



**Producción de biometano para
combustible de transporte a
partir de residuos de biomasa**

**Diagnóstico de los recursos de biomasa
disponibles en Iberoamérica**

Junio 2018



EQUIPO DE PROYECTO:

Fundación CARTIF (España)

Dolores Hidalgo (Coordinadora)

Gregorio Antolín

Ignacio Alvarellos

Paula Remor

Jesús M. Martín

Francisco Corona

Ana Urueña

David Díez

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (México)

Óscar Aguilar

Georgina Sandoval

Roberto E. Bolaños

Universidad Católica de Santa María (Perú)

Gonzalo Dávila

J. Godofredo Peña

Irina Salazar

Hugo G. Jiménez

Instituto Polo Tecnológico de Pando (Uruguay)

Néstor A. Tancredi

Alejandro Amaya

Universidad de Santander (Colombia)

Fausto R. Posso

Neila M. Mantilla

Ingenio la Unión (Guatemala)

Jose L. Alfaro

Edwin Delgado

Álvaro Ruiz

ISBN: 978-84-09-07532-4

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. LA BIOMASA EN LOS PAÍSES IBEROAMERICANOS	2
2.1. ARGENTINA.....	3
2.2. BOLIVIA	6
2.3. BRASIL	8
2.4. CHILE	10
2.5. COLOMBIA.....	14
2.6. COSTA RICA	17
2.7. CUBA.....	19
2.8. ECUADOR.....	21
2.9. EL SALVADOR.....	23
2.10. ESPAÑA.....	26
2.11. GUATEMALA.....	33
2.12. HONDURAS.....	35
2.13. MÉXICO	39
2.14. NICARAGUA	41
2.15. PANAMÁ	43
2.16. PARAGUAY	45
2.17. PERÚ.....	50
2.18. PORTUGAL	54
2.19. REPUBLICA DOMINICANA.....	59
2.20. URUGUAY.....	62
2.21. VENEZUELA	68
BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PARTICIPACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA EN MATRIZ ELÉCTRICA DE BRASIL [1].....	8
FIGURA 2. GENERACIÓN NETA POR RECURSO EN 2014 [12].	25
FIGURA 3. TIPOS DE BIOMASA ANALIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL	27
FIGURA 4. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA POR TIPO DE COMBUSTIBLE EN GUATEMALA [15].	33
FIGURA 5. FUENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD [17].	36
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD ENERGÉTICA POR TIPO DE FUENTE EN PANAMÁ (2015).	45
FIGURA 7. OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA (2014).	61
FIGURA 8. GENERACIÓN DE RESIDUOS POR SECTOR [32].	65
FIGURA 9. POTENCIA INSTALADA POR FUENTE Y AÑO EN URUGUAY [32].	67
FIGURA 10. ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA POR TIPO Y AÑO EN URUGUAY [32].	67
FIGURA 11. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE Y AÑO EN URUGUAY [32].	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN ARGENTINA [4].	4
TABLA 2. POTENCIAL ENERGÉTICO EN BOLIVIA DE CADA RESIDUO CALCULADO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PARA 2011 [1].	6
TABLA 3. POTENCIAL ENERGÉTICO EN BRASIL DE CADA RESIDUO CALCULADO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PARA 2011 [1].	9
TABLA 4. CABEZAS PECUARIAS COMO BASE DE CÁLCULO DEL POTENCIAL RESIDUAL [1].	10
TABLA 5. RESIDUOS AGRÍCOLAS PRODUCIDOS EN CHILE DURANTE LA TEMPORADA AGRÍCOLA 2003- 2004 [5].	12
TABLA 6. POTENCIAL ENERGÉTICO EN COLOMBIA DE RESIDUOS PECUARIOS [1].	15
TABLA 7. POTENCIAL ENERGÉTICO EN COLOMBIA DE CADA UNO DE LOS RESIDUOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PARA 2006 Y 2011 [1].	16
TABLA 8. POTENCIAL ENERGÉTICO PARA LA BIOMASA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS URBANOS DE LAS DOCE CIUDADES [1].	16
TABLA 9. POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESIDUOS BIOMÁSICOS EN COSTA RICA [8].	19
TABLA 10. POTENCIAL ENERGÉTICO EN CUBA DE CADA RESIDUO CALCULADO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PARA 2011.	20
TABLA 11. ENERGÍA OBTENIDA DE LA BIOMASA EN CUBA EN EL 2011 [9].	20
TABLA 12. RESUMEN DE PRODUCCIÓN Y POTENCIAL DE LOS RESIDUOS DE DIFERENTES SECTORES EN ECUADOR PARA 2012 [10].	22

TABLA 13. CAPACIDAD INSTALADA EN MW EN EL SALVADOR EN EL AÑO 2014 [12].....	23
TABLA 14. CALDERAS POR SECTOR, ACTIVIDAD ECONÓMICA Y TIPO DE COMBUSTIBLE [12].	24
TABLA 15. GENERACIÓN ELÉCTRICA SEGÚN EL TIPO DE RECURSO EN EL SALVADOR (GWH) [12].	24
TABLA 16. RESUMEN DEL POTENCIAL TOTAL DISPONIBLE DE BIOMASA EN ESPAÑA.	31
TABLA 17. OBJETIVO EN BIOMASA DEL PER 2011-2020 EN GENERACIÓN ELÉCTRICA [14].....	32
TABLA 18. OBJETIVOS EN BIOMASA DEL PER 2011-2020 EN EL SECTOR CALEFACCIÓN [14].	32
TABLA 19. OBJETIVOS EN BIOMASA DEL PER 2011-2020 EN EL SECTOR TRANSPORTE [14].	32
TABLA 20. POTENCIAL DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS EN GUATEMALA [1].	35
TABLA 21. POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS PRINCIPALES RESIDUOS EN MÉXICO [1].....	40
TABLA 22. POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES EN NICARAGUA [20].	42
TABLA 23. POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS EN NICARAGUA [1].	43
TABLA 24. PRODUCCIÓN DE GRANO EN PARAGUAY EN LOS AÑOS 2011 – 2012 [22].	50
TABLA 25. POTENCIAL DISPONIBLE O APROVECHABLE A NIVEL NACIONAL EN PERÚ DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES [26].....	52
TABLA 26. PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORESTAL (A); - DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE BIOMASA FORESTAL (B); - POTENCIAL DISPONIBLE DE RESIDUOS FORESTALES Y DE ITM, PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA (C) [27].	56
TABLA 27. RESIDUOS DE BIOMASA POR AÑO EN URUGUAY [33].	63
TABLA 28. POTENCIAL DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS DE VENEZUELA [1].	69

1. Objetivo

Dada la crisis energética y medioambiental a la que el planeta se está viendo sometido por el abusivo empleo de combustibles fósiles, la búsqueda de energías limpias y/o de origen natural ha adquirido especial importancia en los últimos años.

La biomasa ha sido empleada como fuente natural de energía desde tiempos remotos, haciendo uso de maderas, hojas y estiércol. En contrapartida, a partir de la revolución industrial el uso de combustibles fósiles se ha extendido e implantado en prácticamente todos los lugares del mundo, reemplazando el arraigado empleo de la biomasa.

Atendiendo, pues, a la transformación de la mentalidad social y a los citados problemas ambientales y energéticos, la investigación y el desarrollo de tecnologías de biomasa y biocombustibles, así como de otras áreas de alta sostenibilidad energética, han sufrido un prominente crecimiento.

Considerando lo expuesto y las premisas requeridas por el presente proyecto (BIOMETRANS), este informe tiene por objeto la diagnosis de los recursos relativos a la biomasa disponibles en Iberoamérica. De esta manera, se pretende fomentar la valorización y el empleo de los residuos de biomasa seca y húmeda generados en la Región Iberoamericana mediante la producción de biometano, así como promover el empleo de biocombustibles en el transporte.

En este sentido, se ha realizado una amplia búsqueda literaria del estado de los recursos de los países Iberoamericanos más representativos. A su vez, se ha desarrollado un estudio preliminar del potencial de producción de biocombustibles según los recursos, características y condiciones de cada país.

2. La biomasa en los países Iberoamericanos

En esta sección se pretende abordar de manera simple el potencial residual en los países iberoamericanos. Para ello, se ha puesto especial énfasis en las principales fuentes de biomasa disponibles en la actualidad en cada uno de estos países. Así, los residuos de los cultivos agrícolas, de los procesos forestales, los del procesamiento de la madera, desechos de animales (incluidos los residuos humanos), residuos sólidos urbanos, desechos de procesamiento de alimentos, cultivos realizados exclusivamente para su aprovechamiento energético y los bosques de corta rotación, se han tomado como base para el desarrollo de este estudio.

Teniendo en cuenta la idoneidad de las condiciones ambientales, tales como humedad, temperatura y radiación solar, la generación de energía eléctrica y térmica a partir de la biomasa se impone como uno de los recursos renovables con más potencial de utilización en la región intertropical (franja ecuatorial de 23º latitud norte hasta los 23º latitud sur) [1]. Asimismo, América Latina tiene buena disponibilidad de tierra y las condiciones climáticas propicias para la producción de cultivos energéticos. Por ende, también tiene el potencial de satisfacer una parte importante de la demanda mundial de biocombustibles [2].

Cabe destacar, además, que los subproductos o residuos derivados de la actividad agrícola constituyen una de las fuentes de biomasa con mayor potencial de desarrollo para uso energético. Por otra parte, las industrias agroalimentarias (junto con las forestales), también son fuentes importantes de biomasa residual [1]. Es por ello que se habrá de buscar la potenciación de ambos grupos residuales.

A continuación, se exponen los datos y características estudiadas para cada país.

2.1. Argentina

Los resultados expuestos se han obtenido, principalmente, de dos documentos: “Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina” [3] y “Estudio de potencial de mitigación - Biomasa y Biocombustibles de 2ª y 3ª generación” [4].

El primer documento [3] desarrolla una cuantificación de las disponibilidades de biomasa para uso energético, así como la implantación de la metodología WISDOM (Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping, traducido como, Mapeo de la Oferta y Demanda Integrada de Biocombustibles) como herramienta de desarrollo de sistemas bioenergéticos sostenibles en el país.

Dentro de la amplia variedad de resultados obtenidos en el análisis ofrecido por este primer documento [3], se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- Dado el uso actual del suelo, la productividad leñosa anual sostenible del país se estima en 193 millones de toneladas anuales en base seca. De esta cantidad, 143 millones son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos.
- Existen, además, otras 2,7 millones de toneladas de biomasa leñosa proveniente de subproductos de aserrados y plantaciones frutales, y cerca de 2,3 millones de toneladas de otros subproductos biomásicos derivados de los flujos agroindustriales.
- El total de recursos de biomasa leñosa potencialmente disponibles asciende así a 148 millones de toneladas anuales en base seca. Dentro de esta cantidad, 124 millones de toneladas anuales proceden de fuentes potencialmente comerciales. Esto representa unas 37.200

ktep*/año, equivalente a más del 50% de la Oferta Interna de Energía Primaria del país.

- El consumo actual de biomasa con fines energéticos, por su parte, se estimó en 7,9 toneladas, de las cuales 2,2 provienen del sector residencial, cerca de 3,9 del sector comercial y casi 1,9 del sector industrial.

Basándose en estas estimaciones, existe un superávit potencial de biomasa energética a nivel nacional, para posibles utilizaciones de tipo doméstico, comercial o industrial. Sin embargo, a nivel subnacional y local, existe una significativa variabilidad e incluso algunas áreas deficitarias [3].

Del segundo documento [4], más próximo en términos temporales (2015), se ha extraído la información que sigue. Dentro de todas las fuentes de biomasa disponibles en el país, se ha recogido una estimación referente a los recursos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Disponibilidad de biomasa en Argentina [4].

Fuente	Disponibilidad (t/año)
Fuentes boscosas directas	107.279.217
Residuos poda cítricos	325.620
Residuos poda vid	420.829
Residuo poda olivo	202.860
Residuo poda otros frutales	399.393
Residuos cañeros	916.172
Bagazo	1.155.972
Residuos arroz pajilla	392.171
Residuos molinos arroceros	127.633
Residuos algodón	51.065
Orujo olivo	68.223
Residuos aserraderos	1.620.474

* tep es el acrónimo de Toneladas Equivalentes de Petróleo.

Las estimaciones globales efectuadas, del aprovechamiento comercial de la totalidad de los recursos biomásicos para usos de generación eléctrica convencional, indican que sería factible instalar unas 8.500 MW, de los cuales 8.100 MW corresponden a las denominadas Fuentes Boscosas Directas y 400 MW al resto de las fuentes.

Se ha evaluado, que, a pesar del enorme potencial de las Fuentes Boscosas Directas, se considera que tanto el manejo como la logística de las mismas son muy dificultosos de estimar, en especial en lo que respecta a los bosques nativos. En el caso de las plantaciones forestales, la mayoría de las mismas se encuentran altamente tecnificadas y por lo tanto se presupone que gran parte de los recursos ya son empleados en la actualidad. Por lo tanto, hasta desarrollar un análisis en profundidad de las cadenas productivas de ambos bosques, se asume que el potencial de los mismos es cercano al 5% del total previsto, esto es de 400 MW.

En la composición del potencial del resto de las fuentes predominan los residuos de los aserraderos, los residuos no aprovechados de la cadena productiva del azúcar y residuos de la poda de vides, olivos y frutales, constituyendo un total cercano a los 450 MW instalables.

Cabe mencionar que el Bagazo de caña de azúcar, que se obtiene en el proceso de producción de melaza, es el recurso biomásico de mayores antecedentes en la utilización energética de residuos agroindustriales en Argentina. Además, los cultivos celulósicos destinados a la producción de energía ofrecen perspectivas prometedoras como fuente de materia prima para las tecnologías de segunda generación. Entre los cultivos posibles de este tipo, figuran las plantas leñosas de rotación breve, como el sauce, los álamos y los eucaliptos híbridos y especies gramíneas como el miscanto, el pasto varilla y el alpiste arundinácea. Como añadido, puede considerarse que la jatropha, el ricino, el cártamo y la camelina son los cultivos que complementarán a la soja, la colza, la palma y los aceites vegetales en la producción de biodiesel de segunda generación [4].

2.2. *Bolivia*

Los resultados presentados sobre Bolivia aluden a lo definido en el libro “*Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*” [1]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

Los subproductos o residuos derivados de la actividad agrícola constituyen una de las fuentes de biomasa con mayor potencial de desarrollo para uso energético. Su valorización energética conlleva además importantes beneficios medioambientales, económicos y sociales. Por otra parte, las industrias agroalimentarias (junto con las forestales), también son fuentes importantes de biomasa residual, tanto para aplicaciones en generación eléctricas como térmicas, y son las que hoy en día contribuyen considerablemente a este aprovechamiento. Pese a ello, el escaso desarrollo del aprovechamiento de los residuos agrícolas, hace que sea necesario el fortalecimiento del sector bioenergético. El desarrollo agrícola de Bolivia genera una serie de residuos cuyo potencial se muestra en la Tabla 2, donde se especifica el tipo de residuo y su potencial energético (para consultar el método de cálculo del potencial energético véase el Capítulo 1 de la ref. [1]).

Tabla 2. Potencial energético en Bolivia de cada residuo calculado de los principales cultivos para 2011 [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Masa de residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Caña de azúcar	5.869.614	19.356.171	96.653
Café	68.492	15.876.454	173.052
Maíz	1.041.543	1.468.576	15.768
Arroz	471.479	1.202.272	5.326
Banano	203.449	1.251.211	713
Plátano	336.270	2.068.061	1.179
TOTAL	7.990.847	41.222.745	292.691

Dado el alto potencial de los recursos forestales de Bolivia, estos constituyen la base para desarrollar proyectos de generación energética. Basándose en el crecimiento de los bosques certificados y en el aumento de las exportaciones, la producción estimada de residuos madereros es:

- 800.000 m³ de residuos que se dejan en el bosque.
- 500.000 m³ de residuos que se producen en los aserraderos.
- 300.000 m³ de residuos se generan en el proceso de fabricación.

En total, hoy se desperdician en Bolivia aproximadamente 1.700.000 m³ de residuos. Este potencial podría ser aprovechable a través de sistemas de recolección, alrededor de las poblaciones y los centros de procesamiento de la madera y plantas termoeléctricas. El aspecto más crítico es la financiación, que debe existir con plazos largos y condiciones concesionales. Una de las posibilidades manejadas es la de establecer proyectos piloto a efectos demostrativos, a través de los cuales se puedan obtener datos para establecer soluciones técnicas e información económico-financiera.

Según datos relativos al periodo de tiempo entre el 2010 y el 2011, Bolivia contaba con 10,4 millones de habitantes y se calcula que la producción nacional per cápita de desechos domésticos en las zonas urbanas era de aproximadamente 0,50 kg por persona y día, y 0,20 kg por persona día en las zonas rurales. La variación en la generación de residuos está directamente relacionada con la capacidad de consumo de cada municipio, así como el tipo de residuos generados. Se estima que, en el año 2010, se generaron 1.745.280 toneladas de residuos en las zonas urbanas.

En cuanto a la composición de los residuos, más de la mitad (55,2%) son biodegradables, 22,1% es material reciclable y 22,7% se considera como residuo inutilizable [1].

2.3. *Brasil*

Los resultados presentados sobre Brasil aluden a lo definido en el libro “*Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*” [1]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

En Brasil, la biomasa representa el 34% del consumo final de energía en la industria del cemento y el 40% de las industrias del hierro y el acero. En la Tabla 3 se muestra el potencial estimado de los residuos agrícolas y en la Tabla 4 se muestra el censo agropecuario con el cual se podría calcular el potencial de los residuos pecuarios [1].

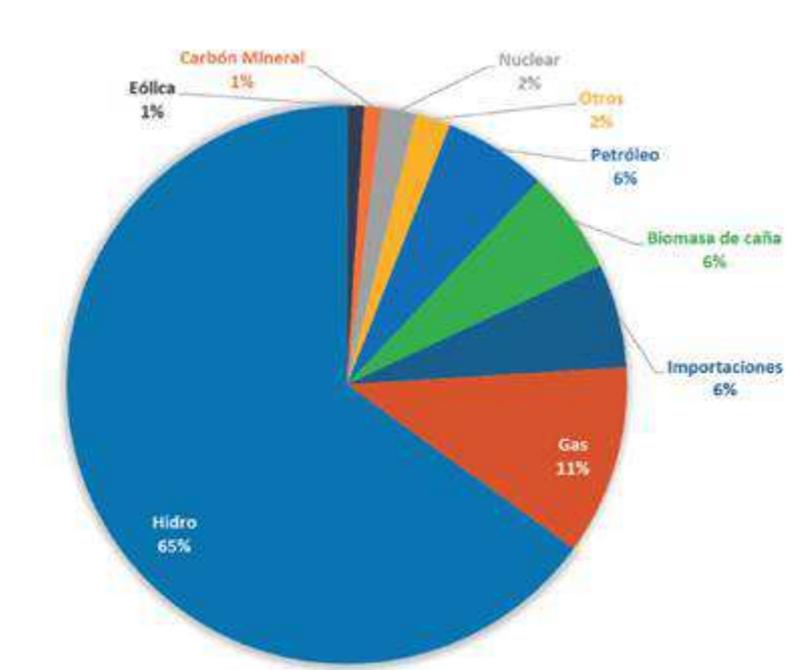


Figura 1. Participación de Fuentes de Energía en Matriz Eléctrica de Brasil [1].

La biomasa aporta el 6% del total de la energía generada dentro de la matriz energética nacional (Figura 1). El bagazo de la caña de azúcar representa más del 80% de la energía obtenida de la biomasa. El licor negro derivado de industria de papel, residuos de madera, carbón de leña, biogás, cáscaras de arroz y la hierba de elefante, son otros tipos de biomasa que en la actualidad

ya se utilizan para la generación de energía. Según el Balance de Energía Nacional, la biomasa representa alrededor de 27% del suministro de energía primaria del país, la madera aporta más del 10% de la misma. Se estima que en 2010 con biomasa lignocelulósica se produjeron 34 millones de tep*, una cantidad similar a la producción energética de las demás renovables a nivel nacional. Es innegable que la madera sigue jugando un importante papel estratégico en la producción y uso de la energía, alrededor de un tercio de la biomasa se destina a uso doméstico en el medio rural. El sector del pellet aún se desarrolla con lentitud, hay poca información y en general son pocas las empresas que producen a pequeña escala para el mercado doméstico-térmico o como granulado higiénico para mascotas, desaprovechando su uso energético [1].

Tabla 3. Potencial energético en Brasil de cada residuo calculado de los principales cultivos para 2011 [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Masa de residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Caña de azúcar	715.143.569	4.247.952.800	32.425.535
Café	2.658.049	14.247.142	138.579
Maíz	56.272.440	79.344.140	852.029
Arroz	13.444.425	34.283.284	151.901
Banano	7.104.661	43.693.665	24.951
TOTAL	794.623.144	4.419.521.032	33.592.996

2.3.1. Residuos pecuarios

Los datos a calcular serán el resultado estimado teniendo en cuenta la cantidad generada por animal. Para tasar la cantidad de residuo aprovechable se debe tener en cuenta la cantidad de cabezas en los establos y establecer el factor de aprovechamiento en las condiciones de utilización y permanencia [1].

Tabla 4. Cabezas pecuarias como base de cálculo del potencial residual [1].

	Millones de cabezas
Bovinos	169.900.049
Bufalinos	839.960
Caprinos	7.109.052
Ovinos	13.856.747
Porcinos	31.949.106

2.3.2. Residuos forestales

Brasil tiene un enorme potencial bioenergético a partir de biomasa lignocelulósica. Un tercio se consume en el ámbito doméstico, pero la demanda aumenta en diferentes sectores industriales. Ya se emplean, con éxito, residuos agroforestales para generar energía en la industria; el próximo reto es alcanzar una producción de briquetas y pellets a gran escala a partir de residuos y plantaciones forestales de corta rotación [1].

2.4. Chile

La información expuesta se ha obtenido de lo reflejado en los siguientes documentos: “*Bioenergía en Chile*” [5], “*Biomasa en Chile*” [6] y “*Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile*” [7].

La potencia instalada en Chile, asociada a biomasa, oscila entre 326 y 722 MW, equivalente a un 1,9 - 4,2% de la potencia bruta instalada en el país y cuya generación fue de aproximadamente un 2,3% de la energía bruta en el año 2010, al ser utilizada como combustible en centrales termoeléctricas.

La biomasa en Chile, comprende los tres grupos de productos energéticos obtenidos a partir de ésta en función de su estado físico, los cuales son: biocombustibles sólidos, biocombustibles líquidos y biocombustibles gaseosos [6].

2.4.1. Biocombustibles sólidos

Su desarrollo se concentra en la zona centro sur del país, dada las condiciones climáticas, plantaciones forestales, existencia de bosques nativos, alta actividad silvoagropecuaria, zona industrial forestal y la necesidad de calefacción por parte de la población. Actualmente, las centrales que utilizan la biomasa, como combustible primario o una mezcla entre dicho combustible y derivados de petróleo (licor negro), presentan una potencia bruta total de 313,9 MW. Dichas centrales pertenecen en su mayoría a empresas asociadas al sector forestal y maderero, las cuales generan energía a partir de sus propios procesos, mediante cogeneración, en donde sus excedentes de energía son inyectados al sistema integrado central energético (SIC), dada la localización de sus plantas. Otro aspecto que favorece esta generación de energía es la obtención del biocombustible a partir de sus procesos productivos y/o desechos, logrando una disminución de sus costos asociados a tratamiento de residuos, transporte de combustibles e impuestos en la compra de combustibles, entre otros; adicionalmente, también, con la posibilidad de emitir bonos de carbono asociados al protocolo de Kyoto [6].

En el supuesto que las empresas entregaran toda la electricidad generada al SIC, la participación de la biomasa en la matriz eléctrica nacional subiría de un 1,9% al 5,1%.

El manejo del bosque nativo tiene potencial para generar 4.723 MW brutos de energía, mientras que con el manejo de plantaciones y residuos de la industria forestal y maderera, el potencial bruto es de 1.435 MW [5].

Tabla 5. Residuos agrícolas producidos en Chile durante la temporada agrícola 2003-2004 [5].

Cultivo	Residuos (t/año)
Trigo	1.887.146
Avena	534.239
Cebada	55.992
Centeno	108
Maíz	1.148.908
Arroz	199.165
Poroto	48.287
Lenteja	791
Garbanzo	2.942
Arveja	1.116
Chicharo	194
Papa	1.071.633
Maravilla	2.758
Raps	22.111
Remolacha	2.278.303
Lupino	52.011
TOTAL	7.225.704

La utilización de los residuos o desechos agrícolas también representa una oportunidad para el desarrollo de los biocombustibles. En Chile, durante la temporada agrícola 2003 - 2004 se produjeron 7,225 millones de toneladas de residuos agrícolas (Tabla 5). Considerando los residuos generados por las cinco especies agrícolas tradicionales en el país (trigo, maíz, papa, raps y remolacha), se pueden generar 387,79 millones de m³/año de biogás. Si esa producción se empleara para la generación de energía eléctrica se podrían producir 910.547 MWh/año [5].

2.4.2. Biocombustibles líquidos

Presentan un bajo desarrollo. Actualmente el enfoque se centra en la investigación y ejecución de proyectos, con los cuales, se han implementado paulatinamente plantas pilotos de volumen industrial.

Si bien Chile presenta aptas condiciones técnicas y especialización adecuada de profesionales del rubro agrícola, posee una limitación principal, asociada a la escasez relativa de terrenos agrícolas cultivables para este tipo de biocombustibles, razón por la cual se busca la producción de biocombustibles líquidos de segunda generación, tales como algas y recursos forestales, con el objeto de no competir entre cultivos alimenticios y energéticos por el suelo agrícola [6].

Asociado a la investigación y desarrollo, existen Consorcios Tecnológicos Empresariales de Investigación en biocombustibles líquidos, conformados por empresas públicas y privadas, universidades, fundaciones y centros de investigación, los cuales se encuentran trabajando en la obtención de biocombustibles líquidos, a partir de lignocelulosas, microalgas y macroalgas.

2.4.3. Biocombustibles gaseosos

Su desarrollo se centra en la extracción y uso del biogás, concentrado en zonas de grandes poblaciones, generadoras de altos volúmenes de residuos domiciliarios/industriales, y en zonas con una elevada actividad agropecuaria.

El potencial de biogás en Chile, asciende a 4.190 (GWh/año), considerando los siguientes sustratos: purines de cerdo, purines de bovinos, guano de aves, desechos forestales, lodo piscicultura, desechos de cultivos y residuos agroindustriales, cuya concentración del biogás potencial se localiza en la zona centro sur del país.

Sin embargo, si bien existen fuentes para su generación producto de la elevada actividad agropecuaria, la mayor población en el país, el tratamiento de residuos domiciliarios e industriales, entre otros, aún no se ha generado un salto sustancial en su desarrollo, producto de que existe un bajo nivel de captación y producción en relación al alto potencial disponible. Gran parte del biogás captado es quemado sin utilización energética por falta de conocimiento y experiencia técnica [6].

2.5. Colombia

Los resultados presentados sobre Colombia aluden a lo definido en el libro *“Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad”* [1]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

El potencial utilizable de biomasa en Colombia era alrededor de 332.000 TJ/año en el año 2006. En 2005 Colombia poseía una demanda energética de 421,6 PJ/Año. Las cosechas de aceite de palma, caña panelera, arroz, maíz, entre otras, dejan toneladas de biomasa residual que está representada por los Residuos Agrícolas de los Cultivos (RAC) y los Residuos Agrícolas Industriales (RAI).

El 69% de los RAC se pueden utilizar como combustible, dejar sobre la tierra para fertilizar los suelos o simplemente quemarlos para evitar la proliferación de plagas. La otra parte representada por los RAI se utiliza como fuente de calor en las mismas plantas agroindustriales, como los molinos de arroz (cascarilla) o los ingenios azucareros (bagazo) entre otros. Los RAI son de fácil recolección y el exceso se puede utilizar en la generación eléctrica. En la

Tabla 7 se puede observar el comportamiento que ha tenido la generación de residuos y la potencialidad para los años 2006 y 2011 [1].

2.5.1. Residuos pecuarios

En el sector pecuario el porcentaje de participación de las diferentes actividades incluye los subsectores bovino, porcino y avícola. El estiércol generado por las cadenas productivas es considerado como la biomasa residual para este sector. La Tabla 6 facilita la participación de cada uno de los mencionados subsectores [1].

Tabla 6. Potencial energético en Colombia de residuos pecuarios [1].

Sub-sector	Población (cabezas)	Masa de residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Bovino	22.422.655	99.054.794	84.170
Porcino	3.749.480	2.803.111	4.308
Avícola	114.469.673	3.436.204	29.069
TOTAL	281.283.616	210.588.218	235.094

2.5.2. Residuos forestales

Colombia cuenta con un potencial de más de 17 millones de hectáreas con aptitud Forestal. Esta extensión de tierras no invade el bosque nativo ni compete con tierras dedicadas a la agricultura.

Actualmente solo se está usando el 2,06% del potencial forestal de Colombia. De los 114 millones de hectáreas de extensión del país, existe un potencial para el desarrollo de proyectos forestales de 17 millones de hectáreas, de las cuales solo están siendo utilizadas en plantaciones forestales comerciales 350.000 hectáreas. Asimismo, de las 114 millones de hectáreas del país, 60,7 millones (53,3%) están protegidas al estar cubiertas por bosques naturales. Estas áreas no están disponibles para el desarrollo de plantaciones comerciales. El Plan Nacional de Acción para la reforestación comercial de 2011, estableció una meta de 600.000 hectáreas al 2014 lo que implicaría un crecimiento de 71,43% con respecto a las hectáreas cultivadas en el 2010. La gran apuesta de cara al 2025 es tener 1.500.000 hectáreas, que reflejaría un aumento de 328%, adicionalmente, para el año 2019 el sector tendrá una alta participación en la producción agropecuaria y en la generación de empleo basado en el uso y manejo sostenible de los bosques naturales y plantados.

Se han identificado más de 10 especies aptas con alto potencial para incrementar sus rendimientos con trabajos de biotecnología y mejora genética. En Colombia, las especies forestales tardan menos tiempo en crecer y ser productivas de lo que tardarían en otros países no tropicales. En el caso del Eucalipto se pueden lograr rendimientos de hasta 30 (m³/ha/año) con un turno de 8 años. También existe un potencial en los residuos de podas forestales, por

cada árbol utilizado en la producción maderera solo se aprovecha un 20%. Se estima que, en la cadena agrícola, un 40% de la biomasa se deja en el campo y el restante 40% en el proceso de serrería, en forma de astillas, corteza y serrín. Igualmente, Colombia cuenta con potencial no evaluado de cultivos energéticos [1].

Tabla 7. Potencial energético en Colombia de cada uno de los residuos de los principales cultivos para 2006 y 2011 [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Masa de residuo(t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Aceite de palma	1.096.135	2.093.618	20.222
Caña de azúcar	22.767.611	135.239.609	1.032.313
Caña Panelera	1.216.092	10.227.334	60.964
Café	642.390	2.672.342	34.104
Maíz	603.898	289.871	3.622
Arroz	4.459.006	15.829.471	27.961
Banano	291.138	1.790.499	2.107
Plátano	2.815.693	14.500.819	8.680
TOTAL	67.783.926	182.643.563	2.379.940

2.5.3. Residuos Municipales (RSU)

Finalmente se encuentran los residuos sólidos generados por los habitantes del país, los generados en las plazas de mercado y los generados en las actividades de poda en jardines. Estos residuos, aunque no representan un alto porcentaje, cuando se descomponen en los vertederos producen metano que al no ser recogido afecta al medio ambiente (ver Tabla 8).

Tabla 8. Potencial energético para la biomasa de residuos sólidos orgánicos urbanos de las doce ciudades [1].

Actividad	Población (habitantes)	Cantidad anual de residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Centros de abasto y plazas de mercado	20.179.354	120.210	92
Poda	...	134.045	101
TOTAL		254.255	193

En Bogotá se producen 6.300 toneladas de basura diarias y en Colombia 27.300 toneladas al día. Cada persona produce en promedio 0,7 kilo de basura diario. De esta basura generada, el 70 – 80% es reciclable y solo se aprovecha el 10% de estos residuos. El 52% del papel es recuperado mediante técnicas de reciclaje y el 55% de los residuos sólidos es material orgánico [1].

En el Anexo I se amplía información sobre el diagnóstico de los recursos de biomásas disponibles en Colombia.

2.6. Costa Rica

La información expuesta se ha obtenido de lo reflejado en el siguiente documento: “*Informe de energías renovables disponibles en Costa Rica*” [8],

Si bien existe una gran reserva de recursos biomásicos en las áreas protegidas de Costa Rica, debido a restricciones legales y a los impactos ambientales que se podrían originar no es conveniente considerar como una alternativa energética sostenible el uso de este tipo de recursos para la obtención de energía.

Sin embargo, las actividades agropecuarias generan residuos biomásicos que en muchos casos no son utilizados ni dispuestos adecuadamente, por lo que su uso como fuente energética podría producir importantes beneficios tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

La cantidad disponible, estimada en el año 2006, de recursos biomásicos generados por actividades agropecuarias de Costa Rica equivalían a un potencial energético de más de 60.000 TJ, dependiendo su producción principalmente de los siguientes factores:

- Áreas sembradas
- Producción de las actividades agrícolas
- Importaciones de productos agrícolas

- Producción pecuaria
- Producción del sector agroindustrial

Una gran parte de los residuos biomásicos disponibles son generados como residuos agrícolas de la cosecha o RAC, los cuales son materiales que se obtienen en las plantaciones como es el caso de las plantas, hojas, tallos o raíces, no aprovechables en la obtención de alimentos humanos y su producción se considera que depende del área sembrada de los diferentes cultivos.

Es conveniente mencionar el incremento de las áreas destinadas a ciertos tipos de cultivos como es el caso de la piña la cual prácticamente se duplicó en el periodo 2005-2010.

Algunos desechos biomásicos del tipo de cáscaras, fibra de mesocarpio, fibra del pinzote, semillas, etc.; no están directamente relacionadas con el área sembrada sino más bien, con la producción real de los diferentes productos agrícolas.

Así pues, en la Tabla 9 se recogen los datos del potencial energético de los principales recursos biomásicos disponibles en Costa Rica. Puede observarse en ella que la cantidad potencial estimada disponible de biomasa alcanzaría los 64.000 TJ (4.000 TJ más que en el año 2006, posiblemente debido al aumento en la producción de RAC de piña, a su vez provocado por el aumento en el área cultivada.). Nótese que los residuos que presentan el mayor potencial corresponden al bagazo y a los residuos de las cosechas de caña de azúcar y piña [8].

Tabla 9. Potencial energético de residuos biomásicos en Costa Rica [8].

Biomasa	Potencial Energético (TJ)
Bagazo	10.929,3
Cachaza	214,5
RAC Caña de azúcar	10.291,0
Brosa	191,7
Cascarilla del Café	371,6
Mucilago	129,0
Cascarilla del arroz	531,8
Fibra seca de Pinzote de banano	250,9
Cáscara de coquito de palma	844,1
Fibra del medocarpio de palma	1.171,0
Fibra seca del pinzote de palma	1.724,5
Efluente de la extracción de la palma	462,7
Aserrín	3.009,3
Burucha y otros residuos de madera	522,4
Leña Cafetales	7.916,5
Leña Madera	4.806,7
Pollinaza	2.433,5
Cerdaza	50,4
Excrementos	813,6
Desechos de frutas	1.384,2
RAC Piña	15.601,5
Corona de la Piña	50,1
Residuos mataderos	200,0
Sebo	139,7
Residuos de embutidos	1,6
TOTAL	64.041,6

2.7. Cuba

Los resultados presentados sobre Cuba aluden a lo definido en el libro “*Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*” [1] y al documento “*Energía Renovable. Cuba 2011*” [9]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

Los principales residuos biomásicos aprovechables en Cuba provienen de la actividad agrícola. Dentro de estos, los cultivos con mayor potencial energético son el café y la caña de azúcar (Tabla 10) [1].

Tabla 10. Potencial energético en Cuba de cada residuo calculado de los principales cultivos para 2011.

Cultivo	Producción (t/año)	Masa de residuo(t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Caña de azúcar	11.517.200	37.517.778	183.780
Café	11.508.600	30.838.318	338.091
Maíz	1.101.000	517.470	5.556
Arroz	988.000	1.259.700	5.581
Banano	883.500	1.811.175	1.033
Plátano	1.535.400	3.147.570	1.796
TOTAL	27.533.700	75.092.011	535.837

A fecha de 2011, el bagazo de la caña de azúcar constituye el principal residuo agrícola empleado como combustible, del mismo fue consumida en la obtención de energía el 99,6% de la producción nacional de bagazo, que a su vez representa un 74,5% del total de la energía obtenida por combustión de biomasa. Por otra parte, el empleo de leña en la biomasa supone algo más de un 25% del total energético de la biomasa, con lo que entre ambos residuos (agrícola/forestal) representan prácticamente el 100% de la energía biomásica obtenida en Cuba. En la Tabla 11 se muestra la energía total obtenida de la biomasa en Cuba en el año de 2011, así como la energía producida por cada residuo empleado [9].

Tabla 11. Energía obtenida de la biomasa en Cuba en el 2011 [9].

Residuo	Toneladas equivalentes de petróleo
Bagazo de caña de azúcar	924.948,9
Serrín de madera	48,1
Cáscara de arroz	118,2
Desechos de café	9,6
Cáscara de coco	276
Desechos forestales	751,8
Desechos agrícolas	1,4
Leña	184.412,7
TOTAL	1.110.566,7

2.8. Ecuador

Los resultados presentados sobre Ecuador aluden a lo definido en el documento “*Atlas bioenergético del Ecuador*” [10] y la página web oficial del gobierno de Ecuador “*Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías*” [11]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

Atendiendo a los datos expuestos en la Tabla 12, cabe mencionar que dentro del sector agrícola el cultivo con mayor potencial energético es la caña de azúcar (bagazo) seguido por la palma aceitera y el banano. Por otra parte, dentro del sector pecuario el ganado con más potencial dada la producción de purines (excretas) es el vacuno seguido del avícola. Cabe mencionar que se habría de realizar un análisis más exhaustivo de la potencialidad de residuos pecuarios, pues los purines porcinos tienen un potencial de producción de metano mayor al de los purines vacunos y guanos avícolas. Por último, el sector forestal se ha analizado como un compendio de todos los residuos de origen arbóreo, con lo que no hay que destacar un residuo en concreto.

En Ecuador, debido a su naturaleza agrícola, la biomasa residual constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento, pero dada su condición de país en desarrollo todavía no se explota como debiera. Así pues, la demanda nacional de derivados de petróleo fue de aproximadamente 74 millones de barriles equivalentes de petróleo en 2013. Mientras, las fuentes de energía derivadas de la biomasa (leña y productos de la caña de azúcar) fueron de 3% [11].

Se evidencia de esta manera la elevada potencialidad que presenta Ecuador en materia de biomasa, y al mismo tiempo la necesidad de invertir e investigar para alcanzar una proliferación e implantación de esta empresa.

Tabla 12. Resumen de producción y potencial de los residuos de diferentes sectores en Ecuador para 2012 [10].

	Cultivo	Producción (t/año)	PCI (MJ/kg)			Producción de Energía Eléctrica (kWh/t)	
			Residuo de campo	Residuo de beneficio	Residuo de proceso		
Sector Agrícola	Arroz	1.565.535	13,35	-	-	744,38	
	Banano	7.012.244	12,63	4,18	-	698,2	
	Cacao	133.323	6,46	15,53	12,00	374,05	
	Café	7.340	6,46	13,46	12,00	533,95	
	Caña de azúcar	7.378.922	19,85	-	-	1097,71	
	Maíz	1.215.193	12,55	-	-	689,59	
	Palma aceitera o africana	2.649.051	12,47	-	16,40	706,8	
	Palmito	92.500	12,60	-	-	732,23	
	Piña	100.000	9,04	-	11,08	501,18	
	Plátano	559.319	12,63	4,18	-	698,2	
Sector Pecuario	Ganado	Producción de excretas total (t/año)	Cantidad total de animales (cabezas/año)	Sólidos volátiles (kg/kg animal año)	Máxima emisión de metano (m ³ /kg sólidos volátiles)	Producción de Energía Eléctrica (kWh/t)	
	Avícola	510.956,46	27.497.166	3,65	0,33	39,08	
	Porcino	62.109,20	295.802	3,10	0,47	88,84	
	Vacuno	Producción láctea	857.345,07	1.129.274	3,65	0,24	13,17
	Producción cárnica	6.373,93	2.950.893	3,65	0,33	16,94	
Sector forestal	Residuo	Producción de residuo (t/año)	PCI - Residuo de monte (MJ/kg)		Producción de Energía Eléctrica (kWh/t)		
	Residuo forestal	206.519	19,259		1.065,07		

2.9. *El Salvador*

Los resultados presentados sobre El Salvador aluden a lo definido en el documento “*Evaluación del Recurso Biomásico en El Salvador para la Generación de Energía Eléctrica*” [12]

El Salvador necesita que las administraciones públicas o los entes implicados y relacionados impulsen soluciones a sus principales problemas. En el ámbito normativo, lo más importante es que los objetivos de potencia se aumenten. Para la biomasa sólida, debe adecuarse la distribución de grupos de residuos, valorizar los recursos existentes y estimular los cultivos energéticos. Dentro de los obstáculos que están impidiendo el desarrollo de la biomasa en El Salvador, el principal es que no se consideran los aspectos propios como los rasgos diferenciales de la biomasa respecto al resto de renovables; en las que no hay que trasladar combustible. Sin embargo, sí hay que hacerlo con la biomasa; hay que localizarla, evaluarla, analizarla, formalizar el correspondiente contrato de compra o cesión y, sobre todo, trasladarla desde su lugar de origen a la respectiva planta. No sólo, no se han considerado tradicionalmente estas peculiaridades, sino que se han hecho imposible, debido a su costo de transporte y la disponibilidad de la misma biomasa según la cantidad que se requiere para la generación o la Co-generación; cuestionando así los beneficios ambientales que provee la alternativa renovable, ahora el efecto ambiental positivo será revertido por la quema de combustible en el transporte, además el costo de generación ascenderá notoriamente [12].

Con información de Consejo Nacional de Energía (CNE) la utilización de biomasa en el país es bien mínima tanto para la generación de energía eléctrica como para las calderas instaladas en el país [12].

Tabla 13. Capacidad instalada en MW en El Salvador en el año 2014 [12].

	Año 2014
Total de generación Hidráulica	472,6
Total generación Geotérmica	204,4
Total generación Térmica	886,1
TOTAL	1563,1

En la Tabla 13 se muestran los datos referentes al año 2014 en cuanto a generación de potencia eléctrica según su origen (Hidráulica, Geotérmica y Térmica) de las principales centrales generadoras, llegando a los 1563 MW. Cabe señalar, que dentro de la generación térmica se encuentran englobadas las centrales de biomasa instaladas en El Salvador.

Por otra parte, se facilita en la Tabla 14 las calderas instaladas en el país según el sector de implantación y el tipo de combustible. Se puede observar que la biomasa ocupa el tercer lugar en producción por tipo de combustible en las calderas instaladas en el año 2014.

Tabla 14. Calderas por sector, actividad económica y tipo de combustible [12].

	Diésel	Fuel Oil	Biomasa	GLP	Eléctrico	Cogeneración	Mixto	Bio-diesel	Aceite Usado	Vapor	Total
Agricultura	1	1	43	-	-	-	-	-	-	-	45
Comercio	1	8	-	7	9	1	-	-	-	-	26
Industria	220	237	45	5	50	6	3	-	1	1	567
Servicios	12	4	1	2	18	15	-	1	-	-	53
Total	234	250	89	14	77	22	3	1	1	1	691

En la Tabla 15 se presenta la estructura de la matriz eléctrica por un tipo de recurso, observado durante los años 2013 y 2014, de igual manera se presenta de forma gráfica los datos de dicha tabla en la Figura 2. Se observa que la generación eléctrica a partir de la biomasa es escasa (3,8%) y que no ha existido un aumento entre un año y otro. Se aprecia pues, la necesidad de invertir en la participación de la biomasa en la matriz eléctrica.

Tabla 15. Generación eléctrica según el tipo de recurso en El Salvador (GWh) [12].

Recurso	2013	2014
Hidroeléctrico	1784,9	1713
Geotérmico	1442,4	1443,9
Térmico	2355,3	2404,1
Biomasa	229,4	232
Total Inyecciones nacionales	5,812	5,793
Importaciones Netas	283,3	380,7
Total	6101,1	6179,5

Cabe destacar, que los valores de la energía eléctrica procedente de la biomasa dependen de que se produce únicamente en tiempo de cosecha, mientras que el resto del año estos generadores están apagados ya que no tienen más biomasa que quemar para la producción de energía.

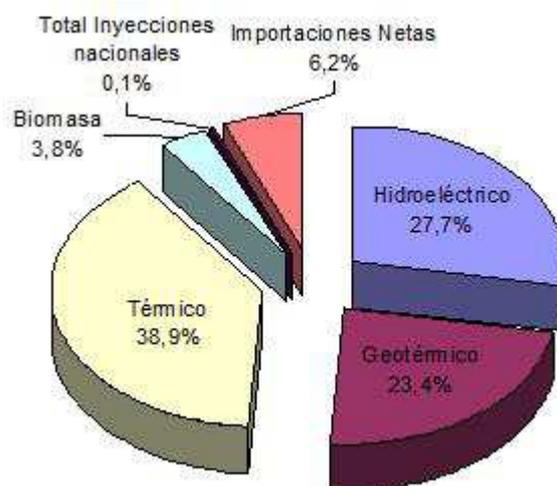


Figura 2. Generación neta por recurso en El Salvador en 2014 [12].

2.9.1. Biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos

Existe una planta generadora de electricidad que aprovecha el biogás proveniente de un relleno sanitario ubicado en el departamento de Nejapa, el cual recibe el desecho sólido municipal del Área Metropolitana de San Salvador. Esta planta tiene una capacidad total instalada de 6,3 MW, aunque existe potencial para incrementar dicha capacidad hasta 10 MW [12].

Para desarrollar centrales eléctricas a partir del biogás de los rellenos sanitarios en otros lugares será necesario un estudio más detallado según los análisis resultado del Plan Maestro para el desarrollo de las energías renovables [12].

2.9.2. Generación eléctrica a partir de residuos agrícolas

La energía generada a partir del bagazo de caña de azúcar ocupa cada vez más lugar en el panorama energético del país centroamericano, en especial a

partir de los ingenios, que además de utilizarlo para autoconsumo ya inyectan electricidad a la red nacional, que en el primer semestre del año ha alcanzado casi 200 GWh [12].

El resto de residuos potenciales del país no se están empleando ni se ha realizado un estudio de la valorización y potencialidad de los mismos, con lo que no se disponen muchos datos al respecto. Se determina pues, que el gobierno de El Salvador tiene la necesidad de invertir en un programa de investigación para valorizar los residuos potenciales disponibles dentro de la matriz industrial y económica del país.

2.10. España

La información a continuación presentada se cita del *Anexo IV. Evaluación del potencial de las fuentes de energías renovables* perteneciente al documento oficial *INFORME DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011 – 2020* presentado por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital del gobierno de España [13], que está englobado dentro del “Plan de Energías Renovables (PER)”. Asimismo, se ha empleado como documento de apoyo: “*Biomasa. Oportunidades para el sector de fabricantes de Bienes de Equipo*” [14] desarrollado por el Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Bienes de Equipo, del cual se han citado una serie de valores objetivos definidos en el PER.

Así pues, se cita literalmente de la referencia [13] lo que sigue:

La evaluación del potencial de la biomasa se ha realizado en base al diferente origen de la misma, distinguiendo entre biomasa de origen industrial (subproductos de industrias agroforestales), cuyos datos se han obtenido de los balances energéticos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y de las encuestas sobre sectores industriales del INE; y el resto (cultivos energéticos, herbáceos o leñosos y restos de origen agrícola y forestal), evaluados mediante una herramienta informática basada en sistemas de información geográfica.

En el caso de la biomasa no industrial (forestal o agrícola), se distingue tres tipos de potenciales:

Potencial total: Biomasa procedente de todas las superficies cubiertas por masas arboladas de interés forestal, excluyendo los Parques Nacionales.

Potencial accesible: Biomasa procedente de superficies consideradas como aprovechables debido a razones ecológicas (altitud), mecánicas (pendiente), etc., teniendo en cuenta la eficacia en la recogida.

Potencial disponible: Biomasa accesible que no entra en competencia con otros usos.

Los tipos de biomasa analizados lo han sido según la existencia o no de aprovechamientos y según el tipo de superficie donde se generan, de acuerdo con el siguiente esquema:

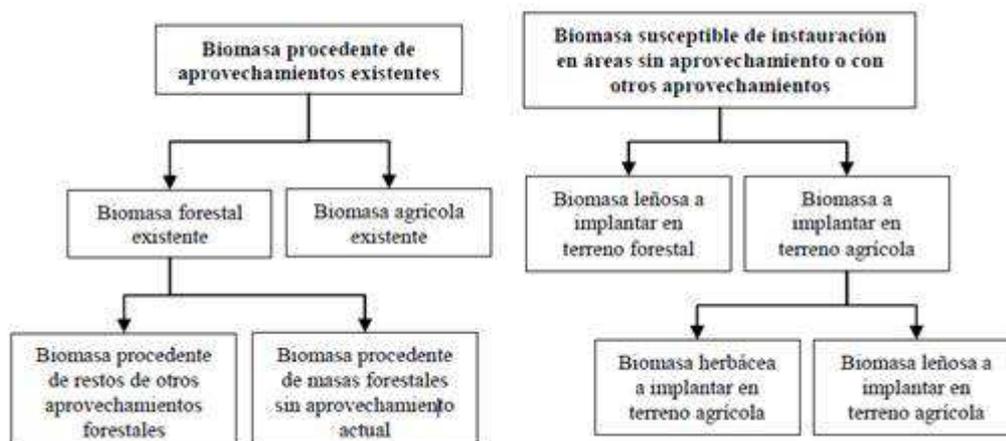


Figura 3. Tipos de biomasa analizados para el cálculo del potencial.

BIOMASA PRODUCIDA EN TERRENO FORESTAL

De los 27 millones de hectáreas forestales existentes en España (más del 50% de la superficie total), 18 millones se encuentran arboladas. En 2006 se cuantificaron unas existencias de 893 millones de m³, con una posibilidad anual de aproximadamente 45 millones de m³. Puesto que el volumen de cortas durante ese mismo año fue de 13 millones de m³, se deduce que la

tasa de extracción en España es del 29%, muy alejada de su capacidad productiva y del 69% de media de la Unión Europea.

Esta situación, que se ha mantenido con tendencia creciente en los últimos años, se debe, entre otras razones, a que los usos energéticos han descendido fuertemente. El uso de leñas ha decaído radicalmente en las últimas décadas al expandirse las aplicaciones con combustibles fósiles; menor consumo acrecentado por el abandono rural sufrido a finales del siglo XX.

Adicionalmente las repoblaciones, principalmente de género Pinus, ligadas a la política hidrológica de los años 50 y 60, precisan de tratamientos, no encontrando mercado para sus productos.

Esta falta de extracción de los recursos del monte, de limpieza del sotobosque, así como el abandono de restos procedentes de los tratamientos selvícolas sobre la masa arbolada, contribuye a la acumulación de combustible en el monte de forma que los incendios encuentran mayor cantidad de materia seca acumulada, incrementando su virulencia.

Actualmente, al margen de los usos energéticos y otros no maderables (corcho, resinas etc.), los montes sirven, principalmente, como fuente de suministro a tres grandes sectores: papel, tablero y sierra, pero cuya demanda de productos forestales, como se ha indicado, no alcanza a cubrir la oferta disponible.

Sin embargo, esta situación es compatible con fuertes importaciones de madera, bien por la demanda, por parte de la industria, de productos que no puede conseguir en el mercado interior, o por la fuerte competencia en precio de productos exteriores.

El desarrollo de la “Estrategia Española para el Desarrollo del Uso Energético de la Biomasa Forestal Residual” permitirá el seguimiento de la movilización de los recursos energéticos forestales procedentes de residuos. Por otro lado, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino está desarrollando una serie de medidas específicas vinculadas a la Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural, a través del Programa

de Desarrollo Rural Sostenible 2010-2014 que pretende llevar a cabo un impulso de desarrollo en las zonas rurales, con medidas destinadas al fomento de las energías renovables, con especial mención de la biomasa.

Para evaluar la biomasa forestal existente, se ha elaborado una metodología de cuantificación de la misma, junto con una estimación de los costes de aprovechamiento en función de los distintos sistemas logísticos propuestos.

Se ha definido la biomasa aprovechable de acuerdo con el estado actual de la posibilidad anual maderera y el aprovechamiento anual realizado, considerando las siguientes variables a aplicar sobre la cartografía correspondiente:

Fracción de Cobertura Cubierta (FCC): igual o superior al 50 % en masas arboladas de alta o media densidad (bosques) e igual o superior al 5 % en masas forestales ralas (montes adhesados).

Pendientes: según localidades y especies distribuidas en tres grupos, menor o igual al 30 %, 30 – 50 % y 50 – 75 %.

Altitudes: inferiores o iguales a 1.700 metros, salvo para el *Pinus uncinata* en Huesca y para el *Eucaliptus globulus*.

Coefficiente de Recogida: eficiencia en la recogida del 65 %.

Para poder distinguir la biomasa disponible de aquella que, aun siendo accesible, tiene otros usos distintos a la energía se ha incluido un Coeficiente de Cortas Actuales (CCA) que determina la madera extraída de las superficies actuales para usos no energéticos.

La biomasa forestal existente disponible asciende a 18.715.359 t/año, correspondiendo 2.984.243 t/año a restos de aprovechamientos madereros y 15.731.116 t/año a aprovechamientos de árbol completo.

Al margen de la biomasa existente, se ha evaluado también el potencial de implantación de especies adecuadas en ciertos terrenos forestales actualmente improductivos y desarbolados.

Los sistemas de selvicultura y aprovechamiento para estas masas han tenido su base inicial en las consultas a expertos y en las experiencias reales en campo. También se ha tenido en cuenta la problemática tanto técnica como administrativa que todavía tienen estos aprovechamientos para su verdadera implantación. Aunque existe un amplio abanico de especies que podrían considerarse, en este grupo el estudio se ha centrado en las masas tradicionales de la mayoría de especies del género *Quercus* y su posible extensión, en el cultivo de chopo y eucalipto en regadío y en el cultivo del eucalipto en secano, habiendo realizado un estudio también de las posibilidades de algunas especies del género *Pinus*. Estas hipótesis también se han utilizado para evaluar la implantación de biomasa leñosa en terrenos agrícolas como se verá más adelante.

La biomasa potencial disponible obtenida a partir de dicha superficie asciende a 15.068.332 t/año.

BIOMASA PRODUCIDA EN TERRENO AGRÍCOLA

Entre las superficies con mayor riesgo de degradación se encuentran aquellas improductivas que han quedado en estado de abandono. Según el anuario de estadística agraria (2004) aproximadamente 5,4 millones de hectáreas, más del 10% del territorio nacional, son superficies de eriales y terrenos improductivos. En muchos casos esas superficies no ocupadas por la agricultura o la ganadería podrían acoger nuevas masas arboladas.

En cuanto a las zonas agrícolas, de los datos obtenidos de las declaraciones de la PAC del año 2006, se desprende que en España existían 1.093.420 hectáreas en retirada y 928.267 hectáreas en barbecho. Existe además una tendencia creciente en la retirada de tierras que probablemente se mantendrá a lo largo de la década.

Entre las medidas que se están analizando para el fomento de los cultivos energéticos se encuentran aquellas destinadas a la reforestación de tierras agrícolas en zonas con escasa capacidad productiva o zonas forestales desarboladas e improductivas, donde podrían implantarse algunas especies forestales con fines energéticos.

Para el cálculo del potencial de biomasa producida en terreno agrícola se ha utilizado una herramienta de decisión que permite identificar las superficies susceptibles de implantación de cultivos, herbáceos o leñosos, destinados a la producción de biomasa.

Las superficies consideradas como disponibles para producir biomasa se obtienen teniendo en cuenta una serie de criterios como la no interferencia con los mercados alimentarios, sostenibilidad de los sistemas productivos y limitaciones en el uso del agua de riego. También se han excluido del estudio las praderas con usos ganaderos extensivos tradicionales. Los resultados de esta herramienta permiten obtener los potenciales de biomasa según los siguientes orígenes:

- Restos herbáceos de cultivos agrícolas. Procedentes principalmente de cereales, con una biomasa potencial disponible de 13.586.579 t/año.
- Restos leñosos de cultivos agrícolas. Generados básicamente por frutales, olivo y vid, con una biomasa potencial disponible de 18.605.756 t/año.
- Cultivos herbáceos para producción de biomasa en terreno agrícola. La biomasa potencial disponible asciende a 15.874.572 t/año.
- Cultivos leñosos para producción de biomasa en terreno agrícola. La biomasa potencial disponible asciende a 5.457.812 t/año.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del potencial total disponible de biomasa en España.

Tabla 16. Resumen del potencial total disponible de biomasa en España.

	Procedencia	Biomosas (t/año)	Biomasa (tep*/año)
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos madereros	2.984.243	636.273
	Aprovechamiento del árbol completo	15.731.116	3.414.158
Restos	Herbáceos	13.586.579	6.751.738

agrícolas	Leñoso	18.605.756	
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola		15.874.572	3.216.819
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		5.457.812	1.214.767
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal		15.072.320	1.782.467
TOTAL BIOMASA POTENCIAL EN ESPAÑA		87.312.398	17.016.223

Por otra parte, como se ha mencionado previamente se presentan una serie de valores objetivo acordes con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, facilitados por el Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Bienes de Equipo [14].

Tabla 17. Objetivo en Biomasa del PER 2011-2020 en generación eléctrica [14].

	2010		2015		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Biomasa sólida	533	2820	817	4903	1350	8100
RSU	115	663	125	938	200	1500
Biogás	177	745	220	1302	400	2600
TOTAL BIOMASA	825	4228	1162	7143	1950	12200

Tabla 18. Objetivos en Biomasa del PER 2011-2020 en el sector calefacción [14].

ktep*	2005	2010	2015	2020
Biomasa sólida y residuos	3441	3695	3997	4553
Biogás	27	34	63	100
TOTAL BIOMASA	3468	3729	4060	4653

Tabla 19. Objetivos en Biomasa del PER 2011-2020 en el sector transporte [14].

ktep*	2005	2010	2015	2020
Bioetanol	113	226	301	400
Biodiesel	24	1217	1970	2313

En el Anexo II se amplía información sobre el diagnóstico de los recursos de biomasa disponibles en España.

2.11. Guatemala

La información expuesta se ha obtenido de lo reflejado en el libro “*Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*” [1] y en la página web del “*Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*” [15].

Algo más de un 10% de la energía anual total generada en Guatemala proviene de recursos biomásicos (véase Figura 4), específicamente por la quema de bagazo de caña, desecho del proceso de fabricación del azúcar. Existen diversos ingenios azucareros que, generando a partir de una mezcla de bunker y bagazo de caña (o solamente a partir de bagazo), venden la potencia eléctrica excedente de su producción al Sistema Nacional Interconectado (SIN) [15].

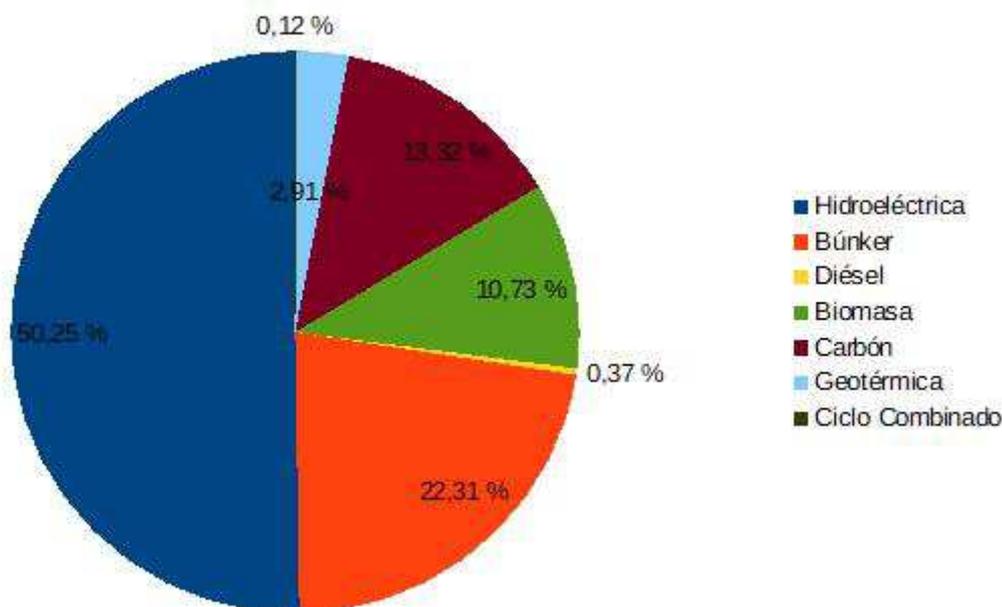


Figura 4. Producción energética por tipo de combustible en Guatemala [15].

Se copia a continuación la evaluación descrita en la referencia [16] que trata sobre la generación y estado de energía eléctrica a partir de empleo de biomasa en el país:

Guatemala es un país que cuenta con una gran cantidad de recursos naturales de tipo renovable, los cuales tienen un gran potencial energético.

La fuente energética de mayor demanda en el país es la leña; se estima que la cobertura forestal del país alcanza los 37.000 km², o sea, un 34% de la superficie nacional, con una tasa de deforestación de 2,1% anual.

En Guatemala se utiliza la biomasa en diversas formas, tal es el caso de la leña, cogeneración con bagazo de caña, biodigestión y otras.

El balance energético nacional muestra que en el consumo nacional, la leña constituye el 63% del consumo final de energía. Le sigue en importancia el diésel con el 12%; las gasolinas representan el 8%; seguidamente están el fuel oíl y la electricidad con el 4% respectivamente, y finalmente el bagazo de caña y el gas licuado de petróleo (gas propano) con el 3%.

El alto consumo de leña obedece a que la mayor parte de la población vive en el área rural, siendo en su mayoría de escasos recursos económicos, lo que les impide tener acceso y disponibilidad a otras fuentes energéticas. Además, existe una tradición cultural que se refleja en los hábitos alimenticios: la utilización del tipo de estufa denominada "Tres Piedras" para cocinar, las ollas de barro adecuadas para este fuego abierto, el sabor de los alimentos y la relativa disponibilidad del recurso.

La leña como combustible es utilizada en forma ineficiente, por cuanto el 81% de los hogares que la consumen, utilizan la estufa de "Tres Piedras", la cual desaprovecha casi el 90% de la energía consumida. Cabe mencionar en este punto que en los poblados con bajas temperaturas, el calor que desaprovecha este tipo de estufa, es aprovechado para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas.

En materia de biodigestión anaeróbica, se han construido alrededor de 800 biodigestores tipo familiar en el área rural, pero éstos no han sido operados correctamente, y se ha aprovechado los beneficios del bioabono más que los propiamente energéticos. La mayoría de estos biodigestores son de tipo chino.

La única fuente biomásica que se ha utilizado para la producción de energía eléctrica en Guatemala, ha sido el bagazo de caña de azúcar.

Por otra parte, en la Tabla 20 se presentan los valores potenciales de los principales residuos agrícolas disponibles en Guatemala.

Tabla 20. Potencial de los residuos agrícolas en Guatemala [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Masa de residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Palma de aceite	379.300	724.463	6.998
Cana de azúcar	2.019.622	11.996.555	91.572
Café	245.753	1.317.236	2.767
Maíz	1.672.527	2.358.263	15.324
Arroz	29.592	75.459	335
Banano	2.680.392	16.484.411	9.414
Plátano	188.754	1.160.837	663
TOTAL	7.215.940	34.117.224	127.073

2.12. Honduras

La información expuesta se ha obtenido según lo reflejado en el siguiente documento: “*El sector energético de Honduras: Diagnóstico y política energética*” [17].

La biomasa proveniente de fuentes diversas constituye un buen porcentaje en el potencial energético del país. A continuación se muestra el potencial de acuerdo al insumo biomásico.

2.12.1. Potencial energético a partir de la caña de azúcar

La producción nacional de azúcar se procesa en seis molinos distribuidos a lo largo del país, con una superficie de 45.000 hectáreas, 68% de la producción total de azúcar se destina al consumo interno y el 32% se exporta. El país tiene una productividad agrícola de caña de azúcar de 79,6 toneladas/ha, ubicándose en la región sólo por debajo de Guatemala y en todo el mundo por debajo de los grandes productores como Brasil y Australia [17].

El bagazo, un residuo de la molienda de caña de azúcar, se utiliza para generar vapor y electricidad. Alrededor del 25% de la caña de azúcar cultivada está disponible como bagazo para generar energía. En la Figura 5 se muestra que

el 10% de la energía eléctrica producida durante 2009 fue en base a bagazo. Los molinos tienen una capacidad autónoma de generación de energía mediante sistemas de cogeneración [17].

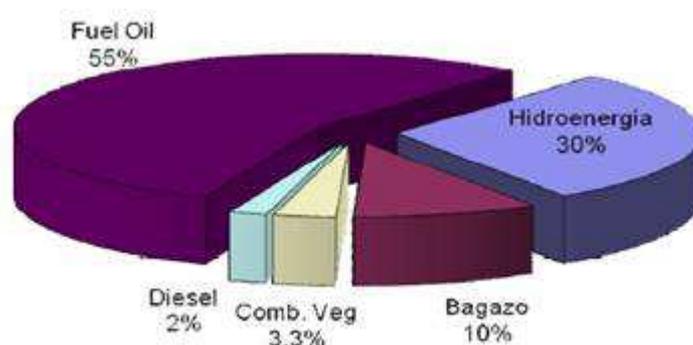


Figura 5. Fuentes para la producción de electricidad [17].

En el sector azucarero existe un gran potencial de desarrollo de generación eléctrica debido a su alta capacidad y centralización del recurso biomásico, se estima una disponibilidad teórica de generar 163 MWe y a la fecha se considera el sector más organizado en lo que respecta la generación de energía eléctrica en el país. Por el lado de los biocombustibles, en la actualidad Honduras es el único país de Centroamérica que no produce etanol a partir de caña de azúcar. Aunque existe una ley para promover el uso de los biocombustibles, la inversión en etanol requiere una regulación más específica. Se espera que en el futuro cercano se active el consumo local de los biocombustibles en base a caña de azúcar, ya sea a través de incentivos estatales o a raíz del siempre creciente precio de los derivados del petróleo [17].

2.12.2. Potencial energético de los residuos de palma africana

El cultivo de la palma africana es uno de los de mayor crecimiento en el país. Este cultivo es la principal fuente del aceite que se consume en el mercado nacional y en los últimos años ha adquirido también importancia como producto de exportación, para el caso, en el año 2007 se comercializaron en el mercado

internacional 149 mil toneladas métricas de aceite, con un valor de USD 110,5 millones [17].

De acuerdo a estimaciones correspondientes a valores de producción de fruta del año 2008, existe un potencial teórico de cogeneración de 307.317 MWh / año (61,46 MWe) [17].

Por otro lado, se estima que actualmente se generan unos 28,6 millones de m³ de metano, que son liberados en su mayoría a la atmosfera, producto de la descomposición aeróbica en las lagunas de oxidación de la materia orgánica proveniente de los efluentes del proceso de extracción de aceite. Esto representa un potencial de generación de energía eléctrica de 47.759 MWh (9,5 MWe) y un adicional de recuperación calorífica de 21,26 MWth al utilizar sistemas de recuperación de calor en los gases de escape [17].

Por el lado de los biocombustibles, se produce biodiesel en el país desde el año 2006. En la actualidad, existen proyectos para la producción de biodiesel a partir de palma de aceite y subproductos de tilapia. En el país, 540 mil hectáreas son aptas para el cultivo de aceite de palma y 197.700 hectáreas son necesarias para cubrir el 100% de la demanda actual de diésel fósil. Por otro lado, si el biodiesel se basa en la Jatropha, 416.226 hectáreas se necesitarían para la producción de B100. Por lo tanto, la demanda local de biodiesel puede ser satisfecha completamente con la tierra disponible en el país [17].

2.12.3. Potencial energético de los residuos forestales

La producción de residuos de la industria forestal, utilizables con fines energéticos, proviene principalmente de las actividades de aserrío y de transformación secundaria de la madera (elaboración de muebles, etc.) [17].

El volumen de los residuos generados por la industria de aserrío está entre 40% - 50% del volumen total de la madera procesada. En el año 2008 se obtuvieron aproximadamente 341.900 m³ de residuos equivalentes energéticamente a unos 25,72 MWe [17].

En el país, las experiencias para generación local de energía eléctrica a partir de residuos forestales han sido aplicadas moderadamente y actualmente están funcionando regularmente en algunos aserraderos del país [17].

2.12.4. Potencial energético de los residuos forestales

De acuerdo al informe del Banco Central de Honduras, en el 2007 el café se convirtió en el principal producto agrícola de exportación del país, lo que refleja la importancia del café en la economía, cumpliendo además un importante papel social con los 80.000 productores registrados [17].

El café se cultiva en 15 de las 18 provincias (departamentos) del país. Del total de los productores, 95,2% son pequeños propietarios con volúmenes de producción menores a 9,2 toneladas; 4,5% son medianos productores con volúmenes de 9,2-46 toneladas; y sólo 0,3% (170 productores) son considerados grandes productores con cosechas anuales de más de 46 toneladas. El 93% de la producción se destina a la exportación y el 7% restante se distribuye entre los torrefactores [17].

En la temporada 2007-2008, se obtuvieron alrededor de 88.000 toneladas de cascarilla disponibles para el uso energético, correspondientes a una generación de energía eléctrica teórica de 62.655 MWh (16 MWe). Aunque en la actualidad el único uso dado a este residuo es en el secado de café en las centrales de acopio [17].

2.12.5. Biogás a partir de desechos animales

El potencial para la generación de energía a partir de biogás proveniente de desechos de ganado y estiércol de aves de corral en Honduras se estima en 72 MW. Sin embargo, no hay proyectos o regulaciones nacionales orientadas a la utilización de biogás a partir de fuentes animales [17].

2.13. México

Los resultados presentados sobre México aluden a lo definido en el libro *“Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad”* [1] y a los documentos *“Balance Nacional de Energía 2016”* [18] y *“La biomasa en la transición energética de México”* [19].

En México, la biomasa aporta el 4,7% del total de la energía primaria [18]. El recurso básico es madera forestal en forma de leña y carbón vegetal. Se estima un consumo de 38 millones de metros cúbicos de madera al año, es decir, tres y media veces superior al uso de madera en rollo en las industrias del papel, muebles, y la construcción. Cerca del 66% van al sector doméstico de autoconsumo y alrededor del 2% para producir carbón vegetal, 2.500 toneladas en 2012. El resto va, en partes iguales, al sector doméstico comercial y a pequeñas industrias [19].

El potencial de la biomasa en México no ha sido cuantificado en forma integral, pero hay cifras sobre su valor en varios sectores. Su potencial energético bruto se ubica entre 3.000 y 4.500 Petajoules (PJ) por año, considerando madera de bosques naturales y de plantaciones forestales, subproductos agrícolas, cultivos energéticos y RSU. Estas cifras representan entre 45 y 67 por ciento de la oferta interna bruta de energía del año 2014 [19].

2.13.1. Combustibles de madera

La madera representa entre un 61 y un 41% del potencial total (1.823 PJ/año), de los cuales alrededor de 1.500 PJ/año provienen del manejo de bosque nativos y algo más 320 PJ/año podrían alcanzarse si se establecieran 2,9 millones de hectáreas de plantaciones forestales de Eucalipto. Cabe mencionar que el potencial de cultivos dedicados, incluye solo las tierras aptas para cada cultivo en particular, y se excluyeron todas las tierras que actualmente se utilizan para la agricultura, están cubiertas por bosques, selvas y otras coberturas naturales, pertenecen a áreas de conservación, son no cultivables

por tener pendientes superiores del 4 al 12%, dependiendo del cultivo, y necesitan riego [1].

2.13.2. Combustibles agropecuarios

En México, se cuenta con un potencial de agrocombustibles de 1.611 PJ/año, lo que equivale entre un 54 y un 36% del total del potencial del recurso, 858 PJ/año (24%) corresponden a subproductos agrícolas y agroindustriales; 718 PJ/año (20%) corresponden cultivos energéticos y 35 PJ/año (1%) corresponden a subproductos pecuarios [1].

2.13.3. Subproductos de origen municipal

El total del potencial de los residuos sólidos municipales es de 35 PJ/a, lo que apenas representa el 1% del total del recurso de biomasa [1].

Se recogen los datos descritos en estos párrafos en la

Tabla 21.

Tabla 21. Potencial energético de los principales residuos en México [1].

Tipo/origen		PJ/año
Combustibles de madera		
Manejo de bosques nativos	101 MtMS/año [†]	1.515
Madera de plantaciones de Eucalipto	26 MtMS/año	345
Residuos de la industria forestal	3 MtMS/año	63
SUBTOTAL		1.923
Agroindustriales		
Residuos industriales de cultivos dedicados (bagazo y otros) [‡]	29 MtMS/año	431
Residuos agrícolas de cosechas (RAC)	13 Mt/año	227
Residuo de cultivos alimenticios y forrajeros	15 MtMS/año	114
Residuos agrícolas de cosechas de cultivos dedicados	8 MtMS/año	86

[†] Millones de toneladas de materia seca por año.

[‡] Los cultivos dedicados considerados en el estudio son: *Jatropha curcas*, palma aceitera, caña de azúcar, sorgo grano y plantaciones de *Eucalyptus*

Caña de azúcar para etanol	206 Mt/año	338
Sorgo grano para etanol	-	202
Aceite de palma aceitera para biodiesel	13 Mt/año	121
Jatropha curcas para biodiesel	4 Mt/año	57
Residuos de ganado para biogás	35 Mt/año	35
SUBTOTAL		1611
Municipales		
Subproductos de origen municipal		35
Residuos sólidos municipales para biogás		35
SUBTOTAL		70
TOTAL		1.611

En el Anexo III se amplía información sobre el diagnóstico de los recursos de biomásas disponibles en México.

2.14. Nicaragua

Los resultados presentados sobre Nicaragua aluden a lo definido en el libro “*Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*” [1] y al documento “CASO NICARAGUA - Informe” [20]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

El patrón energético de Nicaragua responde a un problema estructural que le ha llevado a convertirse en un país altamente dependiente de petróleo importado (en más de un 70% de la generación eléctrica) [20].

La crisis energética generalizada que ha afectado a la región centroamericana en años recientes ha tenido importantes incidencias en el caso de Nicaragua, considerando la alta dependencia en 2008 en un 74% de generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, pero que se ha visto mejorado en 2010 con una dependencia de 65,3% en generación termoeléctrica. Además, la producción total de energía en Nicaragua dependió en 2009 en un 82% del consumo de leña y de petróleo importado. Esta situación provoca serias consecuencias ambientales y económicas, por lo que siendo Nicaragua un país de una economía pequeña y abierta, y que no produce petróleo, resulta imperativo el cambio de la matriz energética [20].

Los 953,7 millones de dólares de la factura petrolera representan el 64,06% de las exportaciones totales de 2008. Desde el punto de vista ambiental, el patrón energético vigente en 2007, basado en la combustión de petróleo y leña ha tenido graves consecuencias ambientales que no son compatibles con los objetivos de desarrollo sostenible de Nicaragua. Este patrón energético, considerado insostenible financieramente, es altamente contaminante y contribuye a incrementar las emisiones del CO₂ hacia la atmósfera [20].

Nicaragua cuenta con un alto potencial de energías renovables, que debe ser utilizado ampliamente para impulsar el crecimiento económico sostenible. Existe consenso entre los actores nacionales que el potencial de generación de energía con fuentes renovables puede terminar con la dependencia excesiva del petróleo [20].

De acuerdo al potencial estimado de energía con fuentes renovables, y específicamente el Plan de Expansión de Generación Eléctrica, se espera en el año 2017 la matriz de energía eléctrica dependa en un 94% de fuentes renovables, en las que la hidroenergía y la energía geotérmica representarían el 77% del total de generación [20].

Tal y como se presenta en la Tabla 22, Nicaragua tiene más de 4.500 MW de capacidad potencial para producir energía renovable, de los cuales 2.000 MW corresponden a energía hidroeléctrica, 1,500 MW a energía geotérmica, 800 MW a energía eólica y 200 MW a Biomasa. Un importante potencial de generación de energía eólica y a base de biomasa [20].

Tabla 22. Potencial de energías renovables en Nicaragua [20].

Tipo de Generación	Potencial (MW)	Capacidad Efectiva (MW)	Porcentaje de Aprovechamiento (%)
Hidroeléctrica	2.000	98	4,9
Geotérmica	1.500	37	2,5
Eólica	800	63	7,9
Biomasa	200	60	30
TOTAL	4.500	258	45

2.14.1. Combustibles agrícolas

Dentro del campo energético de la biomasa, los combustibles conseguidos a partir de residuos agrícolas son los que mayor capacidad de obtención y producción tienen. Dentro de este grupo de residuos el que mayor potencial energético anual presenta es el de la caña de azúcar (hojas, cogollo y bagazo). El potencial de los residuos agrícolas generados en Nicaragua se agrupa en la Tabla 23. En ella se recogen cifras de producción y potencial energético de acuerdo a los cultivos más relevantes respecto al campo de la bioenergía [1].

Tabla 23. Potencial energético de los residuos agrícolas en Nicaragua [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Masa (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Palma de aceite	71.000	135.610	1.310
Caña de azúcar	7.893.000	46.884.420	357.879
Café	88.200	472.752	4.599
Maíz	572.000	806.520	8.661
Banano	48.000	295.200	169
Plátano	120.000	738.000	422
TOTAL	8.792.200	49.332.502	373.038

2.15. Panamá

La información expuesta se ha obtenido del contenido reflejado en el siguiente documento: “Escenarios del Plan Energético Nacional 2015-2050” [21].

La biomasa es la materia viva de la madera, residuos agrícolas, caña de azúcar y otros que se usan como materia prima en la generación de etanol y otros bioquímicos, así como también se utiliza para producir combustibles [21].

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. También se utilizan tallos de maíz [21].

Los residuos agrícolas, como la leña y el carbón vegetal, han sido usados en procesos tradicionales en Panamá; por ejemplo, la cocción de alimentos o las pequeñas actividades productivas como panaderías, calderas, secado de granos, etc. [21].

La biomasa se ha utilizado históricamente en los ingenios azucareros aprovechando el bagazo de caña para la autogeneración de electricidad en época de cosecha, permitiendo la venta de excedentes de energía al finalizar la misma. Típicamente se han utilizado alrededor de 28 GWh al año [21].

2.15.1. Residuos municipales

En Panamá se han presentado algunas propuestas para el desarrollo de sistemas sostenibles para el tratamiento y disposición final de la basura municipal en algunas ciudades del país, con fines energéticos. En el caso de las ciudades de Panamá y Colón, se ha planteado el aprovechamiento de los residuos, para generar energía eléctrica, por el sistema de incineración directa de los residuos sólidos o mediante la producción de metano; todo ello dentro de un esquema integral de gestión municipal de la basura, que incluye actividades previas de segregación, recolección, separación final y reciclaje de los residuos [21].

El diseño eléctrico original, en el año 2004, especificaba una capacidad instalada de 25 MW partiendo de una producción de residuos sólidos de 400 toneladas por día, producto de las actividades residencial, comercial e industrial de estas ciudades, y una inversión de ₡140 millones. Al año 2011, sólo en la ciudad de Panamá se producían diariamente 1.500 toneladas de basura y en la ciudad de Colón de 330 toneladas de basura [21].

§ ₡, Balboa, moneda de Panamá

En todo caso, la participación de biomasa en Panamá es muy baja. En la matriz energética solo 0,1% de la generación es de biomasa (véase Figura 6).

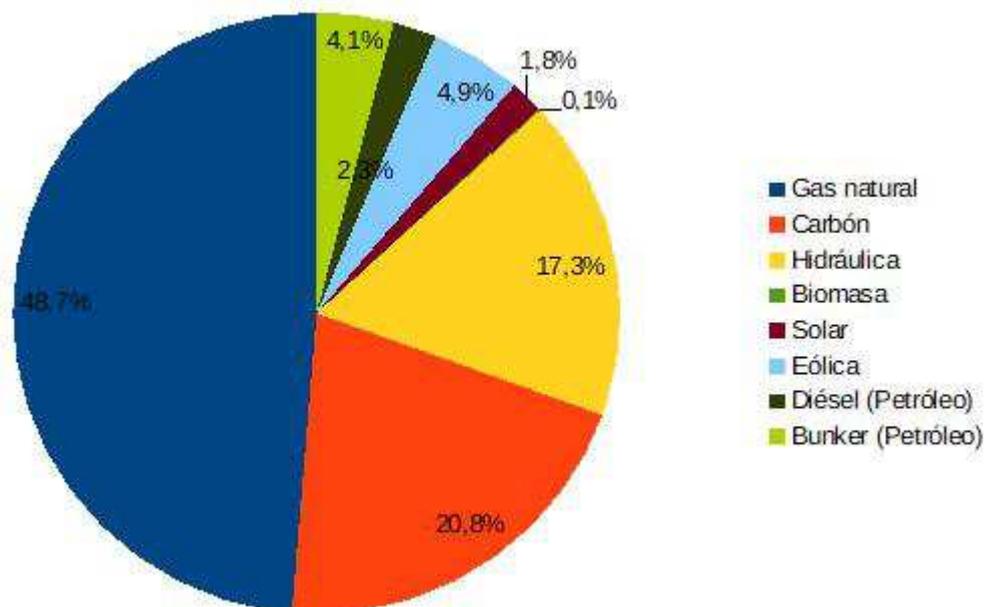


Figura 6. Distribución de la capacidad energética por tipo de fuente en Panamá (2015).

2.16. Paraguay

La información presentada a continuación ha sido extraída de los siguientes documentos: “Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay” [22], “Situación de Energías Renovables en el Paraguay” [23] y “Biocombustibles en el Paraguay – Situación actual y perspectivas” [24].

De esta manera se cita literalmente de la referencia [23] lo que sigue:

En el Paraguay, el uso de la biomasa se limita, casi con exclusividad, a la calefacción y a la cocción. La leña es el principal producto del sector biomasa en el Paraguay. El consumo per cápita de leña en el Paraguay es casi una tonelada anual, el más alto en América Latina. La leña es, sobre todo, utilizada para hacer fuego en chimeneas o cocinas. Históricamente, ha significado la utilización de restos de la deforestación (troncos y ramas de rozados), pero debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a

escasear (en especial en la parte este del país) y la población debe comprarla o invertir mucho tiempo en obtenerla.

En estas circunstancias, la leña adquiere las características de un mercado comercial con su red de transporte, puestos de venta y precios bien definidos. Una parte importante de la producción de combustibles de madera proviene de la tala de bosques, por lo tanto no es sustentable.

Aparte de la limpieza de bosques, el combustible de madera es producido por pequeños productores localizados en áreas remotas y vendido a comerciantes. Estos pequeños productores no se encuentran organizados y no tienen acceso a medios que puedan mejorar sus condiciones de vida.

El carbón vegetal es el combustible obtenido de la destilación destructiva de la madera en ausencia de oxígeno, en las carboneras. En algunos casos, puede sustituir al coque en los procesos siderúrgicos y ser consumido en la industria; y en el sector residencial, para cocción. El consumo del carbón de leña está vinculado a las áreas urbanas y semiurbanas. Al contrario de la leña, el carbón es un energético comercial con un mercado mucho mejor organizado desde la producción hasta el consumo final. El carbón vegetal tiene usos complementarios, por lo general se utiliza por falta de leña o gas natural. La producción de carbón vegetal está en manos de pequeños productores agrícolas y significó, en el 2009, 470.000 toneladas, de las cuales el 43% fue exportado.

Chips o astillas es materia prima en piezas cortas no uniformes. En los últimos años, los consumidores industriales de leña han cambiado a chips, ya que este producto les permite alimentar directamente a los hornos comparado con el proceso manual para la alimentación a través de las leñas. Los chips están empezando a ser utilizados en el Paraguay. Ya existen maquinarias para transformar los troncos en chips, esto en especial con la plantación de eucalipto y el bambú (tacuara). Otros derivados de la biomasa usados para calefacción o electrificación son aserrín, bagazo y basura orgánica, sin embargo su uso en el Paraguay no es muy común.

A pesar que el país usa enormes cantidades de biomasa como combustible residencial e industrial (el 50% del total de las viviendas utilizan leña o carbón

vegetal para satisfacer sus necesidades básicas y cerca del 70% del consumo industrial de energía proviene de la leña o de los residuos vegetales), la importancia económica de la biomasa como fuente de energía es un tema poco conocido en el país. Desde la época de la colonia hasta aproximadamente fines de la década del cincuenta y principios del sesenta, el desarrollo de los núcleos poblacionales y la expansión de la frontera agrícola se han realizado a expensas de las tierras cubiertas con bosque, mientras que la ganadería tradicional se desarrolló principalmente sobre las praderas naturales.

Sin embargo, a mediados de la década del sesenta, se intensifica en la Región Oriental el proceso de colonización, a través de políticas públicas y privadas de reforma agraria en terrenos de propiedad fiscal principalmente y de la propiedad privada secundariamente que no consideró los aspectos ambientales para la incorporación de dichas tierras a la producción.

Más tarde, a partir de la década del setenta, la producción agropecuaria tradicional incorporó también una intensa transformación de áreas boscosas nativas a praderas cultivadas, principalmente para el engorde del ganado vacuno. El proceso de deforestación ocurrido en la Región Oriental muestra que en 40 años, comprendidos entre 1945 y 1991, ha llegado a eliminar casi 7 millones de hectáreas, lo cual representa un promedio aproximado de 123 mil ha cada año. La consecuencia del inusitado proceso de desmonte por parte de los grandes propietarios, quienes motivados por la presión que la población rural ejercía en procura de tierras para la colonización, se vieron obligados a introducir "mejoras" en sus propiedades.

En relación a la Región Occidental, dan cuenta que las colonias establecidas en la zona central del Chaco llegaron a un promedio de deforestación de 45 mil ha anuales. La misma fuente registra, para la misma región, una pérdida de área boscosa de aproximadamente 1,25 millones de ha. [19]. Durante los últimos dos años, la tasa de deforestación en la región es del orden de 350 a 500 ha por día, según la época del año.

Queda bien evidenciado que la destrucción de los bosques ha resultado principalmente por la transformación de bosques naturales en área de

pastoreo para cría de ganado, asociados a problemas de uso y tenencia de la tierra. De hecho, estos principales elementos causales de la deforestación demuestran que históricamente el problema forestal ha estado íntimamente ligado a la tenencia de la tierra y a los modelos de reforma agraria y de producción agropecuaria del país.

Este proceso de deforestación, aunque evidentemente menor, comparado con la Región Oriental, es bastante significativo por la fragilidad de los ecosistemas chaqueños, demostrados por las numerosas evidencias de erosión eólica y la salinización de suelos que se están verificando en diferentes zonas de la región.

Hoy no quedan muchos bosques. Algunos estudios mencionan una superficie aproximada a 70.000 km².

Una futura política energética debería reintroducir planes de incentivos para reforestaciones y plantaciones de combustibles de madera; algunas medidas de apoyo ya existen por decretos, pero han sido suspendidos debido a la carencia de medios económicos (o voluntad política).

El sector forestal requiere de planes de largo plazo y estos pueden brindar historias exitosas como en el Uruguay y Chile. El mercado de combustible de madera necesita seguridad de provisión de materias primas, actividades de mercado más transparentes y un mejor entorno medioambiental.

Por medio del desarrollo de tecnologías adecuadas, el potencial energético de la biomasa podría cubrir un porcentaje considerable de la demanda energética actual. El Paraguay necesita políticas amplias y certificación obligatoria para garantizar su producción de biomasa bajo los más altos estándares.

El Paraguay no posee incentivos para la reforestación, y la financiación para proyectos de esta actividad es aún incipiente, engorrosa y de limitada disponibilidad para los interesados, por lo que es necesario poner en práctica la Ley de Servicios Ambientales, así como el fondo para la forestación y la reforestación.

Sumado a esto, la legislación restrictiva ahuyenta a los interesados, cuando lo que necesitamos son mecanismos que incentiven la conservación de bosques y la financiación de inversiones forestales.

2.16.1. Residuos forestales

Atendiendo a los datos de materias y residuos se copia del documento referenciado como [22], lo que sigue:

Un trabajo de la Mesa Forestal Nacional del año 2003 indicó que del total de bosques existentes, 765.456 ha, (22% del total de bosque) reúnen las condiciones para ser declaradas como área prioritaria para manejo de bosques de producción. De esta área 619.609 ha corresponde a bosque continuo (>156 ha) y 145.847 ha a bosques remanentes (< 156 ha). En este estudio se estimó 2.600.562 ha de bosques continuos (>156 ha), y 874.535 ha de bosques remanentes (<156 ha). El mismo estudio identificó bosques protegidos en 641.585 ha que se encuentran dentro de Parques Nacionales y bosques situados dentro de la franja de 100 metros de protección a ambos lados de los cursos de agua.

Actualmente se estima una superficie de 2,4 millones ha o 15% de superficie boscosa en la Región Oriental que incluye áreas protegidas. Los bosques remanentes en general se encuentran en un estado de fuerte degradación con poco potencial restante para una producción forestal.

En general, las masas residuales no compactas de bosque nativo en la Región Oriental, aparte del alto nivel de fragmentación que presentan, denotan un alto grado de degradación.

Se estima que la productividad de un bosque secundario varía de 2 a 3 m³/ha/año. Esto equivaldría a una producción sostenible de madera de rollos de 1,4 a 2,1 m³/año. Una parte del árbol es la biomasa de ramas que normalmente no se usa. Una parte de esta biomasa se puede usar para la producción de leña. De la relación 0,4 t por cada m³ de rollo se obtendrían de 560.000 a 840.000 t de leña de bosque manejado a partir de 1,4 millones de m³ a 2,1 millones de m³ de madera de producción sostenible.

Otros estudios realizados han mostrado que se puede aumentar el incremento anual con un manejo adecuado en un 166% ó de 2 a 5,3 m³/ha/año. Cabe señalar que casi no existe un manejo forestal de bosque nativo en Paraguay. Hasta la fecha existe un solo bosque con certificación FSC (Forest Stewardship Council, Consejo de Administración Forestal) que produce madera de bosque nativo en forma sostenible.

A parte de los residuos forestales, que son los que han tenido un estudio más importante en Paraguay, se ha de tener en cuenta los residuos derivados de las cosechas de grano (residuos agrícolas). En la Tabla 24 se presenta un resumen de la producción de grano en el país.

Tabla 24. Producción de grano en Paraguay en los años 2011 – 2012 [22].

Cultivo	Producción (t/año)	Cantidad secada (t/año)	Cantidad aprovechada (t)
Soja	8.309.793	4.154.897	332.392
Trigo	1.401.987	1.121.590	672.954
Maíz	3.108.821	3.108.821	1.865.293
Girasol	262.293	196.720	118.032
TOTAL	13.082.894	8.582.027	2.988.670

Así pues, se puede concluir que la biomasa juega un rol importante en la matriz energética del Paraguay basada principalmente en la leña, el carbón vegetal (como derivado de la biomasa) y los desechos de cosecha (bagazo de caña de azúcar, cascarillas de cereales, etc.) [24]. Pero se ha de realizar un trabajo de investigación, valorización y divulgación para conseguir un adecuado desarrollo de estas tecnologías en el país.

2.17. Perú

La información expuesta se ha obtenido según lo reflejado en los siguientes documentos: “*Matriz energética en el Perú y Energías Renovables*” [25], “*Potencial energético de la biomasa residual en el Perú*” [26].

El desarrollo literario del estado de la biomasa en Perú se ha extraído textualmente de la referencia [25], como se presente a continuación:

Perú está planteando de manera planificada y sustentada, cuál va ser la mejor estrategia para abastecer la demanda energética derivada del crecimiento económico sostenido desde los años 90 y que se espera continúe a un ritmo similar en las siguientes décadas.

Dentro de esta estrategia, sin duda, las energías renovables y dentro de ellas la bioenergía van a desempeñar un papel muy importante. Nuestro país al estar cerca a la línea ecuatorial dispone de un potencial apreciable de energía solar, que en el caso de las zonas alto-andinas puede alcanzar los 6 - 6,5 kWh/m²-día. Por otro lado, en el litoral tenemos un potencial eólico que llega a los 22.000 MW. De igual forma en la zona sur, el potencial geotérmico según estudios preliminares podría llegar a los 3.000 MW, aunque esta cifra requiere ser verificada con los estudios de factibilidad que demanda desarrollar la fase de perforación que necesita cuantiosas inversiones (alrededor de 5 a 10 millones de dólares por pozo perforado). Sin embargo, hay que tener presente que las energías renovables no convencionales aún tienen una participación marginal en el abastecimiento de la demanda, pues sus costos están por encima de las tecnologías tradicionales, aunque su tendencia es a disminuir (en algunas más que otras), además el mercado de proveedores para ellas es limitado en nuestro país; esta es la razón por la que su crecimiento debiera ser gradual y en la medida que el desarrollo tecnológico haga que los costos se hagan cada vez más asequibles.

Teniendo en cuenta la generación de residuos agrícolas y agroindustriales tanto en la cosecha como en el procesamiento se detalla en la Tabla 25 el potencial energético disponible o aprovechable de residuos a nivel nacional. Como puede apreciarse, el principal potencial proviene de la caña de azúcar a partir del follaje (que en el caso de los ingenios azucareros se quema en los campos tras la cosecha) y del bagazo (material fibroso generado en las plantas de procesamiento). A continuación está la cascarilla del arroz, y luego la pulpa que se obtiene del procesamiento de la palma aceitera, así como del café y el cacao.

Tabla 25. Potencial disponible o aprovechable a nivel nacional en Perú de residuos agrícolas y agroindustriales [26].

Producto	Residuo (Tm)	Energía tep
Maíz	2.779.277	1.055.114
Caña de Azúcar	1.884.271	616.509
Algodón	446.698	170.342
Espárragos	242.638	66.773
Arroz	1.730.612	539.973
Viruta	60.242	24.453
Bagazo	3.103.932	520.342
Total	10.247.670	2.993.506

2.17.1. Biocombustibles sólidos

La biomasa como fuente de energía tiene más posibilidades de ser utilizada en sistemas aislados en los que no hay otros recursos renovables. Entonces, en el país existen tres grandes regiones en las que la biomasa tiene un potencial interesante para ser usada con fines energéticos de mediana y gran escala. Así, en la Costa Norte (bagazo y follaje de la caña de azúcar, cascarilla de arroz, broza de algodón), en la Selva Alta (cascarilla de café, pulpa del café y cacao, residuos de la palma aceitera, residuos forestales), y en la Selva Baja (residuos forestales).

Mención aparte merece el potencial energético que se puede obtener a partir de las microalgas. Diversos estudios realizados, incluido uno en Perú a cargo del Instituto del Mar del Perú, evidencian que el potencial de producción de biodiesel a partir de ciertas especies de microalgas es mayor que el de cualquier otro cultivo agroenergético como, por ejemplo, la palma aceitera, el piñón o la soja. No obstante esta tecnología está aún en fase de investigación y no llega a su etapa comercial, por lo que se prevé que a futuro cuando los costos de producción se reduzcan debido al desarrollo del mercado y se completen los paquetes tecnológicos, se obtendrá un excelente potencial para producir biodiesel a partir de este recurso.

Respecto al consumo de leña, en la Costa Norte una gran proporción proviene de los bosques secos del norte. En la Sierra, considerada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como en situación de escasez aguda de biomasa, los ecosistemas

naturales usualmente utilizados como fuente de energía son los bosques de queñuales y otras formaciones boscosas como los totorales y los yaretales. En esta región las plantaciones de eucalipto han contribuido parcialmente a solucionar el problema energético, lo que ha impulsado la realización de programas intensivos de reforestación con fines energéticos. Finalmente, en la Selva, la abundancia de biomasa permite afirmar que su consumo no tiene restricción.

2.17.2. Biocombustibles líquidos

Para el biodiesel los cultivos prioritarios son la palma aceitera, el piñón blanco, la higuera y la colza. La palma aceitera es el único cultivo que cuenta con un paquete tecnológico consolidado, y están en marcha, en especial para el piñón, diversas investigaciones y proyectos orientados a ese fin. Es importante resaltar que a la fecha se tiene un aproximado de 34 mil hectáreas de palma aceitera; esta producción se destina al consumo humano y como insumo de productos industriales, pero en la balanza tenemos un déficit de aceites y grasas, ya que se importa aproximadamente un 60% del consumo nacional.

Estos biocombustibles utilizan la misma materia prima que el etanol y el biodiesel respectivamente, la diferencia está en la menor complejidad de su proceso de producción, y como no requiere del alcohol como insumo bajan los costos asociados, lo que favorece a las zonas rurales que necesitan aprovisionarse. Sin embargo, aún no se han desarrollado las normas técnicas para regular la producción y comercialización, lo que constituye una barrera para que el uso local pueda consolidarse más allá de experiencias piloto o iniciativas del mercado informal, situación que complica su sostenibilidad a futuro.

En el Anexo IV se amplía información sobre el diagnóstico de los recursos de biomasa disponibles en Perú.

2.18. Portugal

La información presentada a continuación ha sido extraída de los siguientes documentos: “*Grupo de trabalho da biomassa*” [27] y “*Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa/resíduo agrícola e vegetal*” [28].

En Portugal, la biomasa se emplea, esencialmente, como un recurso apto para la conversión termoquímica, desarrollándose principalmente las siguientes opciones:

- Hornos industriales e instalaciones de cogeneración existentes
- Centrales termoeléctricas ya existentes
- Nuevas centrales y unidades energéticas con base en tecnologías avanzadas.

Existen diferentes tipos de biomasa potencial en Portugal que pueden ser usados para proporcionar energía:

- Residuos, incluyéndose en estos los residuos forestales y los de las industrias relativas al ámbito forestal.
- Residuos agrícolas y de las industrias agroalimentarias, así como sus efluentes.
- Purines y excretas animales provenientes de explotaciones pecuarias.
- La fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos
- Cultivos y plantaciones energéticas (especies forestales de rápido crecimiento, herbáceas de elevada productividad, plantas oleaginosas y plantas productoras de glúcidos).

En el desarrollo que sigue se han expuesto las fuentes de biomasa más relevantes en el territorio portugués.

2.18.1. Residuos forestales

En vista del porcentaje de superficie del territorio nacional cubierta de bosque (38%), se identificó la "biomasa forestal" como los materiales lignocelulosos obtenidos de la limpieza de los bosques, incluidas ramas y restos de poda, así como los arbustos de zonas montañosas y las áreas de terreno sin cultivar, sin olvidar la madera carente de valor comercial proveniente de áreas incendiadas y, además, los residuos y desperdicios de las unidades de transformación de madera que, en la situación actual, no pueden ser reciclados o empleados para su transformación o incorporación en productos con interés comercial.

La "biomasa residual forestal" resulta fundamentalmente de las acciones de gestión forestal, como desbaste, descortezado y corte final (ramas, podas y cortezas), derivados de las industrias de transformación de maderas (ITM) y de productos al final del ciclo de vida de géneros forestales leñosos.

En Portugal existe una gran discrepancia entre la disponibilidad potencial y la disponibilidad efectiva de los residuos en los bosques. La Tabla 26 sintetiza las cantidades indicativas de biomasa forestal de acuerdo con la procedencia, distinguiendo la producción de biomasa forestal y la disponibilidad efectiva de este recurso energético.

Ante esta discrepancia, se da la situación de que, en muchas ocasiones, sólo una pequeña porción de estos residuos tendrá viabilidad económica para ser aprovechada para la producción de energía. Por otra parte, de acuerdo con una gestión forestal sostenible, es recomendable la incorporación de parte de los matorrales y residuos en el bosque, y no su extracción completa.

Por otro lado, se considera importante distinguir la biomasa forestal de la biomasa residual forestal, siendo esta última aquella que se utiliza como materia prima para la producción de energía, y procede de sobrantes de la gestión y de la explotación forestal o de subproductos de la industria manufacturera de productos forestales y de productos al final de su ciclo de

vida. Además, no toda la biomasa forestal es de fácil explotación debido a los costes asociados (transportes, tarifas, etc.).

Tabla 26. Producción de biomasa forestal (a); - Disponibilidad potencial de biomasa forestal (b); - Potencial disponible de residuos forestales y de ITM, para producción de energía (c) [27].

Producción de biomasa forestal	
Tipo de residuo (a)	Cantidad (millones de toneladas/año)
Arbustos	5,0
Producción de leñas	0,5
Ramas y podas	1,0
TOTAL	6,5
Disponibilidad potencial de biomasa forestal	
Tipo de residuo (b)	Cantidad (millones de toneladas/año)
Arbustos	0,6
Biomasa procedente del áreas quemadas	0,4
Ramas y podas	1,0
TOTAL	2,0
Potencial disponible de residuos forestales y de ITM, para producción de energía	
Procedencia del residuo (c)	Cantidad (millones de toneladas/año)
Foresta	2,0
Industria manufacturera de madera	0,2
TOTAL	2,2

Cabe señalar, además, que la biomasa es un material susceptible de transformación en diferentes tipos de biocombustibles, no sólo sólidos (briquetas y pellets), sino también líquidos (etanol y metanol) o gaseosos (metano).

En Portugal se utiliza para la producción de energía una parte importante de la biomasa forestal residual, en industrias tales como la producción de pasta de papel, paneles, aglomerados y residuos de madera (briquetas y pellets).

En 2005 se hizo una apuesta por este tipo de energía renovable, lanzando un concurso para asignar 100 MW de potencia para la producción de energía eléctrica a partir de biomasa forestal residual. El objetivo era alcanzar los 250 MW de potencia en centrales basadas en la biomasa forestal.

En vista de la apuesta por esta energía renovable y teniendo en cuenta el potencial de la biomasa forestal en Portugal, existen expectativas en el aumento de las necesidades de esta materia prima. En este sentido, la sostenibilidad del subsector energético con base en la biomasa forestal, frente a las capacidades a instalar, puede que tenga que pasar por la implantación de cultivos forestales energéticos complementarias a los sobrantes, en caso de carencias de suministro a las centrales.

En caso contrario, la disponibilidad de biomasa procedente de residuos forestales podría ser insuficiente para las necesidades del país. Por otra parte, algunos participantes estiman que las necesidades de materia prima para abastecer a las centrales dedicadas (cuando entran en operación todas las centrales en funcionamiento), centrales de cogeneración, fábricas de pellets y cementeras, rondarán, a partir de 2015, las 4 Mt/año.

Teniendo en cuenta los valores de la Tabla 26, Portugal puede tener un déficit de materia prima para la producción de energía a partir de la biomasa forestal en cerca de 2 Mton / año, si las centrales programadas y proyectadas entran en operación.

2.18.2. Residuos agrícolas

La agricultura ocupa cerca de 34% de la superficie total de Portugal. Según los datos ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística portugués, la agricultura que se practica sigue siendo sostenida por el cultivo de cereales (53%), que ocupa el mayor área de cultivos temporales. Por otra parte, entre la explotación del olivo y de la vid se ocupa cerca del 90% de la superficie empleada en cultivos permanentes.

Se entiende como residuos agrícolas los que proceden de actividades agrícolas, sin utilización posterior en la propia explotación. Así, se incluyen en esta definición las pajas de los cereales, los tallos del girasol y del maíz, las partes aéreas de las principales plantas herbáceas y las ramas de las podas de los árboles.

La cantidad total de residuos agrícolas generados en territorio portugués (alrededor de 1.172 millones de toneladas) no siempre está disponible para su uso como biomasa. Las pajas tienen como aprovechamiento principal la alimentación animal y la fabricación de camas para el ganado, por lo que alcanza un gran valor comercial (alrededor de 35,2 €/t), lo que hace que esta materia prima sea menos competitiva frente a otras.

Las partes aéreas de las plantas herbáceas constituyen también un residuo de biomasa, sin embargo, éstas se dejan sobre el terreno para la alimentación del ganado o, como alternativa, se utilizan como fertilizantes.

En el cultivo del girasol y del maíz, los tallos remanentes se dejan sobre el terreno. Después de la trilla se queman y más tarde se utilizan las cenizas como fertilizante para la próxima temporada de cultivo. Los residuos del girasol y del maíz son, de este modo, los únicos residuos susceptibles de utilizarse como biomasa, aunque, en una situación de demanda, puede tener competencia por parte del mercado de alimentación del ganado.

En cuanto a los cultivos permanentes, la utilización de la leña de poda se contabiliza como fuente de energía renovable. Esta, contrariamente a la paja, no tiene mercado alternativo, lo que significa que no tienen valor comercial, pudiendo ser utilizadas en pequeña escala para calefacción doméstica. Sin embargo, esta fuente energética sólo está disponible de octubre a diciembre cuando se realizan las podas de los árboles.

2.18.3. Cultivos energéticos

En Portugal, la inversión en cultivos energéticos es muy débil, y no hay casi información sobre su cantidad, lo que hace que sea muy difícil hacer un balance de los cultivos energéticos existentes. Hay cierta información acerca de una plantación en la cual en 2005 se sembraron cerca de 200 hectáreas de cultivo de cardo, obteniendo una producción de 15 a 20 toneladas por hectárea, y tenían en fase de instalación más 400 ha. Esta especie tiene como producto

principal la biomasa, permitiendo la producción de biocombustible líquido y sólido.

Existen muchas plantaciones de eucalipto en Portugal, sin embargo, estas no están destinadas a ser utilizadas como biomasa, pues se emplean en la industria celulosa para la producción de pasta de papel. Con el cultivo de algunas especies energéticas en Portugal se están comenzando a dar los primeros pasos en la dirección de la obtención de biomasa mediante estos cultivos.

2.19. República Dominicana

Los resultados presentados sobre República Dominicana aluden a lo definido en los documentos “*El mercado de Energías Renovables en República Dominicana*” [29], “*Síntesis de evaluación de necesidades tecnológicas (ENT) para la Mitigación del Cambio Climático y Reporte de plan de acción para la transferencia de tecnologías priorizadas en la República Dominicana*” [30] y “*Perspectiva de energías renovables: República Dominicana*” [31].

Existen muchas fuentes potenciales de materia prima de biomasa en la República Dominicana, incluidos los residuos de cultivos agrícolas, tales como el bagazo de la caña de azúcar, la cáscara del café, la paja del arroz y las cáscaras de coco, así como biomasa de leña. Los residuos de cultivos y la biomasa de leña son recursos energéticos renovables y limpios. Los residuos de cultivos siguen un patrón regular de producción y pueden medirse de forma proporcional a la cantidad de terrenos utilizados para el cultivo y el número de veces que el cultivo se produce al año. Ambas formas de biomasa se pueden utilizar para calor o electricidad, o pueden ser gasificados para tener la misma funcionalidad que el petróleo o gas natural, pero sin bajar las emisiones netas de carbono [29].

Para definir el potencial del recurso biomásico en el país, no existe información completa sobre la cual se pudiera realizar una estimación. Este potencial

estaría conformado por la oferta sustentable de leña (bosques, plantaciones forestales, árboles, cercas vivas, cafetales), los productos de los ingenios de azúcar (bagazo, cachaza, residuos agrícolas de las cosechas) y otros residuos biomásicos (aserraderos, arroceras, bananeras, plantaciones de piña, beneficios de café, plantaciones de palma africana, criaderos de animales, etc.). La mayoría de los datos de las instituciones nacionales, ya sean forestales, agricultura, o energía, no tienen series de datos coherentes. El rango de valores para cobertura boscosa, consumo de leña y carbón, producción maderable, entre otros, es muy alto. Esta ausencia de información representa un problema importante en los estudios energéticos, dada la alta participación de la biomasa en el balance energético de República Dominicana. Aún más, se desconoce qué porcentaje de la producción responde a patrones de sustentabilidad. De ahí la importancia de identificar las fuentes de producción de la biomasa en República Dominicana que permitirán alcanzar las metas contempladas en el Plan DECCC, el cual contiene una curva de reducción de costes que estima que para el 2030, la energía de biomasa ahorraría casi 1,5 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono [30].

Cabe destacar que, según el Sistema de Información Económica-Energética de OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), la oferta de energía a base de biomasa es de un 20% de la energía primaria total de la República Dominicana (en millones de barriles equivalentes de petróleo). Esto sugiere un uso potente por parte del país de este tipo de energías, pero como se ha mencionado previamente, no resulta coherente con los datos reales.

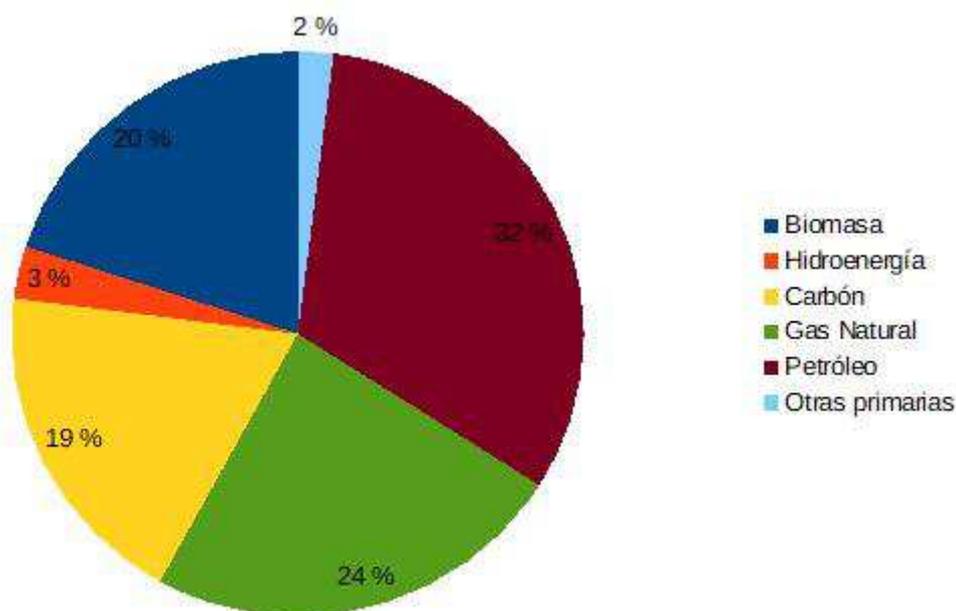


Figura 7. Oferta de energía primaria en la República Dominicana (2014).

Los residuos procedentes del sector agrícola proporcionan la mayor parte del potencial energético, así como el estiércol de animales y los residuos domésticos para producción de biogás. Las fuentes tradicionales de residuos agrícolas incluyen caña de azúcar, arroz, café y plantaciones de bananas y cacao. Los residuos de las cosechas requieren costes adicionales de recolección pero son costes accesibles. Existe cierto potencial también en la biomasa leñosa (madera combustible y residuos forestales), sin embargo, dicho potencial es bajo y sus costes significativos [31].

Así pues, según lo previamente definido y atendiendo a la aplicabilidad y al potencial específico de la biomasa en la República Dominicana, cabe mencionar que su rango de aplicación es amplio, dependiendo principalmente de la disponibilidad de combustible. Se usa el bagazo de caña para la producción de energía en su proceso de producción y los molineros de arroz usan la paja de arroz en su calderas para el proceso de secado, que genera vapor de baja presión para la industria textil dominicana (zonas francas), las centrales eléctricas a base de biomasa tienen típicamente capacidades del orden de los 20 MW. Sin embargo, existe la necesidad de cuantificar el

volumen en los diferentes tipos de biomasa, así como su caracterización, estacionalidad y referencia geográfica en la producción, lo cual definiría el alcance de un estudio, que sería el insumo básico para la implementación de cualquier proyecto de biomasa [30].

En la república Dominicana, la energía de fuentes biomásicas está asociada a los ingenios azucareros y los molinos de arroz, que utilizan el bagazo que queda después de extraer el jugo de la caña y el descascarado y pulido del arroz para la generación de energía. De la capacidad instalada total con este tipo de tecnología, el bagazo de caña representó el 26,1% y otras biomasas el 2,6% en el año 2006 [30].

Desechos de origen agrícola generan 2.345.578 toneladas por año de biomasa y corresponden a los productos agrícolas de mayor importancia como son arroz, cacao, café, caña de azúcar, habichuelas, maíz y plátano. Los desechos agrícolas como el arroz, maíz, café y caña de azúcar están siendo utilizados desde hace mucho años, pero sin un criterio tecnológico de uso eficiente de la misma [30].

2.20. Uruguay

Los resultados presentados sobre Uruguay aluden a lo definido en los documentos "*Balance Energético Nacional*" [32] y "*Oportunidades de inversión: Energías Renovables*" [34] y en la página web del "*Proyecto BIOVALOR*" [33].

La oferta bruta de biomasa creció 5% en 2016 respecto al año anterior. Para analizar el comportamiento de la biomasa es conveniente desagregar en las diferentes fuentes que participan bajo esta denominación, teniendo así: leña, residuos de biomasa (cáscara de arroz, bagazo de caña, licor negro, gases olorosos, metanol, casullo de cebada y residuos de la industria maderera) y biomasa para la producción de biocombustibles [32].

La oferta bruta de leña para el año 2016 fue de 521 ktep, similar a lo registrado en 2015 (522 ktep), manteniendo los niveles que se vienen registrando en los

últimos años. Respecto a los residuos de biomasa, la oferta bruta presentó un crecimiento de 5% en 2016 (1.520 ktep) respecto a 2015 (1.441 ktep) [32].

En el caso de la biomasa para la producción de biocombustibles, la oferta bruta para 2016 fue 114 ktep, manteniéndose del orden con respecto a 2015 (115 ktep). En estos últimos años, se observa una clara tendencia al aumento en la oferta de fuentes de energía primarias involucradas en la producción de bioetanol y biodiesel, situación que no se mantuvo para 2016 [32].

Tabla 27. Residuos de biomasa por año en Uruguay [33].

ktep	2013	2014	2015
<i>Cáscara de arroz</i>	37,9	42,9	44,0
Bagazo de caña	23,0	26,3	24,1
Casullo de cebada	-	0,6	0,4
Licor negro	636,4	833,2	1.172,4
Metanol	0,0	0,3	0,6
Gases olorosos	4,2	14,7	16,5
Aserrín, residuos forestales, chip	156,3	208,9	183,7
OFERTA	857,8	1.127,0	1.441,5
Centrales eléctricas servicio público	-70,5	-88,4	-107,3
Centrales eléctricas autoproducción	-101,3	-137,7	-176,5
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	-171,8	-226,1	-283,9
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	686,0	900,9	1.157,6
Residencial	7,6	7,6	7,6
Industrial	678,4	893,3	1.150,0

2.20.1. Residuos forestales

Se estima que en el cultivo, los residuos forestales generados son entre el 10% y 30% del árbol en pie. Por otra parte, en los procesos industriales como el aserrado, la producción de residuos es alrededor de 50% de la madera procesada. Según el Censo Nacional de Aserraderos (2014), existe una capacidad instalada de aserrado en el país de entre 3 y 3,2 millones de m³/año, gran parte en establecimientos de más de 50.000 m³/año. La existencia de grandes aserraderos se presenta como una posible ventaja para la utilización del aserrín para la producción de etanol. Instalando una planta junto a dichos

establecimientos se reducen los costes de transporte y las necesidades de stock. Sin embargo, la tecnología disponible para este tipo de producción es todavía incipiente. También a partir de los residuos industriales de la producción de celulosa se genera energía [34].

De este modo, existen dos tipos de modelo de negocio para la generación de energía a partir de estos materiales: el establecimiento de una planta de generación de energía como negocio principal o la cogeneración como un subproducto, que permite reducir costes y eventualmente volcar el excedente a la red eléctrica [34].

2.20.2. Residuos agrícola-ganaderos

Si bien actualmente existen varias experiencias de generación a partir de otros residuos agrícolas, estos recursos están sub-explotados. Una de las primeras fuentes de este tipo utilizadas en el país ha sido la cáscara de arroz. Hay dos emprendimientos de procesamiento de este residuo. También existen experiencias con la utilización del bagazo (subproducto de la caña de azúcar) para la producción de electricidad [34].

En cuanto a residuos generados por las actividades ganaderas, también existen experiencias de producción de biogás a partir de digestión anaerobia en el área de la lechería y de la producción de lana [34].

Las principales actividades generadoras de residuos orgánicos son aquellas asociadas a la producción bovina. La ganadería de engorde, las actividades asociadas a la lechería, los frigoríficos y las curtiembres generan un 71% del total de estos residuos [34].

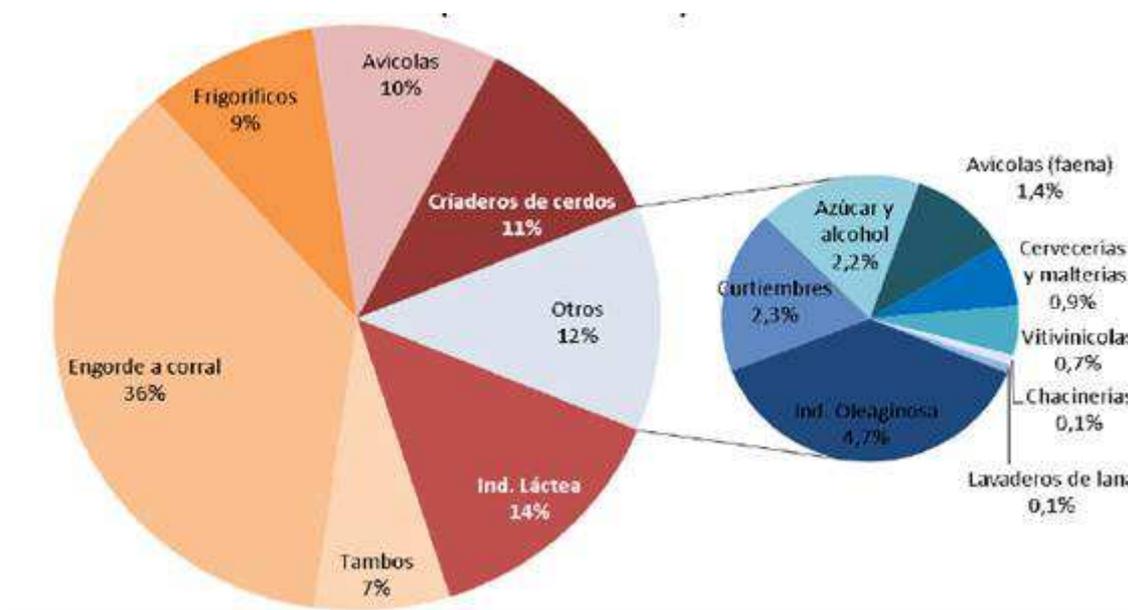


Figura 8. Generación de residuos por sector [34].

2.20.3. Biocombustibles líquidos

Uruguay posee condiciones para la producción de combustibles líquidos a partir de la biomasa. La producción de bioetanol y biodiesel ha crecido constantemente desde 2010. Su participación en la oferta bruta de energía pasó de 0,5% en 2010 a 2,2% en 2015 [34].

La empresa ALUR S.A. (94% propiedad de ANCAP - Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland-) es el principal productor de agrocombustibles del país. Cuenta con una capacidad de producción de bioetanol de 100 millones de litros al año cuyo principal destino es el suministro a ANCAP, donde se mezcla con las gasolinas en un porcentaje de 5%. Además, cuenta con una capacidad de producción anual de 83 millones de litros de biodiesel que también son suministrados a ANCAP, para realizar una mezcla del 5% con el gasoil. La empresa ha logrado colocar sus productos en mercados internacionales: el bioetanol ha sido exportado a Chile y el biodiesel ha logrado ingresar al mercado holandés (el biodiesel exportado se generó a partir de aceite de fritura) [34].

Para la producción de bioetanol, ALUR S.A utiliza sorgo bajos taninos y caña de azúcar como materias primas. Por su parte, las materias primas utilizadas para la producción de biodiesel incluyen soja y canola, sebo vacuno y aceite usado de fritura [34].

2.20.4. Residuos urbanos

Actualmente, Uruguay no cuenta con plantas de mediano o gran porte para la transformación de los residuos urbanos en energía, más allá de planes piloto llevados a cabo por algunas intendencias. En Maldonado opera la planta Las Rosas. Con una capacidad instalada de 1,2 MW, genera energía eléctrica a partir de la captura y quema de biogás. En Montevideo, una planta de captura de gas metano, bajo un acuerdo con el Banco Mundial, genera Certificados de Reducciones de Emisiones. En este último proyecto el gas generado podría utilizarse para generar energía eléctrica [34].

El tratamiento y disposición final de residuos urbanos es responsabilidad de cada una de las 19 intendencias del país. Según los distintos estudios disponibles, se estima que los RSU dispuestos en los principales Sitios de Disposición Final totalizan 1.100.000 t/año de los cuales 780.000 corresponden a Montevideo [34].

En noviembre de 2015, la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU) inauguró un sitio de disposición final de residuos sólidos industriales que recibe parte de los desechos industriales de la capital y alrededores, procedentes tanto de empresas públicas como privadas. El sitio recibe residuos provenientes de la industria primaria (agro industria), secundaria (manufacturera) y servicios. Las autoridades nacionales y departamentales consideran la valorización de residuos a través de la producción de energía como una acción necesaria y se encuentran interesadas en desarrollar emprendimientos de este tipo, que abarquen varios centros urbanos y entienden que existen oportunidades para el ingreso de actores privados [34].

A continuación se presentan una serie de valores gráficos de cara a comprobar la evolución de la energía en Uruguay, viéndose tanto las energías renovables como los porcentajes que aporta cada tipo de energía a la producción total. En la Figura 9 se puede comprobar que, respecto a la producción total, la biomasa representa un 11% de la potencia total instalada en el país.

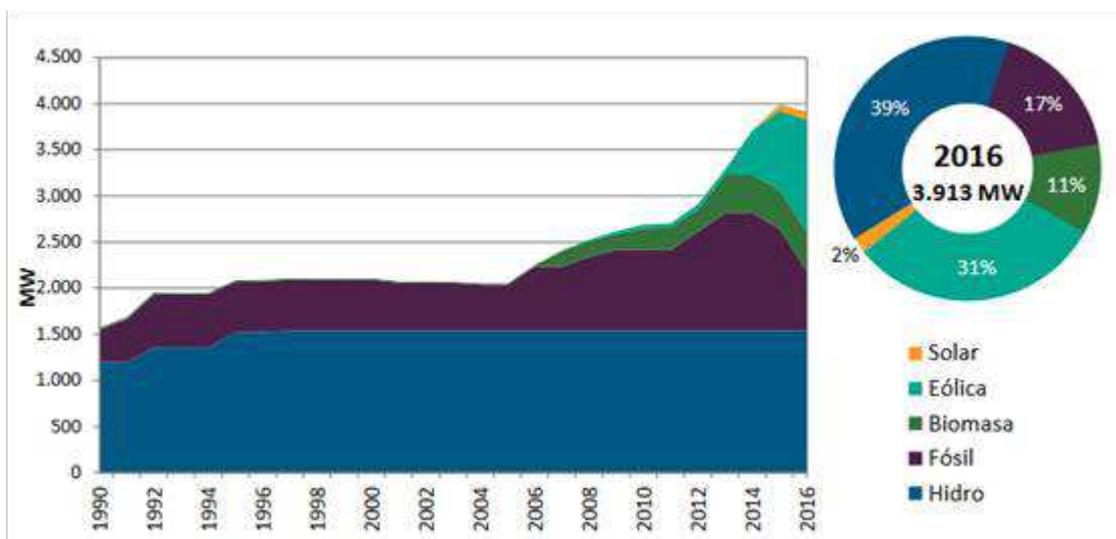


Figura 9. Potencia instalada por fuente y año en Uruguay [34].

En la Figura 10 se observa la tendencia positiva que refleja el uso de energías renovables en Uruguay, llegando a casi un 60% del abastecimiento total de energía con una energía total equivalente por encima de los 3.000 ktep*.

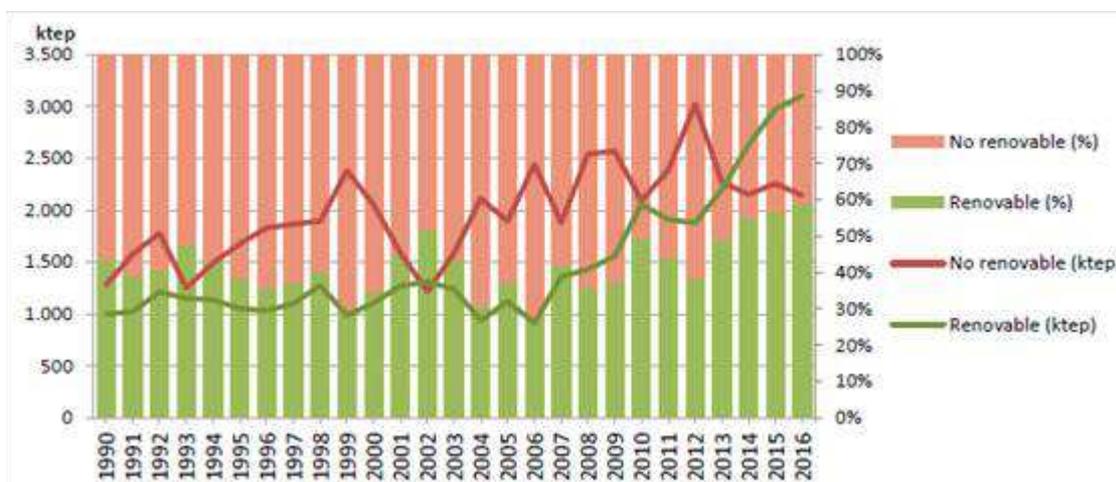


Figura 10. Abastecimiento de energía por tipo y año en Uruguay [34].

Por último, en la Figura 11 se facilita de forma gráfica la participación en la producción de energía eléctrica según el tipo de tecnología empleada. Así pues, se observa que la biomasa tiene un peso del 18% de la producción total de electricidad.

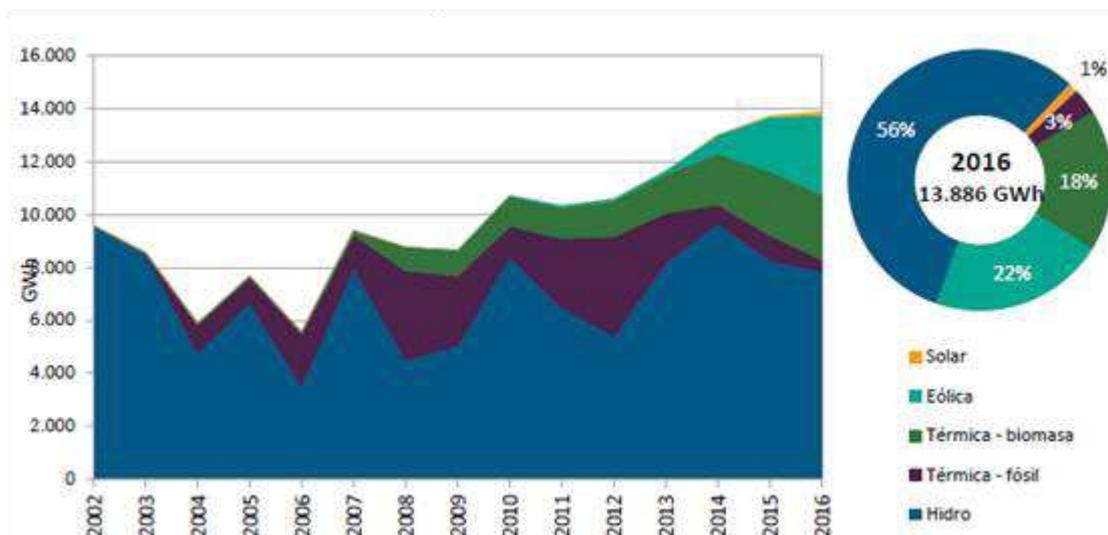


Figura 11. Generación de electricidad por fuente y año en Uruguay [34].

En el Anexo V se amplía información sobre el diagnóstico de los recursos de biomasa disponibles en Uruguay.

2.21. Venezuela

Los resultados presentados sobre Venezuela aluden a lo definido en el libro “Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad” [1]. Se presenta a continuación la información más relevante respecto al objeto del presente documento.

Existe un desarrollo de centrales azucareras en el país, se implementa el uso de bagazo (residuo del procesamiento de la caña de azúcar) como combustible para la producción de vapor utilizable dentro del proceso industrial y para la producción de energía eléctrica necesaria para dicho proceso, dentro de los periodos de cosecha y procesamiento de la caña.

La capacidad nominal de generación en conjunto de las 18 centrales azucareras del país era 120 MW, en los cuales el 63% de la energía se producía a partir de la quema de bagazo de caña, y el otro 36% a partir de combustibles fósiles (22,58% fuel-oil, 0,12% diésel y 12,93% gas natural), la diferencia del 1% fue comprada al sistema eléctrico nacional.

Se tenía en propuesta la instalación de 266 MW de generación con biomasa en las regiones con mayor potencial biomásico, 71 MW para el 2013 y 195 para el 2014.

2.21.1. Residuos agrícolas

Atendiendo al potencial de los residuos de biomasa generados en Venezuela, la Tabla 28 recoge las cifras conocidas a 2011 en este aspecto, para cada uno de los cultivos listados. Como se ha visto en la información recolectada de otros países, nuevamente la caña de azúcar es el cultivo cuyos residuos tienen el mayor potencial energético entre otros [1].

Tabla 28. Potencial de los residuos agrícolas de Venezuela [1].

Cultivo	Producción (t/año)	Residuo (t/año)	Potencial energético (TJ/año)
Palma de aceite	438.526	837.585	8.091
Caña de azúcar	8.134.111	48.316.619	368.811
Café	75.510	404.733	3.937
Maíz	2.117.710	2.985.971	32.064
Arroz	845.254	2.155.398	9.550
Plátano	304.971	1.875.572	1.071
TOTAL	11.916.082	56.575.878	423.524

2.21.2. Residuos sólidos urbanos (RSU)

En los últimos años ha habido un aumento significativo en la recolección de los RSU, debido a los cambios en patrones de consumo de la población, el poder adquisitivo, entre otras causas. La cantidad de residuos por habitante fue de 0,992 kg-hab/día. La mayor parte de los RSU (cerca de 95%) se destina a los vertederos a cielo abierto, generando serios problemas de contaminación, sin aprovechamiento de la fracción orgánica. Entre los cultivos tropicales

tradicionales, los principales rubros productores son la caña de azúcar, el café y el cacao. Los residuos del procesamiento industrial de estos cultivos son subutilizados y, en el caso del café, acumulados. Se plantea el desarrollo de tecnología para la valorización energética de los desechos agrícolas de café en la producción de briquetas para su uso como combustible, secado y doméstico [1].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ricón Mtnez., J. M., Silva Lora, E. E., (2014), *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*, Bogotá, Colombia: La Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Organicos en Produccion de Energia.
- [2] Razo, C., Ludeña, C., Saucedo, A., Astete-Miller, S., Hepp, J. y Vildósola, A., (2007), *Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- [3] Beaumont Roveda, E., (2009), *Análisis del Balance de Energia derivada de la Biomasa en Argentina*, Buenos Aires, Argentina: Departamento Forestal.
- [4] Gallino, A., (2015), *Estudio de potencial de mitigación - Biomasa y Biocombustibles de 2° y 3° generación*, Buenos Aires, Argentina: Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.
- [5] Paneque, M., Román-Figueroa, C., Vásquez-Panizza, R., Arriaza, J. M., Morales, D. y Zulantay, M., (2011), *Bioenergía en Chile*, Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- [6] Nilsson-Cifuentes, G. y Rodríguez-Monroy, C., (2012), *Biomasa en Chile*, Ciudad de Panamá, Panamá: Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2012).
- [7] Bertrán-Spichiger, J. y Morales-Verdugo, E., (2012), *Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile*, Santiago de Chile, Chile: Comisión Nacional de Energía (CNE).
- [8] Roldán-Villalobos, C., (2012), *Informe de energías renovables disponibles en Costa Rica*, Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

- [9] Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) (2012), *Energía Renovable. Cuba 2011*, La Habana, Cuba: Dirección de Industria y Medio Ambiente.
- [10] ESIN Consultora S.A., (2014), *Atlas bioenergético del Ecuador*, Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Preinversión (INP).
- [11] INER - Biomasa (27-03-2018), Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías (INER), Quito, Ecuador. Extraído de: <<http://www.iner.gob.ec/biomasa/>>
- [12] González-Mercado, P. A., Hernández-Vásquez, M. I. y Menjívar-Estrada, E. B., (2016), *Evaluación del Recurso Biomásico en El Salvador para la Generación de Energía Eléctrica*, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- [13] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (2011). *ANEXO IV. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES*. Madrid: MINETAD, pp.17-24.
- [14] Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Bienes de Equipo, (2011), *Biomasa. Oportunidades para el sector de fabricantes de Bienes de Equipo*, Madrid, España: Sercobe, pp. 9-11.
- [15] InCyTDe – Biomasa y Biocombustibles en Guatemala (28-03-2018), Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (InCyTDe), Guatemala, Guatemala. Extraído de: <<http://www.incytdc.org/incytdc/content/biomasa-y-biocombustibles-en-guatemala>>
- [16] Dirección de productos forestales, FAO, (1996), *Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa*, Montevideo, Uruguay: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- [17] Flores, W. C., (2015), *El sector energético de Honduras: Diagnóstico y política energética*, Tegucigalpa, Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).

- [18] Secretaría de Energía (2017). *Balance Nacional de Energía 2016*. Ciudad de México, México: SENER, pp.20-41.
- [19] Huacuz-Villamar, J. M., (2015), *La biomasa en la transición energética de México*, México: Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).
- [20] Consorcio Multiconsult, (2011), *CASO NICARAGUA – Informe Final*, Managua, Nicaragua: Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe (ONUDI).
- [21] Secretaría Nacional de Energía (2015). *Escenarios del Plan Energético Nacional 2015-2050*. Panamá, República de Panamá: SNE pp.48-50.
- [22] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (2013). *Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay*. Asunción, Paraguay: MOPC pp.13-27.
- [23] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (2011). *Situación de Energías Renovables en el Paraguay*. Asunción, Paraguay: GIZ pp.21-39.
- [24] Lovera, L. M., (2010), *Biocombustibles en el Paraguay – Situación actual y perspectivas*, Santiago, Chile: V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles.
- [25] Henry García Bustamante (2013). *Situación de Energías Renovables en el Paraguay*. Lima, Perú: Fundación Friedrich Ebert (FES).
- [26] Assureira-Espinoza, E. G. y Assureira-Espinoza M. A., (2015), *Potencial energético de la biomasa residual en el Perú*, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [27] Comissão de agricultura e mar (2013). *Grupo de trabalho da biomassa*. Lisboa, Portugal: Assembleia da República.
- [28] Engasp - Engenharia e Técnicas Afins (2014). *Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa/resíduo agrícola e vegetal*. Esmoriz, Portugal: ENGASP.

- [29] Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Santo Domingo, (2012), *El mercado de Energías Renovables en República Dominicana*, Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX).
- [30] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). *Síntesis de evaluación de necesidades tecnológicas (ENT) para la Mitigación del Cambio Climático y Reporte de plan de acción para la transferencia de tecnologías priorizadas en la República Dominicana*. Santo Domingo, Rep. Dominicana: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp.57-59.
- [31] International Renewable Energy Agency (IRENA), (2017), *Perspectiva de energías renovables: República Dominicana*, Santo Domingo, República Dominicana: Comisión Nacional de Energía (CNE).
- [32] Ministerio de Industria, Energía y Minería, (2016), *Balance Energético Nacional*, Montevideo, Uruguay: Dirección Nacional de Energía (MIEM).
- [33] Proyecto BIOVALOR – Generando valor con residuos agro-industriales (05-04-2018), Ministerio de Industria, Energía y Minería - El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente - El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca., Montevideo, Uruguay. Extraído de: <<http://biovalor.gub.uy/>>
- [34] Instituto de Promoción de Inversiones y Exportaciones, (2017), *Oportunidades de inversión: Energías Renovables*, Montevideo, Uruguay: URUGUAY XXI.