán Wagener	Gerente de Planta – Cartones Yaguareté S.A.
Nahi Lagraña	Gerente de Kartotec S.A.
Felipe Ramírez	Arrozal S.A.
Sergio Garelli	Cerámicas del Chaco S.A.
Alfredo Ruiz	Jefe Secadero Cooperativa Citricoop
José Pereira	Cerámica Santa María y Sol del Norte
Natalia Falcón	Ingeniera de Área – Cargill Paraguay
Julio Figueredo	Operador – Cargill Paraguay
Felipe Gavilán	Encargado General de Finca – FAM Itakyry S.R.L.
Wilmar Monzón	Cerámica San Andrés
Manuel Echaui	Gerente Industrial – AGRI S.A.
Antonella Vieluva	Granja Don Federico
Luís Barboza	La Rojiza S.A.
Bilfrido Barreto	Jefe Dpto. Operacional–Agro Silo Santa Catalina S.A.
Alberto Pujol	Gerente General de Los Cabos S.A.
Esteban Bobadilla Barrios	Curtiembre San Esteban

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Claudio E. Spitzer	Socio-Gerente–Yerba Oro Verde S.R.L.
Javier da Silva	Gerente Industrial – Laboratorio y Herboristería Santa Margarita
Jorge Silva	Gerencia de Operaciones – Industrial Guarapí S.A.
Nora Amarilla	Azucarera Paraguaya S.A.
Sergio Oldani	LDC Merco S.A.
José María Macchi	Cerámica Don Loncho
Richard Noguera	Cerámica Las Mercedes
Nazario Rojas	Cerámica
Rolando Rojas	Cerámica Casa y Campo
Leandro Peña	L y M Ladrillería
Darío López Piñanez	Cerámica Lopi
Julio Guzmán	Cerámica Celia Edelmira
Rodrigo Piñanez	Cerámica San Ramón
Ángel Ariel Arriola	Cerámica Divino Niño
Wilfrido Zarate	Procesos Industriales S.A.C.I.
Juan Carlos Altieri	La Industrial Maderil de Miguel C. Altieri & Cía S.R.L.
Luis Diel Romano	Director Ejecutivo–Empresa Forestal e Industrial S.A.
Roberto Gómez	Azotey S.A.
Héctor David Duarte	Koscuer S.A.
Rafael Velázquez	Curtiduría San Miguel
Juan David Valenzuela Medina	Corporación Avícola S.A.
Isaak N Ewald	Forestal Caaguazú S.A.
Walter Lember	Cooperativa San Lucas
Nelson Núñez	Yerbatera San José
Ervin Martínez	Margo y Cía.
Carmen Cáceres	Envaco S.A.
Horacio Martino	Tetra Pak Paraguay
Lenise Fell	Durli Laethers S.A.
Dorisvaldo Alves de Lima	Agroser S.A.,
Marcelo Carlomagno	Contiparaguay S.A.
Christian Gallas	Yerbatera Gallas S.A.
María Graciela Piccinini	Gerente de Granja Piccinini
Porfirio Villalba	Jefe Industrial de Payco S.A.
Carlos Clebsch	Avícola Pirayú
Gustavo Ariel Galeano	Departamento Ambiental y Forestal – Cooperativa COOPASAM
Antonella Filippo	Especialista Ambiental – ADM Paraguay S.R.L.
Cristian Ruiz	Gerente de Extracción y Preparación de Granos – ADM Paraguay S.R.L.
Celso Martino	Encargado de Logística – LAR Paraguay
Fiorella Gurrieri	CAPPRO Sustentabilidad
Juan Buktenica	Gerente de Planta – Cremer Oleo
Diego Melgarejo	Gerente Industrial – Fertimax

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Billy Heinrichs	Gerente Comercial – Alcotec S.A.
Enrique Yebran	Gerente Financiero – Neualco S.A.
Ernie Friesen,	Gerente – Granjeros Campo 9 S.A.
Ari Friedlert	Propietario – Cerámica Friedler S.A.
Luciano Dalmas	Administrador – Cerámica Dalmas
Odair Antonio Schemanich	Administrador – Agriplan S.A.
Paulo Heberle	Propietario – Cerámica Aurora
Freddy Heinrich Braun	Administrador – La Joya S.A.
Brian Enns	Lácteos La Fortuna
Arnaldo Molinas	Gerente de Planta–Cooperativa Manduvirá Ltda.
Ada Zárate	Gerente de Agroinsumos–Cooperativa Manduvirá Ltda.
Marta Maeda	Jefe de Departamento Industrial – Productores Unidos del Sur
Marcelo L. dos Santos	Coordinador de Producción de Biodiesel – Biosinergy Paraguay S.A.
Carolina Bauman	Gerente – Planta Alcoholera Mauricio José Troche
Eder Villagra	Gerente de Mantenimiento – Planta Alcoholera Mauricio José Troche
Edgar Froch	Propietario – Granja La Golondrina
Patricio Acosta	Presidente – Agrotransportadora Acosta S.A.
Javier Jovik	Control de Calidad – Molinos El País S.A.
Patricia Vallejos	Gerente de Producción – La Felsina A.I.C.S.A.
Paola Sanabria	Gerente de División EcoProductos – Frigorífico Guaraní S.A.C.I.
Gabriel Mongelós	Gerente de Producción EcoProductos – Frigorífico Guaraní S.A.C.I.
Fernando Piccinini	Gerente de Mantenimiento Planta Limpio – Frigorífico Guaraní S.A.C.I.
Henrique Scherer Gonzatti	Auxiliar de Silos y Sucursales – Cooperativa Pindo Ltda.
Miguel Portillo	Encargado – Levante Comercial Industrial e Inmobiliaria S.A.
Anatoli Hensen	Propietario – Agropecuaria, Agrícola y Ganadera Angelika Regina S.A.
Ricardo Rodríguez	Propietario – Ryguasú Kae S.A.
Pascual Ruiz Díaz Caballero	Lácteos La Pradera
Estela Colman	Gerente de Planta – Hibernia Misiones
José Martínez	Gerente de Molino de Granja Avícola La Blanca S.A.
Lesly Hildebrand	Departamento de Contabilidad – Cooperativa Agrícola de Producción Sommerfeld Ltda.
Eldon Wiens	Encargado de Balanceados – Cooperativa Friesland Ltda.
Diego Andrés Sauer	Cooperativa Naranjito Ltda.
Jaime Klekos	Las Jaras S.A.
Javier Frontanilla	Gerente de Producción – Altaja S.A.
Jeffrey Giesbrecht	Cooperativa de Producción Agrícola Bergthal Ltda.
Sonimar Junior Rissardi	Super Agro S.R.L.
Marcos Ocampos	Sub Gerente de Provisión y Logística de Biomasa – INPASA Paraguay S.A.
Mauro Gabriel Aveiro Arce–Administrador	Administrador – Agroyerbatara Los Yerbales S.A.
Cristóbal Ruiz Perrotat	Gerente General–ENERSUR S.A.,
Mario Cuella	Supervisor de Mantenimiento – Arrosur S.R.L.
Tomasa Mariela Cabello	Administrativa – Yerbatera San Miguel

NOMBRE Y APELLIDO	INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA
Carlos Giménez	Gerente Industrial – Granos y Nutrición S.A.
Alberto Olmedo	Coordinador de Producción – Nelixia Paraguay S.A.
Thamara Vanessa Machain de Ramírez	Director – Araguaney S.A.
Walter Javier Duarte Kallus	Vicepresidente Segundo – Eladia S.A.
Maida Bernal	Asesora Técnica – Cooperativa de Producción Agroindustrial de Consumo y Servicios Unión Curupayty Ltda.
Sadi Antonio Thome	Presidente–La Forestal Alto Paraná S.A.
Mirian Benítez	ADOME de Gustavo A. Coronel Méndez

UNIDADES DE MEDIDAS

°C	grados centígrados
g	gramo
ha	hectárea
hl	hectolitro
kg	kilogramo
kWh	kilovatio hora
l	litro
m³	metro cúbico
MW	megavatio
p.s.f.	punto saturación de fibra
t.	tonelada métrica (1.000 kg)

PARÁMETROS Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES

1 metro cúbico estéreo de leña	= 0,595 m ³ sólido
1 metro cúbico de biomasa nativa (BN)	= 769 kg
1 metro cúbico de biomasa plantaciones (BP)	= 550 kg
1 metro cúbico solido de madera	= 2,5 m ³ de astillas o chips
1 kilogramo de leña	= 0,200 g. de carbón vegetal
1 metro cúbico de Karanday	= 920 kg
1 hectolitro	= 100 litros
IMA promedio de plantaciones (m ³ -ha-año)	= 28,5
Volumen por ha, en edad cosecha-7 años	= 199,5 m ³
t. por ha, en edad cosecha-7 años	= 109,725

