



Consultoría de apoyo al Componente:

“Fortalecimiento de la estrategia Nacional Energética 2030”

“Evaluación de la disponibilidad de residuos o subproductos de biomasa a nivel nacional”

Versión Divulgación

21 de Setiembre 2010

Ing. Agr. Carlos Faroppa – Energy Consulting Services SA

INDICE

INDICE	2
I. Introducción.....	3
I.1. Estimación de existencia de residuos o subproductos por sector	3
I.2. Consideraciones técnicas	4
II. Residuos Forestales.....	5
II.1. Residuos en campo	6
II.2. Residuos de aserraderos	12
II.3. Resumen de residuos Forestales	14
III. Residuos Agrícolas.....	19
III.1. Consideraciones preliminares.....	19
III.2. La Cáscara de Arroz	20
III.3. El trigo	23
III.4. La Cebada	24
III.5. Girasol.....	25
III.6. Soja.....	25
IV. Residuos Sólidos Urbanos	27
V. Residuos Sólidos Agroindustriales.....	33
V.1. Frigoríficos (Código CIIU 1511)	33
V.2. Industria láctea (Código CIIU 1520).....	34
V.3. Vitivinícola (Código CIIU 1552)	34
V.4. Chacinerías (Código CIIU 1511)	35
V.5. Avícolas (Código CIIU 1511).....	35
V.6. Tabacaleras (Código CIIU 1600)	35
V.7. Cervecerías y Malterías (Código CIIU 1553)	35
V.8. Curtiembres (Código CIIU 1911).....	36
V.9. Laneras (Código CIIU 1713)	36
V.10. Aceiteras (Código CIIU 1514).....	36
VI. Resumen de existencia de residuos.....	37
VII. Conclusiones	38
VIII. Referencias bibliográficas.....	40

I. Introducción

Este documento refiere a la metodología y alcance acordado con la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear para dar cumplimiento al trabajo de Consultoría “Evaluación de la disponibilidad de residuos o subproductos de biomasa a nivel nacional” N° 748.770 (ONUDI).

La estimación del volumen de residuos de biomasa para cada sector a evaluar estará a cargo de diferentes profesionales dentro del equipo, lo cual, sumado a las diferencias entre la naturaleza de los residuos de cada sector, lleva a que cada metodología sea desarrollada de la manera más conveniente de acuerdo al objetivo del presente trabajo. Sin perjuicio de ello, la presentación de los resultados será expuesta de forma estándar.

Por ello, a continuación se procederá a detallar el procedimiento empleado para realizar el relevamiento de residuos de cada sector (forestal, agrícola, urbano y agroindustrial).

El informe contemplará también el alcance de los Decretos 77/06 y 397/07.

Por último, para llevar los valores a una unidad equivalente, y atento a que el presente trabajo tiene como objetivo final los aspectos energéticos, se propone llevar los resultados de los mercados potenciales a MW equivalentes.

Es dable mencionar que este trabajo no incluye el estudio de viabilidad técnica (análisis y disponibilidad de capacidad de transporte eléctrico), social (empleos generados, etc.) ni ambiental (impacto ambiental. etc.) del aprovechamiento de residuos para energía. Esta etapa clave para el estudio deberá realizarse en otra instancia.

I.1. Estimación de existencia de residuos o subproductos por sector

A los efectos del presente estudio se define residuo sólido en base a la Propuesta Técnica de Reglamentación de Residuos Sólidos Industriales, Agroindustriales y de Servicios de la DINAMA: toda sustancia material u objeto que su tenedor dispone o elimina, tiene la intención de disponer o está obligado a disponer o eliminar.

Debido al creciente análisis del uso de residuos forestales, tanto de aserradero como de campo, así como de otros rubros (arroceros) para generación de energía, se evaluarán los proyectos presentados a la Unidad de Cambio

Climático para aprovechamiento de biomasa y los resultados de los llamados realizados por UTE para generación de energía con fuentes renovables.

I.2. Consideraciones técnicas

En todos los casos, al calcular la potencia máxima posible de generar a partir de cada residuo determinado se utilizaron las siguientes hipótesis:

Poder calorífico energía eléctrica:	860 kcal/kWh
Rendimiento caldera:	85%
Rendimiento de la turbo vapor:	30%
Rendimiento global del ciclo:	26%
Horas de funcionamiento por día:	24
Factor de utilización de los equipos:	75%
Horas de trabajo de la planta por año:	7446

La ecuación utilizada se presenta a continuación:

$$P \text{ (MW)} = \frac{P_{ci \text{ res}} \text{ (kcal/kg)} * Cant \text{ (ton/año)} * 1.000 \text{ kg/ton} * R_c}{1.000 \text{ KW/MW} * P_{ci \text{ EE}} \text{ (kcal/kWh)} * HTP \text{ (hrs/año)}}$$

Donde:

P: Potencia máxima posible a ser generada a partir de un determinado residuo

P_{ci res}: Poder calorífico inferior del residuo

Cant: Cantidad de residuos por año disponible

P_{ci EE}: Poder calorífico inferior de la Energía Eléctrica

R_c: Rendimiento global del ciclo

HTP: Horas de Trabajo Planta

Es claro que al realizar las operaciones necesarias para determinar la potencia instalada estimable no se multiplica y divide por 1.000 en operador y operando simultáneamente, pero es importante mostrar cómo se transforman las unidades para llegar finalmente a las unidades de potencia (MW).

II. Residuos Forestales.

Para la determinación del volumen de residuos forestales tanto en campo como en aserraderos, se contó con la colaboración de la oficina de Inventario Forestal de la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Agricultura y Pesca (MGAP), así como de funcionarios y empleados de empresas del sector, que a través de entrevistas proporcionaron información valiosa para la verificación de resultados. Como consecuencia de la misma se obtuvo acceso a la data más actualizada en poder de la DGF con relación a la superficie plantada bajo proyecto a nivel nacional, y en base a ello se determinaron las proyecciones propias de producción de madera a nivel nacional por especie, departamento y año. Dichas predicciones llegan únicamente hasta el año 2020, debido a que: (i) se basan solamente en las superficies forestadas y a forestar ya incluidas en proyectos presentados ante la DGF, y (ii) en el ciclo de cosecha de las especies más representativas de este sector. Extender la proyección implica hacer suposiciones bien factibles, pero de manera conservadora, se prefirió no tenerlas en cuenta.

Diversas fuentes han estudiado el Poder Calorífico inferior de la madera. Según estudios realizados por la Universidad de Planalto de Santa Catalina en Brasil el poder calorífico de astillas verdes con corteza está en el orden de las 2100 kcal/kg. Estudios realizados en Italia, han determinado el PCi para una madera con 50% de humedad, en 1980 kcal/kg. El documento “Generación de energía eléctrica a partir de la biomasa en Uruguay” (DNETN, 2006) estableció que en base a datos de la compañía uruguaya Turboflow, fabricante de generadores de vapor en base a madera, establecía que la madera de eucalipto con un 40% de humedad presenta un $P_{ci} = 2.400$ kcal/kg y una con un 30% de humedad presenta un $P_{ci} = 2.900$ kcal/kg. Para el presente trabajo se considerará un único valor de P_{ci} de 2.200 kcal/kg tanto para los residuos de campo de eucalipto y pino como para todos los residuos de aserradero.

La densidad para residuos de campo, en cambio, se determinó por la especie “insignia” de cada objetivo de producción, empleando el peso específico de la misma con un contenido de humedad de 40%. Para la madera para pulpa de eucalipto se tomó como base la especie *Eucalyptus globulus*, cuyo peso específico es de 952 kg/m³. Para el caso de la madera de eucalipto para aserrío se tomó como base el peso específico de la especie *Eucalyptus grandis*, que presenta un peso específico de 718 kg/m³ mientras que para madera de pino, con ambos objetivos de producción, se tomó como base el peso específico del *Pinus taeda*, que alcanza 635 kg/m³. Por último, para el caso de residuos de aserradero se empleó un valor de 450kg/m³.

Se consideró residuo o subproducto forestal para el presente relevamiento todo aquello que para cada objetivo de producción (madera de calidad para aserrío, pulpa para celulosa, leña, etc.) sea desestimado para su comercialización permaneciendo en campo y los residuos producidos en los aserraderos.

Para la determinación del potencial que posee este sector en cuanto a la producción de residuos de biomásicos se tomaron las siguientes acciones:

II.1. Residuos en campo

Se obtuvieron datos de producción de madera en campo para los dos usos principales, pulpa y aserrío, proyectados a partir del año 2008 en base a la superficie plantada y proyectada de plantación. Para ello se utilizaron los datos proporcionados por la Dirección General Forestal y las declaraciones presentadas respecto a proyecciones hasta el año 2020.

En base a estos datos se hicieron proyecciones de residuos forestales.

Para determinar la madera generada en campo, y más específicamente en el caso de los bosques de *Eucalyptus spp.*, se utilizó las ecuaciones elaboradas por Balboa *et al.* (2003) citado por Sans *et al.* (2007) para *Eucalyptus globulus*, que se presentan a continuación:

Tabla N°1: Ecuaciones para cálculo del peso de las fracciones de *Eucalyptus spp.* según Balboa *et al.* (2003).

Fracción	Ecuación	R ²
Madera	$W = 0,0062 * d^{2,35} * h^{1,001}$	0,97
Corteza	$W = 0,0093 * d^{2,46}$	0,71
Ramas gruesas	$W = 0,0076 * d^{3,39} * G^{-0,83}$	0,70
Ramas finas	$W = 0,0264 * d^{2,63} * G^{-0,81}$	0,85
Ramitas	$W = 0,0451 * d^{3,08} * G^{-1,59}$	0,76
Hojas	$W = 0,0043 * d^{3,69} * G^{-1,22}$	0,75

Donde:

W= Peso de la fracción

d= Diámetro

h= Altura

G= Área basal

Considerando un “árbol tipo” para la industria de aserrío de 30cm de diámetro, 30m de altura total y un área basal por hectárea de 30m², se obtiene:

Tabla N°2: Peso de las fracciones de *Eucalyptus spp.* para aserrío

Elementos	Peso (kg)	Porcentaje
Madera	552,36	81,53%
Corteza	40,01	5,91%
Ramas gruesas	45,95	6,78%
Ramas finas	12,88	1,90%
Ramitas	7,16	1,06%
Hojas	19,14	2,83%
Totales	c/corteza	s/corteza
Res. Aserrío	14,59%	8,68%

Si llevamos a cabo los mismos cálculos para la industria de pulpa de celulosa, el “árbol tipo” está conformado por 20cm de diámetro, una altura de 20m y 20 m² de área basal por hectárea. En ese caso, los resultados que se obtienen son:

Tabla N°3: Peso de las fracciones de *Eucalyptus globulus*, para pulpa

Elementos	Peso (kg)	Porcentaje
Madera	141,95	74,68%
Corteza	14,76	7,76%
Ramas gruesas	16,27	8,56%
Ramas finas	6,16	3,24%
Ramitas	3,91	2,06%
Hojas	7,03	3,70%
Totales	c/corteza	s/corteza
Res. Pulpa	19,56%	11,80%

En el caso del pino también se utilizaron las ecuaciones elaboradas por Balboa *et al.* (2003) citado por Sans *et al.* (2007), en este caso para *Pinus pinaster*, que se presentan a continuación:

Tabla N°4: Ecuaciones para cálculo del peso de las fracciones de *Pinus pinaster*, según Balboa *et al.* (2003).

Fracción	Ecuación	R ²
Madera	$W = 0,00258399 \cdot d^{1,734} \cdot h^{1,851}$	0,88
Corteza	$W = 0,00792497 \cdot d^{2,098} \cdot h^{0,446}$	0,92
Ramas gruesas	$W = 0,002399 \cdot d^2 \cdot h$	0,74
Ramas finas	$W = 0,040929 \cdot d^{2,766} \cdot h^{-1,236}$	0,77
Ramitas	$W = 0,00219693 \cdot d^{2,116}$	0,51
Hojas	$W = 0,00501024 \cdot d^{2,383}$	0,81

Donde:

W= Peso de la fracción

d= Diámetro

h= Altura

Nuevamente, considerando un “árbol tipo” para la industria de aserrío de 30cm de diámetro, 30m de altura total, se obtiene:

Tabla N°5: Peso de las fracciones de *Pinus spp.* para aserrío

Elementos	Peso (kg)	Porcentaje
Madera	510,24	79%
Corteza	45,37	7%
Ramas gruesas	64,77	10%
Ramas finas	7,45	1%
Ramitas	2,93	0%
Hojas	16,59	3%
Totales	c/corteza	s/corteza
Res. Aserrío	18,17%	11,16%

Si llevamos a cabo los mismos cálculos para la industria de pulpa de celulosa y su “árbol tipo” de 20cm de diámetro, una altura de 20m, los resultados que se obtienen son:

Tabla N°6: Peso de las fracciones de *Pinus spp.* para pulpa

Elementos	Peso (kg)	Porcentaje
Madera	119,26	72%
Corteza	16,17	10%
Ramas gruesas	19,19	12%
Ramas finas	4,01	2%
Ramitas	1,24	1%
Hojas	6,31	4%
Totales	c/corteza	s/corteza
Res. Pulpa	23,69%	13,96%

En virtud de (i) lo establecido por varias publicaciones, como ser Balboa et al. (2003) donde se exponen cifras de fertilizantes necesarias para reponer al suelo lo extraído en caso de que la corteza se remueva del campo, y (ii) de lo surgido en las entrevistas con expertos válidos en el sector forestal uruguayo, que mencionan que la certificación FSC es potencialmente contraria a la extracción de corteza debido al posible pasivo ambiental ligado a la extracción de nutrientes de los suelos, y que por ende las empresas que estén buscando obtener o mantener su estatus FSC desaconsejarían tal práctica, se decidió utilizar los valores porcentuales sin incluir la corteza.

En base a lo mencionado precedentemente y a la superficie plantada y a plantar, los residuos forestales generados en el campo a nivel nacional se detallan en las Tablas N° 7 y 8.

Tabla N°7: Totales nacionales de residuos forestales generados en campo proveniente de plantaciones para aserrío en m³

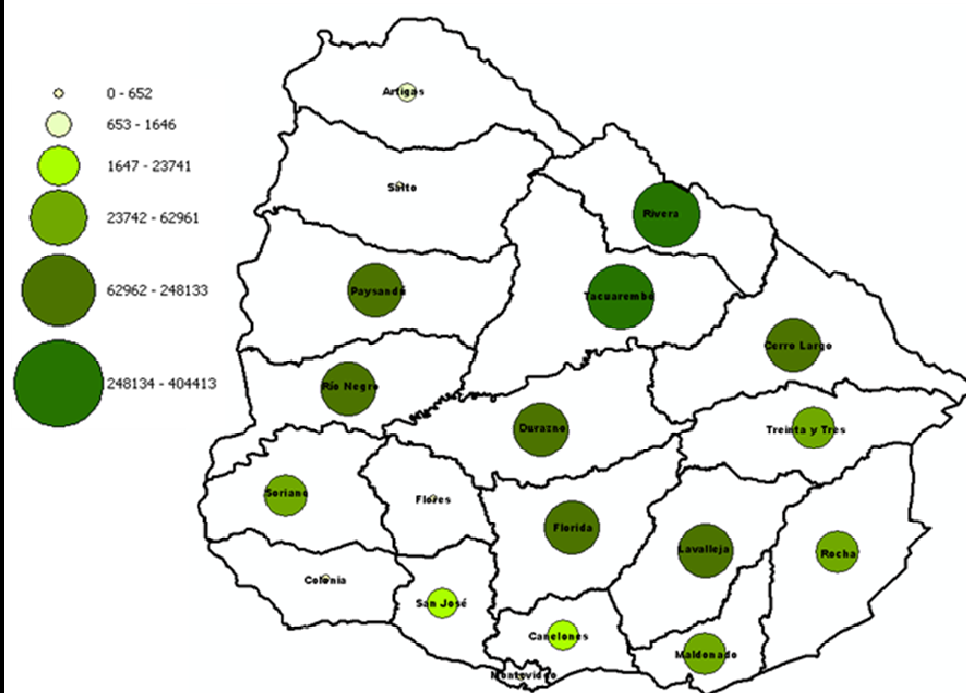
Año	Total Pino	Total Eucalyptus	Total General
2008	299.272	172.886	472.158
2009	267.311	136.597	403.908
2010	226.514	140.337	366.851
2011	376.048	135.139	511.187
2012	280.252	108.141	388.394
2013	219.023	161.440	380.464
2014	172.704	130.971	303.675
2015	155.172	194.121	349.293
2016	214.030	164.077	378.107
2017	182.763	229.034	411.798
2018	202.517	139.433	341.949
2019	208.085	74.147	282.231
2020	232.288	84.673	316.961

Tabla N°8: Totales nacionales de residuos forestales generados en campo proveniente de plantaciones para pulpa en m³

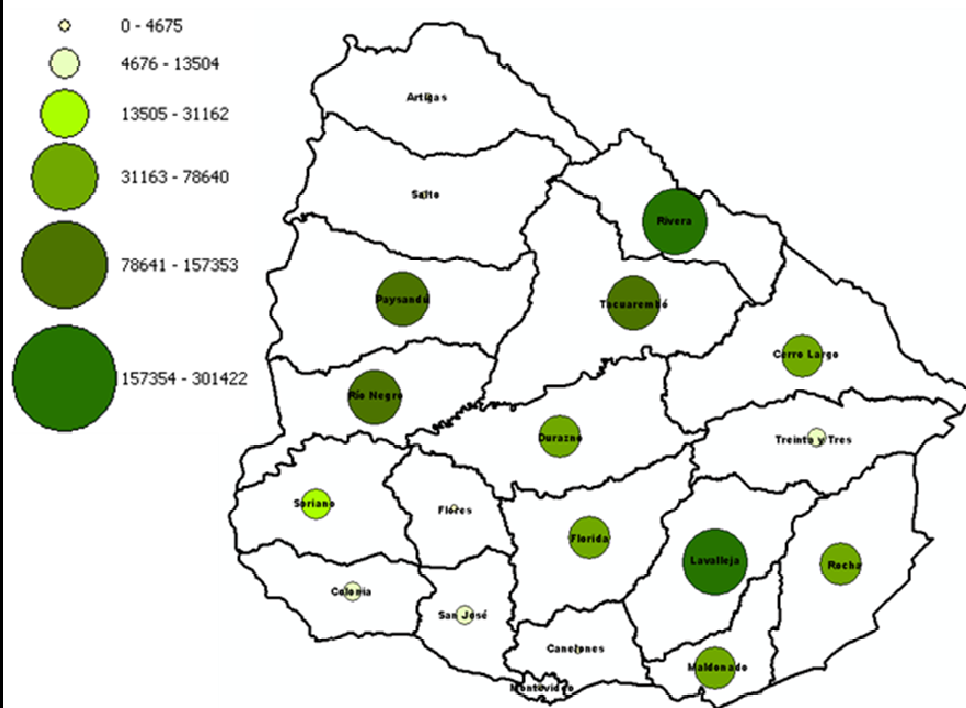
Año	Total Pino	Total Eucalyptus	Total General
2008	196.668	922.717	1.119.385
2009	193.251	766.738	959.988
2010	172.424	663.090	835.514
2011	233.012	759.362	992.374
2012	200.726	618.967	819.693
2013	233.769	742.818	976.587
2014	219.221	773.068	992.289
2015	178.443	1.084.726	1.263.169
2016	227.852	1.107.483	1.335.336
2017	165.852	1.298.085	1.463.938
2018	131.943	1.222.346	1.354.289
2019	115.038	845.740	960.778
2020	118.179	710.008	828.187

En base a los datos obtenidos se elaboraron representaciones gráficas para localizar los volúmenes de residuos forestales de cosecha por departamento, para el año 2008 y 2020, respectivamente (Cuadros N° 1 y 2).

Cuadro N°1: Existencias de residuos de campo por departamento a nivel nacional en m³ para el año 2008



Cuadro N°2: Existencias de residuos de campo por departamento a nivel nacional en m³ para el año 2020



A partir de los datos de residuos forestales obtenidos se elaboraron tablas resumen de las posibilidades de producción de energía eléctrica en base a los residuos de campo. Al realizar los cálculos se ha tomado en cuenta que los volúmenes de residuos de campo representan una cifra de tonelaje sensiblemente menor, debido a que el residuo pierde humedad desde que es cortado hasta que es llevado a la planta de generación de energía. Los valores de kg/m³ de residuo por especie y objetivo de producción ya han sido expuestos.

Tabla N°9: Máxima Potencia Nacional posible de ser generada (en MW) en base a residuos provenientes de plantaciones para aserrío

Año	Total Pino	Total Eucalyptus	Total General
2008	17	11	28
2009	15	9	24
2010	13	9	22
2011	21	9	30
2012	16	7	23
2013	12	10	23
2014	10	8	18
2015	9	12	21
2016	12	11	23
2017	10	15	25
2018	11	9	20
2019	12	5	17
2020	13	5	19

Tabla N°10: Máxima Potencia Nacional posible de ser generada (en MW) en base a residuos provenientes de plantaciones para pulpa

Año	Total Pino	Total Eucalyptus	Total General
2008	11	78	89
2009	11	65	76
2010	10	56	66
2011	13	64	78
2012	11	53	64
2013	13	63	76
2014	12	66	78
2015	10	92	102
2016	13	94	107
2017	9	110	120
2018	7	104	111
2019	7	72	78
2020	7	60	67

En base a la información producida, dirigida a estimar la capacidad sustentable en base a residuos de cosechas forestales a nivel nacional se pudieron identificar departamentos que pudieran conformar “polos” con potencial para albergar proyectos para generación energética a base de residuos forestales de campo como ser la situación de Tacuarembó y Rivera, Paysandú y Río Negro y Lavalleja y, en menor escala, Durazno y Florida.

II.2. Residuos de aserraderos

Los residuos provenientes de la industria del aserrío que pueden ser considerados son el aserrín, despuntes, costaneros, etc. La proporción de los residuos generados por m³ de madera procesada en aserradero se definió en 50% basado en lo obtenido en entrevistas con interlocutores válidos del sector forestal y lo encontrado en las fuentes bibliográficas consultadas.

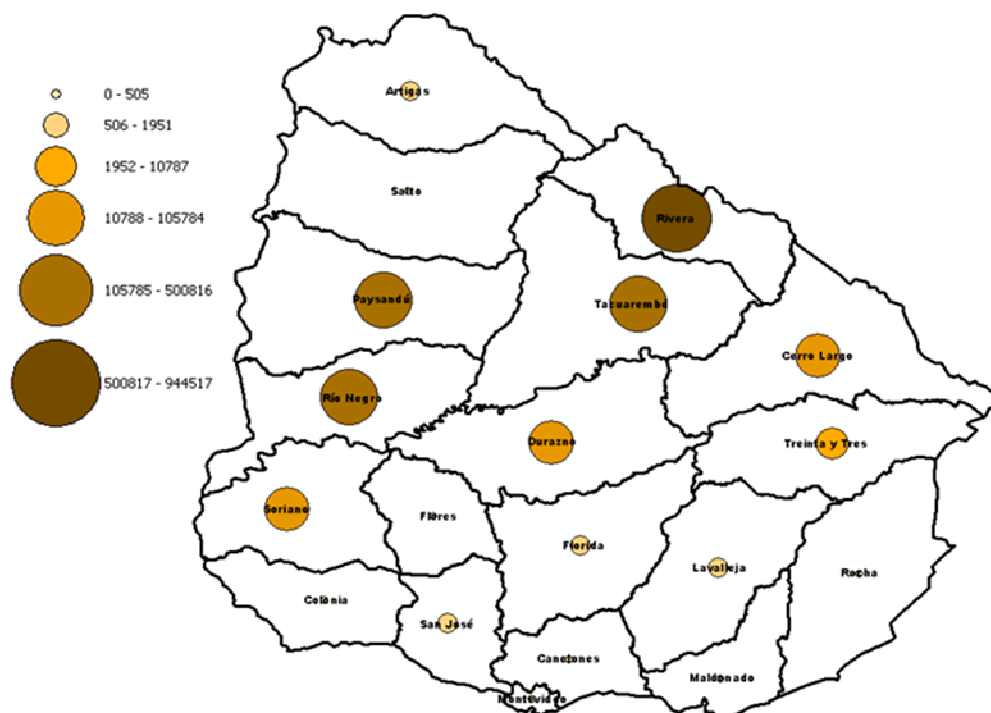
A partir de (i) la información obtenida en la Dirección General Forestal mencionada precedentemente, (ii) de los análisis realizados en el punto II.1. para determinar la cantidad de madera que se generaría a partir de la plantaciones existentes y/o a plantar para cada segmento (aserrío y pulpa), y (iii) el porcentaje de residuos generado dentro de los aserraderos, se elaboraron tablas de producción de residuos por año prever la existencia de este recurso en los años venideros para la generación de energía eléctrica.

Tabla N°11: Totales anuales nacionales de residuos (m³) de residuos potenciales en base a las plantaciones establecidas para aserrío

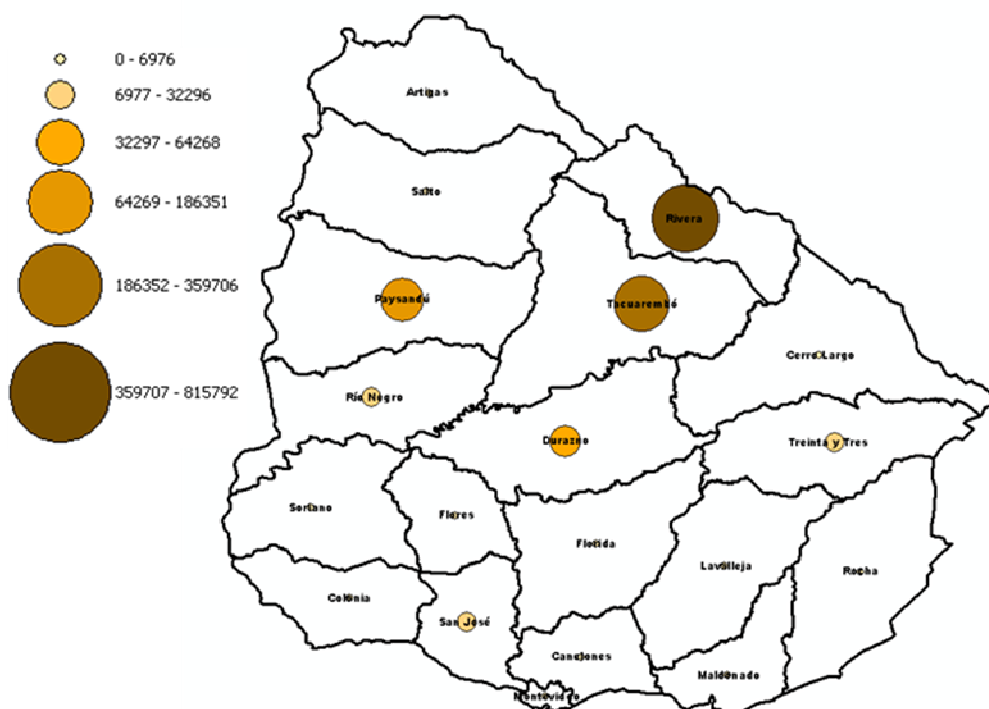
Año	Total Nacional
2008	2.336.711
2009	1.984.481
2010	1.823.241
2011	2.463.254
2012	1.878.545
2013	1.911.243
2014	1.528.206
2015	1.813.424
2016	1.904.061
2017	2.138.154
2018	1.710.516
2019	1.359.391
2020	1.528.463

En base a los datos obtenidos se elaboraron representaciones gráficas para localizar los volúmenes de residuos provenientes de aserraderos por departamento, para el año 2008 y 2020, respectivamente (Cuadros N°3 y 4).

Cuadro N°3: Existencias de residuos de aserradero por departamento a nivel nacional en m³ para el año 2008



Cuadro N°4: Existencias de residuos de aserradero por departamento a nivel nacional en m³ para el año 2020



Los datos aquí mostrados, reflejan un potencial importante en cuanto a generación de residuos de biomasa de aserraderos a nivel nacional. Se destaca el potencial (MW) que serían capaces de proveer los departamentos de Rivera, Tacuarembó, Paysandú y Durazno, siendo llamativos los casos de Río Negro y Cerro Largo, cuya producción bajaría marcadamente en virtud de la baja superficie proyectada a plantarse con fines de aserrío en esos departamentos durante el período en cuestión.

Sin perjuicio de ello, considerando la capacidad real de los aserraderos a nivel nacional las conclusiones que obtenemos son distintas. A grandes rasgos, en el Uruguay existe actualmente un parque industrial de aserraderos capaz de procesar hasta un máximo de 1.875.000 m³ de madera al año. A pesar que la eficiencia de un aserrado es variable entre grandes y pequeños, se puede establecer un rendimiento promedio del 45% por metro cúbico ingresado. Con dicha hipótesis, se puede estimar que anualmente se producen cerca de 1.031.250 m³ de residuos por año.

Como puede observarse, existe una diferencia importante entre el volumen de madera que se habría disponible por año y la capacidad real del parque industrial de aserraderos. De dicho análisis se obtiene que la capacidad instalada representa un 40% y 65% de lo disponible en el 2008 y 2020, respectivamente.

Considerando que 1 m³ de residuo de aserradero tiene un peso de 0,45 ton (ver Punto II), se obtiene que a nivel nacional se cuenta con 464.063 ton/año de residuos. Si tomamos 2.200 Kcal/Kg como valor promedio de poder calorífico de los residuos de aserradero, la energía eléctrica instalada potencial a nivel nacional en base a estos residuos rondaría los 40 MW. Como se verá en la próxima sección, gran parte de este volumen disponible para generación de energía ya estaría comprometido en distintos proyectos.

II.3. Resumen de residuos Forestales

Hechas las consideraciones y los ajustes pertinentes para cada departamento en base a estas con respecto a los residuos de aserradero, se elaboró la Tabla N°15. Ésta es un resumen por departamento y total de la Potencial Nacional, hecha en virtud de que la tecnología empleada para la generación de energía eléctrica por medio de incineración de residuos forestales de campo y de aserradero es la misma.

Tabla N°12: Máxima Potencia Departamental posible de ser generada (en MW) en base a residuos forestales en general

Departamento	2008	2020	Comercial*	Porcentaje
Artigas	0	0	0	0%
Canelones	0	0	0	0%
Cerro Largo	10	3	3	3%
Colonia	0	1	0	0%
Durazno	9	5	5	5%
Flores	0	0	0	0%
Florida	7	5	5	4%
Lavalleja	11	15	11	9%
Maldonado	2	4	2	2%
Montevideo	0	0	0	0%
Paysandú	21	14	14	12%
Río Negro	19	10	10	8%
Rivera	39	39	39	35%
Rocha	4	5	4	3%
Salto	0	0	0	0%
San José	0	1	0	0%
Soriano	4	3	3	2%
Tacuarembó	25	18	18	16%
Treinta y Tres	2	2	2	1%
Total	154	125	117	100%

*La Potencia denominada "Comercial" es el valor más bajo de ambos valores (2008 y 2020), de modo de sólo contabilizar en base a los volúmenes que se puedan asegurar.

Si sólo se toman en cuenta los departamentos con capacidad de producir al menos 1MW y el menor de los valores para el período 2008-2020 se llega a un valor de 117 MW a nivel nacional, confirmando la preponderancia de Rivera, Tacuarembó y Paysandú como productores potenciales de energía en base a residuos forestales. En cuanto al peso de cada uno de los tipos de residuo dentro de la posible futura participación de la matriz energética, si tomamos la columna de valores mínimos asegurables por departamento para el período estudiado, los residuos de campo serían capaces de generar 78 MW a nivel nacional, mientras que los aserraderos hubieran podido generar 38 MW aproximadamente. De esto se desprende que los residuos de campo habrían, en este caso hipotético, producido 66,7% de la energía proveniente de los residuos forestales de campo, mientras que los residuos de aserraderos habrían producido un 33,3%. Esto de todas formas debe tomarse desde el punto de vista potencial, ya que los proyectos que están más avanzados, y algunos incluso por empezar a funcionar, son aquellos basados en biomasa de

aserraderos. En el futuro es probable, y deseable, que la participación de ambos sectores potencialmente pueda llegar a ser en partes relativamente iguales.

Los proyectos de biomasa y la disponibilidad real de residuos

En cuanto a la disponibilidad de residuos y su empleo para proyectos de generación de energía eléctrica en base a biomasa, la situación en Uruguay muestra que los residuos forestales no solo han sido considerados por el sector privado con esta finalidad, sino que este interés se ha ido plasmando en proyectos presentados e incluso, algunos de ellos, ya aprobados y en fase final de construcción que estarían funcionando en los primeros meses del año 2010. La característica principal que presentan estos proyectos es que están principalmente relacionados con grandes aserraderos que han encontrado en la apertura del mercado energético interno una oportunidad para solucionar un problema logístico complejo como lo es la disposición de los desechos generados en el proceso de aserrado de la madera.

Al menos cinco (5) aserraderos han manifestado su intención de crear proyectos de generación a partir de biomasa propios (Weyerhaeuser, Urufor, Fymnsa, Caja Bancaria y Agüia), estando dos (2) de ellos (Weyerhaeuser y Urufor) cerca de inaugurar las instalaciones de dichos proyectos durante el año 2010. Los restantes tienen serias intenciones de hacer lo propio entre el año 2011 y 2012. Otros emprendimientos también se basarían en biomasa proveniente de aserraderos, más el proyecto sería llevado a cabo por un tercero, como o es el caso de Liderdat (Azucarlito) que usará residuos de aserraderos de los alrededores (Paysandú) para generar energía. En el caso de Tacuarembó-Fenirol S.A. el 70% de la energía generada por el emprendimiento se producirá en base a un 80% de los residuos empleados por este proyecto que serán residuos forestales provenientes de una planta de debobinado de rollizos.

Si hacemos un resumen de los proyectos de público conocimiento a nivel nacional de producción de energía eléctrica a partir de biomasa de aserraderos podemos ver que el potencial en base a residuos de aserradero estaría, ya a esta altura, bastante comprometido. En la Tabla N°16 se puede observar el detalle de los proyectos separándolos bajo tres categorías; “contratado”, o sea aquellos que ya habrían firmado contrato de suministro con UTE, por lo que su

utilización de la biomasa para este fin estaría asegurada, “adjudicado”, o aquellos que si bien no han firmado contrato ya han sido reconocidos por el Estado Uruguayo, autorizándolos a generar energía eléctrica, y por último “intención” que son aquellos que han manifestado la intención de realizar un proyecto de generación de energía en base a biomasa.

Tabla N°13: Potencia Instalada por proyecto de generación de energía en base a biomasa forestal a nivel nacional (en MW)

Emprendimiento	Estado			
	Localización	Instalado	Adjudicado	Intención
Proyecto Biomasa				
Caja Bancaria	Paysandú			3
Agua	Paysandú		2,5	
Liderdat	Paysandú			5
Ponlar	Rivera		5	
Bioener	Rivera	12		
Weyerhaeuser	Tacuarembó	12		
Fenirol	Tacuarembó	7		
Totales		31	7,5	8

Del total de los MW aquí mencionados la sumatoria de las columnas “contratado” y “adjudicado” son aquellos que deberán ser sustraídos al total de energía producida en base a residuos forestales.

En entrevistas realizadas con los responsables de los proyectos aquí mencionados se pudo saber que dos de ellos consideran el uso de residuos forestales de campo, de coníferas más particularmente, lo que reduciría la presión sobre los residuos de aserraderos para la generación de energía. Sin embargo, lo que queda claro es que los residuos de aserraderos dependen obviamente de la capacidad de procesamiento de madera de los mismos y las decisiones de uso que cada aserradero haga de dichos residuos. En virtud de los proyectos presentados se puede inferir que no existiría casi remanente de residuos en base al cual proyectar nuevos emprendimientos de generación de energía de gran porte en base a biomasa de aserraderos. Es mucho más probable en cambio, que de concretarse los proyectos ya conocidos, estos vayan absorbiendo el volumen excedente.

Con respecto a los residuos forestales generados en campo, el volumen estimado de éstos por hectárea se ha reducido ostensiblemente en base a diferentes situaciones. Por un lado se encuentran los cambios en forma de cosecha a su vez relacionados con la reducción de los diámetros aceptados por la industria de la pulpa de celulosa, lo que deja menor cantidad de residuos por hectárea en campo. Por otro lado está el hecho de que la estimación global de residuos de campo hecha con anterioridad, que generalmente rondó el 15%

se ha visto reducida una vez que se consideran las diferentes fracciones del árbol y se descarta el uso de la corteza en base a aspectos medioambientales que día a día van, e irán tomando cada vez más fuerza dentro del sector forestal. Ello se debe a que es lógico pensar que el sector forestal uruguayo y sus productos se irán abriendo paso, cada vez más, a los mercados internacionales, con lo cual consideraciones de tipo medioambiental tendrán que ser observadas cada vez con mayor detenimiento. Una de ellas, y de las más básicas, consiste en exigir a los productores la permanencia de la corteza en el terreno cosechado debido a la alta cantidad de nutrientes contenidos en ella, que justamente por estar contenidos en esta fracción del árbol son de “liberación lenta” a los suelos, lo que evita en gran medida de que se pierdan por lixiviación, como es el caso de los nutrientes liberados por medio de la quema. Además la corteza juega un papel en la protección física de los suelos, lo que conjuntamente con lo anteriormente expuesto, genera la necesidad de realizar una análisis y justificación profundos que pruebe la viabilidad ambiental y económica de retirar corteza del campo, probando que ello no implicaría incurrir en gastos futuros.

Lo expuesto ha reducido la expectativa de encontrar grandes volúmenes de residuos forestales, lo cual ha sido además refrendado por la información obtenida en entrevistas con referentes válidos del sector forestal. Éstos se han mostrado escépticos acerca de las posibilidades reales de realizar la recolección de residuos forestales para generación de energía. Las limitaciones principales mencionadas para respaldar estas afirmaciones están relacionadas con el reducido tonelaje de residuos forestales encontrado por hectárea en campo y la relación ingresos obtenidos de la venta de energía a UTE vs. costos implícitos en realizar la recolección de dichos residuos. En casos puntuales, algunos entrevistados manifestaron haber realizado ensayos con métodos de recolección que empleaban herramientas simples de manera de reducir los costos al máximo y que, aún así, la relación ingreso/costo impidiera realizar dicha tarea a grandes distancias de la eventual planta de generación eléctrica, debido al alto costo relativo del transporte. En virtud de la situación descrita, al menos en dos entrevistas, los referentes consultados manifestaron haber analizado las posibilidades de modificar sus planes de manejo de plantaciones para generar masa forestal en los primeros años del ciclo. La idea sería simplificar la recolección de la masa forestal con fines energéticos al cosechar filas de plantación completas exclusivamente para la generación de energía y realizar así plantaciones de doble propósito; madera para pulpa en la cosecha final y cosechas intermedias para energía.

III. Residuos Agrícolas

Se considera residuo o subproducto para el presente relevamiento todo aquello que para cada rubro agrícola sea separado del producto principal, ya sea que permanezca en el campo o que deba ser dispuesto como residuo y/o sea desestimado para su comercialización una vez que en la planta se lleve a cabo el procesamiento del producto.

III.1. Consideraciones preliminares

Tal como lo señalan las pautas metodológicas del trabajo para la medición del potencial de residuos disponibles, se recurrió a las fuentes de información especializadas en el sector agrícola de MGAP.

Se mantuvieron entrevistas con técnicos de las reparticiones de Estadísticas Agropecuaria (DIEA) y de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA): Ing. Agr. José María Ferrari en DIEA, e Ing. Agr. Gonzalo Souto en OPYPA.

En referencia al relevamiento de las producciones de granos de los cultivos tanto de invierno como de verano, ambos profesionales expresaron la misma dificultad para establecer una localización geográfica de las producciones que se publican por DIEA.

El obstáculo radica en que la información anual se genera en base a una información de encuesta de muestra estratificada que no permite volcar con confiabilidad los resultados a áreas geográficas determinadas, ya sean departamentales y menos aún por sección judicial.

Esta información es obtenida por censo agropecuario cada diez años, siendo la última publicada del año 2000 y la próxima a realizarse el año 2010.

Ello brinda un mapa general de los cultivos mostrando una cierta distribución que, como se verá más adelante, ha sufrido ciertas modificaciones en los últimos años.

Frente a las dificultades indicadas arriba y en atención a relevar producción del cultivo de que se trate vinculada a la ubicación geográfica se buscó una perspectiva del sector industrial que procesa cada uno de los cultivos.

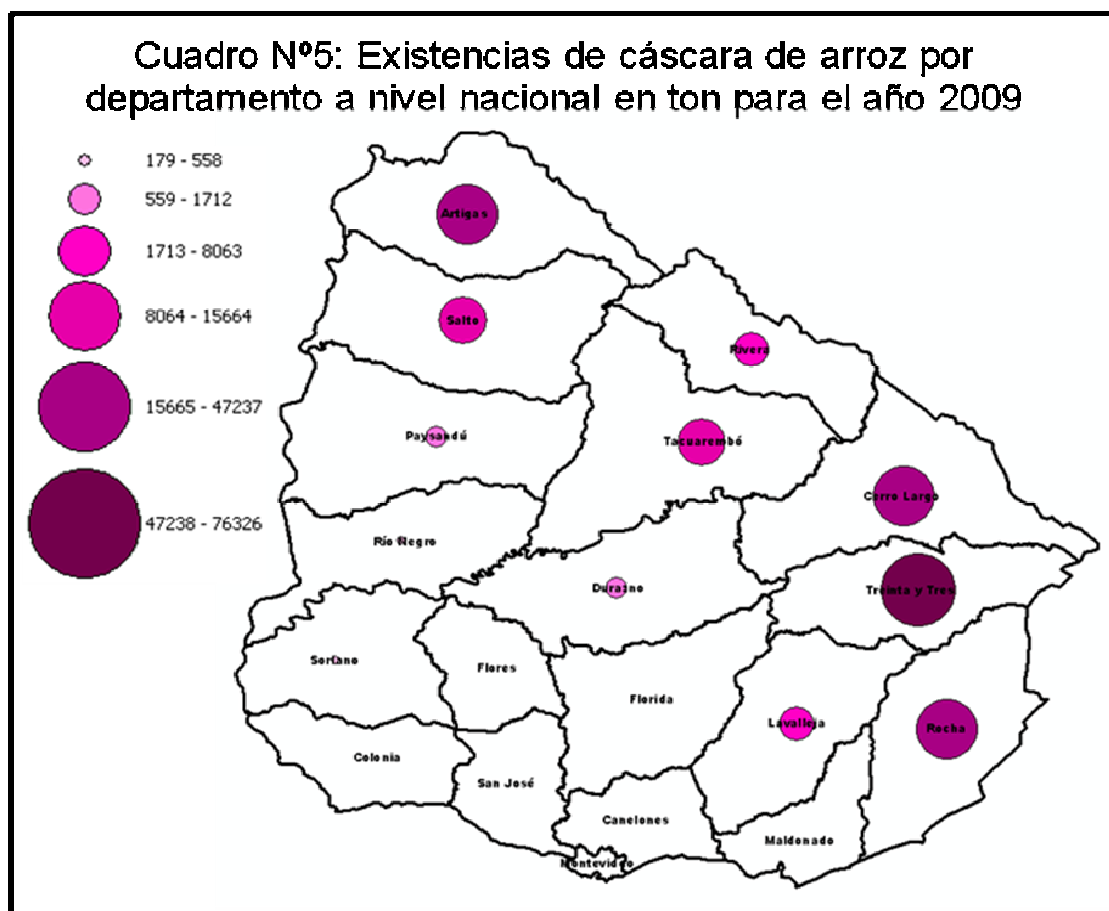
Ello suma la ventaja de que la generación de desperdicios o subproductos utilizables para uso energético está ligado a la generación de material que no debe permanecer en el campo y que se genera en algún proceso, tanto de acopio como de industrialización.

III.2. La Cáscara de Arroz

Este residuo es de naturaleza agroindustrial, pero por su relevancia en virtud de la disponibilidad del recurso para uso como combustible y de que la información relevada en el sector agrícola se centra de manera notoria en el uso de la cáscara de arroz como combustible y de las posibilidades que ofrece para la producción de energía, se incluye, al igual que los residuos de aserraderos en la sección correspondiente a los productos forestales, en esta sección reservada a los productos agrícolas.

Otros factores que se suman al momento de considerar el uso de este residuo son:

- 1) El volumen de la cáscara representa un 20% de la producción del grano
- 2) La reducción del impacto ambiental negativo que implica su quema
- 3) La relativa concentración geográfica que se visualiza más adelante - en este cultivo con los datos localizados por departamento.
- 4) Un comprobado y medido poder calorífico superior de 3.300 kcal/kg (13.814 kJ/kg) según estudio del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial de la Facultad de Ingeniería (1998)
- 5) La existencia de tecnología desarrollada localmente para la combustión de dicho recurso.



En base a los datos de producción de arroz para la zafra 2008-2009, según los registros oficiales, se llegaron a producir 1.287.200 toneladas de arroz (información obtenida de la Asociación de Cultivadores de Arroz del Uruguay). Sin embargo en los pasados 15 años, la producción de arroz en el Uruguay ha tenido fluctuaciones de casi 30% interanual, pero manteniéndose siempre por encima de las 900.000 toneladas y teniendo valor máximo anual de 1.328.200 toneladas para la zafra 98/99. En cuanto a los valores estimados de producción de arroz, y en definitiva del residuo que interesa, la cáscara de arroz, ninguno de los profesionales consultados se atrevió a aventurar una proyección para el año 2025 por lo cambiante que se presenta el sector agropecuario en cuanto a superficie cubierta por cultivo. Igualmente, se puede establecer un valor base de 1.000.000 de toneladas anuales y en base a éste, planificar a futuro una estrategia de uso de la cáscara de arroz como combustible para la producción de energía eléctrica. Ello definiría una base de 200.000 toneladas de cáscara anuales, capaces de sustentar una potencia de 24,8 MW, valor sobre el cual sería sensato planificar.

En base ese tonelaje de cáscara de arroz y la superficie cultivada por departamento se elaboró la Tabla N°14 donde se estima la producción por departamento.

Tabla N°14: Máxima Potencia Departamental posible de ser generada (en MW) en base a cáscara de arroz.

Departamento	Superficie (ha)	Porcentaje	Arroz (ton)	Cáscara (ton)	Potencia (MW)
Artigas	28.688	17%	165.866	33.173	4
Cerro Largo	31.736	18%	183.489	36.698	5
Durazno	1.150	1%	6.649	1.330	0
Lavalleja	5.195	3%	30.036	6.007	1
Paysandú	869	1%	5.024	1.005	0
Rivera	5.417	3%	31.320	6.264	1
Rio Negro	120	0%	694	139	0
Rocha	29.436	17%	170.191	34.038	4
Salto	8.170	5%	47.237	9.447	1
Soriano	375	0%	2.168	434	0
Tacuarembó	10.524	6%	60.847	12.169	2
Treinta y Tres	51.279	30%	296.481	59.296	7
País	172.959	100%	1.000.000	200.000	25

En base a las proyecciones hechas, localizadas por departamento, y los proyectos presentados ante la DINAMA para el aprovechamiento de residuos de biomasa para la generación de energía eléctrica, se puede percibir que la buena parte de este residuo de cosecha agrícola se encuentra comprometido en estos emprendimientos.

La firma Galofer S.A, presento un proyecto para generación de energía eléctrica en base a biomasa que actualmente se encuentra en la categoría *“Proyecto presentado a la Autoridad Nacional Designada (MVOTMA), sin aprobación, en validación en el MDL”* (en <http://www.cambioclimatico.gub.uy>). Dicho emprendimiento proyecta la instalación de una planta de generación con cáscara de arroz ubicada en Villa Sara, km 283 de la Ruta 8, Departamento de Treinta y Tres. El consumo de dicha planta será de una 82.000 ton/año para una potencia de 10 MW de salida. Observando la Tabla N°11 se puede estimar que allí estaría comprometido todo el recurso de cáscara de arroz del Departamento de Treinta y Tres (59.296 ton/año) y buena parte del residuo producido en el Departamento de Cerro Largo (36.698 ton/año) y/o en los departamentos de Rocha (34.038 ton/año) y Lavalleja (6.007 ton/año).

A su vez, la firma Tacuarembó-Fenirol S.A. proyecta la instalación de una planta de generación de energía eléctrica en base a una mezcla de cáscara de arroz y chips de madera. En lo que respecta a la cáscara de arroz se proyecta que la caldera queme 25.000 toneladas anuales del residuo. El Departamento de Tacuarembó produciría unas 12.169 ton/año, por lo que las restantes 13.000 ton/año (aprox.) tendrían que obtenerse de lo presente entre el Departamento de Cerro Largo (36.698 ton/año), de donde el proyecto de Galofer S.A. probablemente tome también algún volumen, y lo existente en el Departamento de Rivera (6.264 ton/año).

Entre estos dos proyectos (Galofer S.A y Tacuarembó-Fenirol S.A.) consumirían 107.000 ton/año de cáscara de arroz, más del 50% de la producción nacional y se estarían abasteciendo de la producción de los departamentos de Rocha, Cerro Largo, Treinta y Tres, Lavalleja y Rivera. Estos departamentos en conjunto llegan a acumular una producción anual de 142.303 ton de cáscara de arroz, por lo que, en principio, habría un remanente algo superior a 35.300 ton/año de residuo, capaz de sostener una potencia máxima de unos 4 MW. Este “remanente” es más que probable que se incorpore a los proyectos mencionados, o que pase a formar parte de otro proyecto donde, como en el caso de Fenirol S.A., se proyecte la combustión de diferentes residuos para generar el calor necesario para la generación de energía eléctrica. Muy poco probable es que este volumen sea transportado hacia otra zona del país con estos fines.

De las 57.697 toneladas restantes de residuo producidas en el resto del país existen un solo punto donde hay una concentración tal como para poder plantear un proyecto de generación de energía a base de biomasa; la conjunción del Departamento de Artigas y Salto. Allí se produciría un volumen de residuos conjunto suficiente para sostener una potencia de 5 MW; unas 42.620 ton/año (33.173 y 9.447 ton/año, respectivamente).

III.3. El trigo

Este cultivo se analiza con sumo interés dado el volumen notoriamente creciente que puede observarse.

La primer observación a hacer es la importante generación de paja que se produce en la cosecha, Dicho volumen tiende a disminuir progresivamente con las mejoras tecnológicas que hacen la siega cada vez a mayor altura, o sea menor producción de paja. Los plantadores de trigo fundamentan la necesidad de conservar en el plantío ese material como forma de protección contra la erosión y para mantener el tenor de humedad del suelo. Por tanto la tecnología actual de cosecha no apunta a recoger este residuo.

De cualquier forma se entrevistaron productores que precisamente en esta última zafra optaron por recoger este subproducto y enfardarlo debido al riesgo de carencia de alimento animal. Ello produjo paja a razón de 1,2 ton por hectárea sembrada.

La tendencia reciente es de un aumento notorio de la superficie plantada. Colocándonos en una posición conservadora, la superficie media sembrada en los últimos 10 años es de 214.000 hectáreas al año. Ello representa 256.800 ton de paja generadas al año de acuerdo a la técnica actual.

Si se asume un dato bibliográfico a ser sometido a ensayos de $P_{ci}=3000$ kcal/kg, resulta una capacidad de generación de 28,96 MW en las condiciones de trabajo supuestas en este estudio.

Este valor presenta además de las debilidades del punto de vista agrícola y de su competencia para el uso de alimento animal, en caso ser recolectado, todas las dificultades de manipulación y acumulación. Se trata de un recurso de mucho volumen lo cual encarece su manipulación y acopio. La quema de este recurso que por sus características no es un contaminante ambiental, produciría en su utilización como energético emisiones que no genera en su uso tradicional,

No parece por tanto en las actuales condiciones un recurso eficiente para la generación energética.

Otra potencial fuente productora de residuos de biomasa se genera en el proceso de ensilado del grano. Como manera de darle un valor superior para la molienda grano se somete a un proceso de limpieza preliminar por cernido que genera, según dato de molinos harineros, del orden del 1% del peso total. No se conocen aplicaciones de ese material como combustible pero bien podría fijarse una línea de investigación al respecto. En cualquier caso estamos hablando de un material de muy pocas propiedades energéticas con un alto contenido de residuos no incinerables.

Es de señalar además que prácticamente toda la producción, es sometida a este proceso.

Aproximadamente dos tercios de la última cosecha tuvo por destino la exportación como grano sin pasar por proceso de molienda por tanto salvo la limpieza del grano la eventual producción de biomasa en la molienda se reduce drásticamente en la situación actual.

Las entrevistas realizadas con responsables técnicos de empresas molineras, no arrojan perspectivas de que los procesos subsiguientes a los que se somete el grano puedan dar productos de valor para el uso como combustible.

Todos los productos de molienda: harina, sémola, semolín, harinilla y los considerado subproductos (afrecho, afrechillo, y semitín) tienen destino alimenticio tanto humano como animal. (Información suministrada por el Dr. Alfredo Pisciotano, de Molino Santa Rosa)

III.4. La Cebada

De punto de vista agrícola pueden hacerse las mismas consideraciones que para el trigo. En este caso en poder calórico a considerar es 3220 kcal/kg, una superficie plantada media de 110.000 hectáreas anuales, que generan 132.000 ton anuales de residuo de campo. Ello redundaría en una potencial generación de 16 MW. Las mismas objeciones presentadas para el caso del trigo son válidas en este cultivo.

De acuerdo a información publicada por DINAMA sobre residuos industriales se extrajo la generación de Polvillo y Casullo que se genera en la prelimpieza del grano. Se toma para su evaluación un rendimiento de 70 % en peso de cebada malteada contra el grano utilizado y una generación de 8 Kg de residuo por Ton de cebada malteada. Para 310.000 toneladas de grano resulta una generación

de residuo de muy poco volumen (menor a las 2.000 ton/año) lo cual no justifica su uso como combustible para generación.

III.5. Girasol

La producción de girasol muestra un notorio descenso en los últimos años. En el último quinquenio la producción se redujo a un tercio pasando de las 150.000 toneladas en la zafra 2004/2005 a 50.600 en el 2008/2009.

Es un grano que genera una cáscara cuyo uso como combustible se ha experimentado en Uruguay, posee un bajo tenor de humedad y una granulometría apta para su consumo como combustible.

La información técnica recabada en publicaciones de la Asociación Argentina del Girasol (ASAGIR) indica que el contenido de cáscara de la semilla de girasol o pipa, se ha ido reduciendo con el tiempo por vía de la selección del grano. Actualmente es razonable considerar un peso de cáscara del 25% del peso del grano. En la hipótesis más optimista del quinquenio, la disponibilidad de cáscara sería de 37.500 ton/año. El poder calórico considerado será de 3600 Kcal/kg (INTA, Argentina).

Ello generaría una potencia eléctrica del orden de los 5 MW.

Esa situación no se corresponde con la realidad actual en cuyo caso la producción se reduce a un tercio lo cual no justificaría la generación.

La realidad actual indica que se consume como combustible combinado con el uso de la madera dado que la tecnología permite procesar ambos productos.

III.6. Soja

Es evidentemente un grano que registra un crecimiento muy fuerte. Ello se explica por las relativas ventajas comparativas que ofrece el Uruguay en comparación con Argentina.

En el supuesto que se mantuvieran dichas condiciones se analizó la viabilidad del uso de la cáscara de este grano con fines energéticos.

Ese subproducto se extrae en el laminado del grano para la producción de aceite. Hay que señalar entonces que la disponibilidad que se evalúa depende del procesamiento local del grano, cosa que no ocurre actualmente dado que hay un importantísimo destino de la producción que es el grano sin procesar.

En la hipótesis de que se industrializara y tomando también una producción optimista de 1.000.000 ton/año se calcula en función de datos publicados por el

Instituto de Ingeniería Rural de Argentina (INTA). De dicha publicación se deduce un valor del 6% de cáscara sobre el peso del grano o sean 60.000 ton/año. Naturalmente que el valor alcanzado (8 MW) es un valor teórico que no parece permitir su explotación dado que implicaría un tema de acopio muy importante sumado a la logística necesaria para recolectar la producción del parque industrial en caso que existiera. Es además un alimenticio animal considerado de utilidad.

IV. Residuos Sólidos Urbanos

El presente estudio considera residuo sólido urbano aquel generado por actividades propias realizadas en las viviendas o en cualquier establecimiento semejante a aquellas. Es decir que serán considerados los residuos sólidos domiciliarios y de pequeños generadores.

A efectos del presente estudio se estimaron las cantidades de residuos generados en las principales ciudades del país (mayores a 5.000 habitantes). Respecto a la tasa de generación de residuos sólidos urbanos per cápita (kg/hab/día) se utilizaron los datos obtenidos por el Plan Director de Residuos Sólidos Urbanos para Montevideo y su Área Metropolitana, teniendo en cuenta las diferencias en el nivel socio económico de las principales concentraciones poblacionales.

Dicha estimación de existencia de residuos se realizó considerando dos posibilidades: tasa de generación per cápita constante en el tiempo y tasa generación per cápita variable en el tiempo.

Por lo tanto se tienen 2 escenarios posibles:

- Tasa de generación de residuos constante en el período 2009 – 2025
- Tasa de generación de residuos variable en el período 2009 – 2025

Tablas Nº15 y 16. Generación de residuos urbanos a nivel nacional en toneladas por día, bajo el escenario de generación constante o variable.

Generación Constante			Generación Variable		
Departamento	ton/d 2009	ton/d 2025	Departamento	ton/d 2009	ton/d 2025
Artigas	34	33	Artigas	34	33
Canelones	231	294	Canelones	232	300
Cerro Largo	41	46	Cerro Largo	41	47
Colonia	54	56	Colonia	54	57
Durazno	26	30	Durazno	27	31
Flores	13	13	Flores	13	13
Florida	24	26	Florida	24	27
Lavalleja	27	29	Lavalleja	28	30
Maldonado	78	94	Maldonado	78	96
Montevideo	1.105	1.078	Montevideo	1.111	1.101
Paysandú	58	62	Paysandú	58	63
Rio negro	25	26	Rio negro	25	27
Rivera	50	56	Rivera	50	57
Rocha	31	30	Rocha	31	30
Salto	63	69	Salto	63	70
San José	46	58	San José	46	59
Soriano	37	43	Soriano	38	44
Tacuarembó	42	47	Tacuarembó	42	48
Treinta y tres	20	19	Treinta y tres	20	20
Total general	2.004	2.108	Total general	2.014	2.153

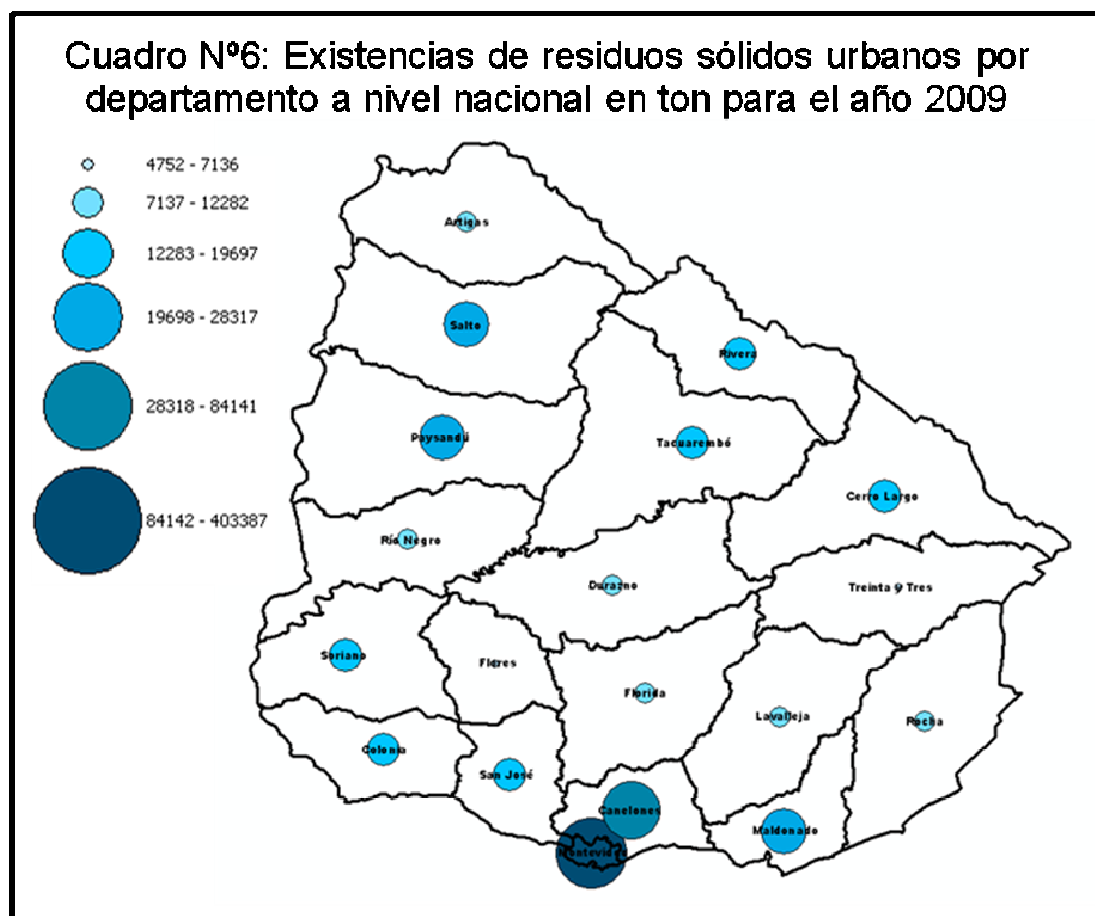
Para las proyecciones de generación, se utilizaron los datos del INE, Censo de Población del año 2004 junto con la metodología de proyección realizada por este mismo instituto.

En función de estos escenarios se elaboraron dos tablas, una por cada escenario, donde se incluyen el estimado de producción de residuos sólidos domiciliarios y de pequeños generadores para el presente año 2009 y la proyección de producción de toneladas de residuos por día para el año 2025, en toneladas por día a nivel departamental y nacional.

Como puede observarse en las Tablas Nº15 y 16, no existen diferencias significativas entre los resultados arrojados por las predicciones realizadas bajo los dos escenarios propuestos, por lo que de aquí en más para el relevamiento se tomó en cuenta la información surgida sólo bajo el escenario de generación constante.

En base a los datos obtenidos se elaboró una representación gráfica para localizar los volúmenes de residuos sólidos urbanos por departamento, para el año 2009 bajo el escenario de generación constante (Cuadro Nº6), en virtud de que no existen diferencias considerables entre los datos generados bajo los

escenarios de generación constante o variable, ni entre lo estimado a producirse en el año 2009 y 2025.



En base a estos datos y los valores energéticos promedio estimados para cada tipo de residuo (2030 kcal/kg RSU masa y 1530 kcal/kg RSU sin envases; referencia: planta en operación de TIRME, Mallorca 2009), y en base a la composición estándar de residuos domiciliarios, se calculó la generación diaria de energía equivalente de residuos en Giga calorías por día para el presente año 2009 y la proyección para el año 2025, diferenciándolas entre capacidad de generación energética con y sin envases incluidos entre los residuos. Esta diferenciación se realiza teniendo en cuenta la actual aplicación de la Ley de Envases y Residuos de Envases (Nº 17.849) y su decreto reglamentario (Nº 260/007) que establece la necesidad de contar con plan nacional coordinado de residuos de envases con especial énfasis en la inclusión social de clasificadores con fines de reciclaje.

Los resultados se muestran a continuación, en la Tabla N°17:

Tabla N°17: Generación de energía en base a residuos sólidos urbanos en Giga calorías (Gcal) por día asumiendo crecimiento de producción de residuos constante

Departamento	Gcal/d masa 2009	Gcal/d sin.env 2009	Gcal/d masa 2025	Gcal/d sin.env 2025
Artigas	68	49	66	40
Canelones	468	335	596	359
Cerro Largo	83	60	94	57
Colonia	110	78	113	68
Durazno	54	38	61	37
Flores	26	19	26	16
Florida	49	35	53	32
Lavalleja	56	40	59	35
Maldonado	157	113	191	115
Montevideo	2.243	1.606	2.189	1.320
Paysandú	118	84	125	75
Rio Negro	50	36	53	32
Rivera	101	72	114	69
Rocha	63	45	61	37
Salto	128	91	140	84
San José	93	67	118	71
Soriano	76	54	87	52
Tacuarembó	84	60	96	58
Treinta y Tres	40	28	39	23
Total general	4.068	2.913	4.280	3.374

En virtud de lo expuesto, la Máxima Potencia Departamental posible fue calculada en base a los datos generados suponiendo un crecimiento de la producción de residuos constante empleando la ecuación presentada en las *Consideraciones Técnicas* (I.2.). En la Tabla N°18 se presenta la Máxima Potencia Departamental posible para 2009 y 2025 con y sin envases.

Tabla N°18: Máxima Potencia Departamental posible de ser generada (en MW) en base a la incineración de residuos urbanos.

Departamento	Pot. Max. disponible (MW) año 2009	Pot. Max. disponible (MW) año 2009. Sin envases	Pot. Max. disponible (MW) año 2025	Pot. Max. disponible (MW) año 2025. Sin envases
Artigas	0,9	0,7	0,9	0,5
Canelones	6,4	4,6	8,2	4,9

Cerro largo	1,1	0,8	1,3	0,8
Colonia	1,5	1,1	1,6	0,9
Durazno	0,7	0,5	0,8	0,5
Flores	0,4	0,3	0,4	0,2
Florida	0,7	0,5	0,7	0,4
Lavalleja	0,8	0,5	0,8	0,5
Maldonado	2,2	1,5	2,6	1,6
Montevideo	30,8	22,1	30,0	18,1
Paysandú	1,6	1,2	1,7	1,0
Rio negro	0,7	0,5	0,7	0,4
Rivera	1,4	1,0	1,6	0,9
Rocha	0,9	0,6	0,8	0,5
Salto	1,8	1,3	1,9	1,2
San José	1,3	0,9	1,6	1,0
Soriano	1,0	0,7	1,2	0,7
Tacuarembó	1,2	0,8	1,3	0,8
Treinta y tres	0,5	0,4	0,5	0,3
Total general	55,8	40,0	58,8	35,4

Atento a que existen iniciativas oficiales orientadas al reciclaje de envases que es muy factible se concreten, se recomienda considerar para las conclusiones y/o políticas a definir este escenario.

Como se puede observar, la máxima potencia posible a ser generada por departamento es generalmente baja para sustentar una planta de generación energética de gran porte. Existe un número reducido de departamentos cuya producción de residuos podría llegar a generar 1 MW. Adicionalmente es sabido que en la mayoría de los departamentos la mayor parte de la población se concentra en la capital, en una realidad muy similar al panorama a nivel nacional. Existe entonces, dependiendo del departamento, una porción de los residuos departamentales desperdigados por el resto de la geografía del departamento que presenta una dificultad a la hora de analizar la posibilidad de concentrar los residuos para su uso como fuente de biomasa para energía. Montevideo y el departamento de Canelones son los únicos casos recomendables que a través de la cantidad de residuos producidos pudiera llegar a abastecer una planta de generación de energía en base a la incineración de residuos. Las cifras para Montevideo son sumamente interesantes y representan más de la mitad de la capacidad de producción de residuos sólidos a nivel nacional, mientras que Canelones presenta cifras que, en base a la dinámica poblacional del departamento, son junto con San José y Maldonado, los únicos cuya capacidad de producción crece en el período considerado, y por lejos, los más altos para todo el interior del país.

Si actuásemos con el mismo criterio que con los residuos forestales, desestimando los casos de los departamentos que no alcanzaren 1MW de

Máxima Potencia Departamental posible, el total nacional bajaría de 40 a 32 MW para 2009 y de 35 a 27 MW para el 2025, siempre descartando el uso de envases por las razones anteriormente mencionadas. Si sumamos entonces, sólo los valores de los departamentos donde se podría mantener una producción de 1MWh durante todo el período 2009-2025 se podría contar con los departamentos de Montevideo, Canelones, Maldonado, Paysandú y Salto, cuya potencia conjunta llegaría a 26MW.

Por último, es importante resaltar que si bien el cálculo de Máxima Potencia Departamental posible se llevó adelante en base a la ecuación presentada en las *Consideraciones Técnicas* (I.2.) es imperativo tener en cuenta el alto porcentaje de humedad presente en los residuos urbanos, que pueden tornar altamente ineficientes los sistemas de recuperación de energía en base a la incineración, quemando altos porcentajes de agua y que en definitiva podía afectar las cifras aquí presentadas. Por ello fueron utilizados los valores más bajos presentados por TIRME (2009). Asimismo, es necesario destacar la existencia potencial de recuperación energética en base a la recuperación del biogás proveniente de rellenos sanitarios, en particular para Montevideo que ha estudiado este potencial y firmado un acuerdo entre la Intendencia Departamental de Montevideo y el Banco Mundial para la venta de los Certificados de Emisiones Reducidas de Carbono por la captura del biogás.

V. Residuos Sólidos Agroindustriales

Luego de realizar una evaluación de la existencia de residuos agroindustriales y de la disponibilidad de los mismos para su utilización para la generación de energía se pudo concluir que de las industrias expuestas en el Informe Metodológico, sólo un número limitado de éstas representan per se opciones realmente viables para el objetivo del presente estudio.

V.1. Frigoríficos (Código CIU 1511)

La industria frigorífica no produce desechos de gran poder calórico, pero en base a su magnitud produce un volumen suficiente como para pensar en desarrollos a pequeña escala principalmente en Canelones y Montevideo donde se concentra más del 50% del volumen de residuos.

Tabla N° 19: Máxima Potencia Departamental posible de ser generada (en MW) en base a la incineración de residuos de frigorífico.

Departamento	Tipo de Residuo	
	Barros biológicos	Residuos de embalaje
Artigas	0,015	0,000
Canelones	1,994	0,055
Cerro Largo	0,350	0,010
Colonia	0,446	0,012
Durazno	0,080	0,002
Flores	0,000	0,000
Florida	0,030	0,001
Lavalleja	0,108	0,003
Maldonado	0,018	0,001
Montevideo	0,471	0,013
Paysandú	0,101	0,003
Rio Negro	0,000	0,000
Rivera	0,000	0,000
Rocha	0,000	0,000
Salto	0,233	0,006
San José	0,083	0,002
Soriano	0,016	0,000
Tacuarembó	0,357	0,010
Treinta y Tres	0,000	0,000
País	4,303	0,118
Destino final actual	Disp. Terreno	Relleno sanitario / Quema
Alternativas energéticas	Incineración	Incineración

V.2. Industria láctea (Código CIIU 1520)

Los residuos provenientes de la industria láctea considerados para la producción de energía consisten en los barros del tratamiento de efluentes y los residuos de embalaje. Los segundos fueron los que mayor tonelaje representan con cerca de 2500 toneladas por año prácticamente repartidos en los 19 departamentos. Aún así, si se lograra acumular este volumen en un único punto, la máxima potencia posible de ser generada en base a este volumen de residuos superaría apenas los 0,15 MW.

V.3. Vitivinícola (Código CIIU 1552)

Los residuos de la industria vitivinícola están divididos entre los que se producen en campo a raíz de las podas y limpiezas en la vid y los que se producen en bodega. En base a la información obtenida de superficie plantada por departamento (obtenida del Anuario 2009 de DIEA), los residuos provenientes de las podas y limpiezas por hectárea plantada y considerando un Pci de 2.000 kcal/kg, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla N° 20: Máxima Potencia Departamental posible de ser generada (en MW) en base a la incineración de residuos poda de la vid.

Departamento	Sup. plantada (ha)	Poda (ton)	Potencia (MW)
Artigas	141,00	423,00	0,03
Canelones	5.469,00	16.407,00	1,23
Colonia	678,00	2.034,00	0,15
Durazno	93,00	279,00	0,02
Florida	89,00	267,00	0,02
Lavalleja	22,00	66,00	0,00
Maldonado	39,00	117,00	0,01
Montevideo	1.158,00	3.474,00	0,26
Paysandú	199,00	597,00	0,04
Rivera	40,00	120,00	0,01
Rocha	8,00	24,00	0,00
Salto	63,00	189,00	0,01
San José	602,00	1.806,00	0,14
Soriano	9,00	27,00	0,00
Tacuarembó	36,00	108,00	0,01
Total Uruguay	8.646,00	25.938,00	1,95
MVD+Canelones	6.627,00	19.881,00	1,50

Se puede observar en la tabla que existe un porcentaje alto de la superficie plantada total del país que está concentrada en los departamentos de Canelones y Montevideo (77%).

Los residuos generados en bodega, que consisten de escobajos, borras y orujo, calculados en base a los datos de superficie plantada para el año 2009 y los kilogramos de residuo generados en bodega por hectárea, según el Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural de Tenerife (2006), permiten determinar que en Canelones y Montevideo se producirían residuos de bodega capaces de sostener una potencia máxima adicional de aproximadamente 1,0 MW, con lo cual el potencial total de residuos vitivinícola en estos dos departamentos superaría los 2,5 MW.

V.4. Chacinerías (Código CIIU 1511)

Los residuos incinerables generados por las chacinerías a nivel nacional, que consisten principalmente de barros del desengrasador y residuos de embalaje serían suficientes como para sostener una potencia instalada menor a 0,15 MW, principalmente entre Montevideo y Canelones.

V.5. Avícolas (Código CIIU 1511)

Dado que los restos de faena y las plumas son altamente comercializables para su uso posterior, al igual que las chacinerías, residuos producidos por las avícolas consisten principalmente de barros del desengrasador. Por ello, por sí solas, las avícolas no producen volumen suficiente de residuos como para sostener una planta de producción de energía.

V.6. Tabacaleras (Código CIIU 1600)

Los residuos incinerables generados por las tabacaleras a nivel nacional, que consisten en residuos de tabaco y restos de papel y acetato de celulosa no superan las 1000 toneladas por año, y serían capaces de sostener una potencia instalada de apenas 0,06 MW.

V.7. Cervecerías y Malterías (Código CIIU 1553)

En el caso de las cervecerías y malterías, a nivel nacional los residuos producidos, que consisten en polvillo y casullo, barros de la planta de tratamiento de efluentes, levaduras y residuos de embalaje, no llegan a completar 5000 toneladas por año de residuos altamente disímiles. En caso de que éstos pudiesen ser utilizados conjuntamente para generación de energía por incineración, la potencia instalada que podrían sostener no superaría los

0,3 MW. Cabe destacar que los residuos de embalaje son comercializados para reciclaje, aspecto que debe ser tomado en cuenta.

V.8. Curtiembres (Código CIU 1911)

Los residuos considerables para incineración producidos por las curtiembres a nivel nacional son residuos sin curtir, residuos curtidos y los barros del tratamiento de efluentes. Se producen también una cantidad de residuos de embalaje que superan apenas las 100 toneladas al año a nivel nacional, que es más razonable quizá incorporar a los residuos sólidos urbanos. Los residuos sin curtir a nivel nacional representan un volumen cercano a las 30.000 toneladas, capaces de sostener una potencia instalada de 1,3 MW, de las cuales más de 10.500 toneladas están concentradas en Montevideo y serían capaces de sostener 0,5 MW de potencia instalada.

V.9. Laneras (Código CIU 1713)

Los residuos producidos por la industria lanera a nivel nacional que pueden ser considerados para la producción de energía eléctrica por combustión no llegan a las 350 toneladas con lo cual la potencia instalada sostenible llegaría apenas a 0,02 MW.

V.10. Aceiteras (Código CIU 1514)

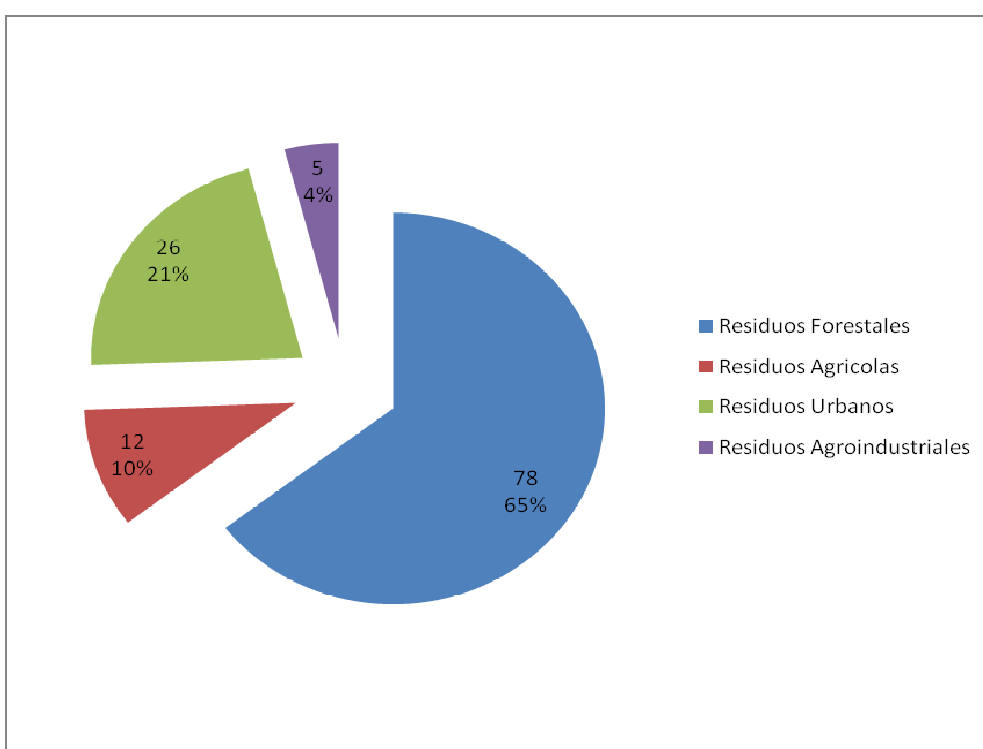
Los residuos de la industria aceitera, considerables para la generación de energía son los residuos de embalajes y barros provenientes del tratamiento de efluentes. Los primeros no llegan a 120 toneladas por año y los segundos apenas a 900 toneladas en el mismo espacio de tiempo. Prácticamente el 100% de los residuos son generados en Montevideo, lo que genera la posibilidad de que ambos sean incorporados a los residuos de otros sectores, dado que independientemente la potencia instalada que pudiera llegar a sostener no alcanzaría los 0,05 MW.

Para todos los casos, cabe señalar que la incineración de lodos de plantas de tratamientos presenta dificultades por los altos y distintos niveles de humedad, debiendo analizarse en otra instancia la pertinencia de esta posibilidad. Según experiencias nacionales e internacionales, es recomendable realizar una digestión anaerobia para este tipo de residuos (experiencias en Uruguay con lodos de tambos) pero esta alternativa es desestimada, a gran escala, en el Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana.

VI. Resumen de existencia de residuos

Una cuenta rápida podría decir que Uruguay es capaz de desarrollar una Potencia máxima de hasta 121 MW a nivel nacional en base a los tipos de residuos considerados (luego de sustraer 38,5 y 13 MW comprometidos en proyectos de generación de energía eléctrica en base a biomasa forestal y agrícola, respectivamente).

Cuadro N°7: Generación de energía en base a residuos forestales, urbanos, agrícolas y agroindustriales a nivel nacional, en Potencial Nacional (MW) y porcentual.



Como era de esperarse, los residuos forestales representan la mayor proporción a nivel nacional (65%), seguido por los residuos sólidos urbanos (21%) y agrícolas (10%). En último lugar se encuentran los residuos agroindustriales cuyo empleo por separado o independientemente de los residuos sólidos urbanos parece *a priori* poco viable.

En base a ello, se recomienda desarrollar políticas energéticas que incentiven la utilización de los residuos forestales dejando los demás recursos disponibles, debido a su poca incidencia, para que fuentes privadas o públicas lo desarrollen.

VII. Conclusiones

Como mencionamos precedentemente los residuos forestales y urbanos representan el 87% del mercado potencial.

De querer desarrollar políticas nacionales que impulsen la utilización de residuos de biomasa para la generación de energía eléctrica, la misma debería estar enfocada en los residuos forestales generados en campo.

Si se consigue desarrollar ese mercado, los residuos generados en aserraderos acompañarán automáticamente dado que tendrán un mayor margen sobre la materia prima e inclusive podría ser un incentivo para la instalación de mas aserraderos que, como vimos en el informe, hay un déficit comparado con la oferta de materia prima generando así un nuevo mercado potencial de provisión de recursos.

Si bien en el informe obtenemos que el precio esperado para la generación de energía eléctrica a partir de residuos de aserraderos es más alta que la correspondiente a residuos generados en campo debido a su mayor costo de transporte, (i) al tener los primeros un mayor margen sobre la materia prima y (ii) al generarse competencia, ambos precios deberían tender a igualarse al más bajo, es decir al precio esperado como consecuencia de la generación a partir de residuos de campo.

El desafío para el desarrollo de este mercado está en pactar un precio justo y razonable que incentive las inversiones necesarias para la obtención de la materia prima (costos de recolección) como así también el interés de los proveedores de la misma (valor de la materia prima). Bajo los esquemas de producción actual, estas inversiones deberán estar enfocadas en la tecnología de recolección de residuos (que no existe actualmente en el Uruguay). Otra opción que deberá analizarse profundamente es la posibilidad del establecimiento de plantaciones específicas para la producción de materia prima para fines energéticos (plantaciones energéticas). La tecnología (calderas, turbinas, etc.) y la logística para la transformación de esta materia prima en energía ya están desarrolladas y presentes en el Uruguay.

Una amenaza importante que enfrentan las inversiones en el área de la producción energética en base a biomasa radica en la posibilidad cierta de que en el corto plazo se genere una competencia importante por la biomasa (residuos) en cuestión. La aparición de una sola inversión de gran porte que implique una competencia seria por esta materia prima, desalentaría la inversión en emprendimientos de generación de energía con la misma.

Para la situación actual no se justifica contratos a más de 10 años: el precio de la tarifa de generación no genera suficientes incentivos que compensen el impacto / incertidumbre para una negociación de contrato de abastecimiento de materia prima por más plazo.

Cabe destacar que los beneficios impositivos actuales van disminuyendo a lo largo del tiempo. Por consiguiente, a medida que pasan los años, los mismos van perdiendo valor. Atento a que el desarrollo de este mercado llevará por lo menos 5 años, se recomienda revisar la reglamentación vigente de forma tal de permitir que estos proyectos puedan hacer uso de esa ventaja que si fue considerada en el informe.

Con respecto a la generación de energía eléctrica a partir de residuos urbanos básicamente se concentra en un solo proyecto. Por consiguiente no sería necesario desarrollar políticas sino un proyecto específico. Cabe destacar que el mismo, al tener un alto grado de involucramiento social y de subsidios incluidos (por ejemplo entrega de la materia prima) el rol del Estado y su participación será fundamental.

Por último, en cuanto a los demás tipos de residuos, al ser de baja cuantía, entendemos que deberían ser proyectos de autoabastecimiento (es decir proyectos específicos) o bien que se complementen con los dos previamente analizados.

VIII. Referencias bibliográficas

ASAGIR. *Problemas del descascarado en la industria* [en línea]. S/F. [ref. 12 Noviembre de 2009]. Disponible en Web: www.asagir.org.ar/Discusion%20sobre%20descascarado%20de%20girasol.doc

Balboa M.A., Álvarez J.G., Rodríguez-Soalleiro, R. y A. Merino, 2003. Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-industria. Parte II: Cuantificación e implicaciones ambientales. *Revista CIS-Madera*, 10: 27-37.

Balboa M.A., 2005. Biomasa arbórea y estabilidad nutricional de los sistemas forestales de *Pinus pinaster* Ait., *Eucalyptus globulus* Labill. y *Quercus robur* L. en Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 244 pp.

Carbosur. *Galofer S.A. Proyecto de generación de energía a partir de cáscara de arroz*. Documento para consulta pública. Montevideo, 2007: 16 p.

Carbosur. *Energía renovable. Tacuarembó-Fenirol S.A. Proyecto de generación de energía (10MW) a partir de biomasa*. Documento resumen para consulta pública. Montevideo, 2008: 17 p.

DINAMA. *Diagnóstico nacional de residuos sólidos industriales y agroindustriales por sector productivo* (Borrador). Montevideo, 2005: 120 p.

DNETN. *Generación de energía eléctrica a partir de la biomasa en Uruguay. La dendroenergía*. Informe inédito. Montevideo, 2006: 21 p.

INTA. *Balances energéticos producción argentina de biodiesel*. Instituto Ingeniería Rural. Doc. N° IIR-BC-INF-03-09. Argentina, 2009: 7 p.

Fichtner-LKSur - Plan Director de Residuos Sólidos para Montevideo y su Área Metropolitana – Estudios Básicos -- Abril 2004

Kasai, Takashi. *Tecnología de MDL. Generación de energía de biomasa* [en línea]. Noviembre 2006. [ref. 23 de Noviembre de 2009]. Disponible en Web: <http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Tecnologa%20MDL%20Biomasa-Kasai.pdf>

Montero, G., Muñoz, M., Donés, J. y A. Rojo. 2004. Fijación de CO₂ por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus pirenaica* Willd. en los montes “Pinar de Valsaín” y “Matas de Valsaín”. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 13 (2): 399-415.

Sans, C., Daniluk, G., Escudero, R., Irisity, F., Soria, L., Priore, E., Pelufo, M., Arnaboldi, G. y R. Giosa. *Determinación de parámetros y ecuaciones para estimar biomasa en plantaciones forestales*. Informe final del “Convenio Específico de Colaboración Tecnológica”. Proyecto MGAP/AECI “Apoyo a la inserción de Uruguay en el Mecanismo de Desarrollo Limpio con Proyectos Forestales y Agropecuarios. MGAP-INIA España-INIA Uruguay. Noviembre de 2007.

TIRME. *Un modelo de gestión integrada. El parque de tecnologías ambientales de Mallorca* [en línea]. Mayo 2008. [ref. 7 de Noviembre de 2009]. Disponible en Web:

<http://www.isrcer.org/newweb/upload/publicaciones/docproyesp20080512151204.pdf>

ANEXO

Cifras nacionales proyectadas de producción de madera para pulpa de pino y eucalipto

Pino pulpa																				
Volumen en m3																				
Año	Artigas	Canelones	Cerro Largo	Colonia	Durazno	Flores	Florida	Lavalleja	Maldonado	Montevideo	Paysandú	Río Negro	Rivera	Rocha	Salto	San José	Soriano	Tacuarembó	Treinta y Tres	Total
2008	906	252	29.208	1.031	99.520	-	2.601	2.629	561	-	117.982	28.718	661.511	250	-	6.064	338	454.018	3.208	1.408.797
2009	-	6.591	12.439	459	9.297	2.550	7.191	-	3.787	-	179.352	40.604	644.220	4.991	-	4.937	1.183	464.547	2.168	1.384.316
2010	-	-	17.411	2.740	11.493	-	-	293	617	-	194.012	5.362	500.961	9.175	-	10.407	163	481.485	1.010	1.235.129
2011	-	1.576	14.601	421	88.791	-	-	1.128	808	-	165.666	89.372	727.440	982	-	4.292	-	567.137	6.928	1.669.142
2012	-	367	22.738	1.150	31.066	-	-	3.165	941	-	194.331	1.578	554.468	1.049	-	2.322	2.112	582.465	40.112	1.437.864
2013	-	3.813	95.529	421	12.160	-	3.121	3.060	1.290	-	111.070	17.836	755.470	5.005	-	79.098	-	576.096	10.591	1.674.560
2014	-	5.658	14.927	3.142	10.458	3.060	8.629	-	3.890	-	144.485	13.363	778.122	982	-	2.693	926	571.203	8.810	1.570.348
2015	-	196	20.894	1.561	4.273	-	-	352	1.346	-	163.736	2.124	480.359	9.494	-	5.939	-	587.054	918	1.278.246
2016	-	224	17.411	803	73.880	-	-	2.331	1.464	240	167.837	96.476	570.525	1.874	-	5.403	-	687.414	6.299	1.632.181
2017	505	365	19.316	1.466	29.293	-	-	1.856	4.989	-	184.219	17.164	359.708	2.127	-	5.148	837	521.333	39.728	1.188.054
2018	813	3.533	55.133	1.729	84.556	-	-	56	1.178	-	110.382	14.583	361.398	5.342	-	77.832	449	221.827	6.341	945.152
2019	-	7.127	-	3.978	526	-	-	2.234	5.375	-	132.885	40.168	322.161	6.446	-	8.984	1.010	287.512	5.645	824.051
2020	-	179	-	4.083	7.857	-	-	-	2.004	288	133.004	12.324	341.952	8.622	-	14.402	224	320.512	1.102	846.553
Eucalyptus pulpa																				
Volumen en m3																				
Año	Artigas	Canelones	Cerro Largo	Colonia	Durazno	Flores	Florida	Lavalleja	Maldonado	Montevideo	Paysandú	Río Negro	Rivera	Rocha	Salto	San José	Soriano	Tacuarembó	Treinta y Tres	Total
2008	7.076	27.131	766.066	-	586.306	4.739	732.704	1.092.738	201.612	-	1.311.248	894.726	703.839	385.010	-	9.163	234.805	674.128	188.342	7.819.633
2009	-	34.654	219.407	2.075	489.585	-	623.988	1.392.046	139.423	-	756.654	828.302	748.020	700.799	15.364	12.152	158.974	253.504	122.830	6.497.777
2010	-	43.423	297.702	34.957	257.234	-	477.176	1.427.369	362.889	-	570.798	726.453	521.270	443.495	17.089	11.446	210.373	157.901	59.831	5.619.406
2011	-	61.155	258.015	62.432	414.264	2.678	159.058	596.134	560.901	-	994.953	896.679	571.687	897.860	1.297	10.041	286.184	381.228	280.701	6.435.267
2012	4.016	80.009	378.143	27.354	368.131	15.530	258.039	634.691	333.058	-	684.185	738.643	466.405	730.274	4.016	31.286	117.870	329.139	44.698	5.245.487
2013	2.169	118.918	243.376	31.902	577.037	11.603	430.943	380.306	358.738	-	654.056	1.510.741	662.806	286.700	3.443	64.240	488.741	365.174	104.177	6.295.070
2014	-	66.212	426.047	43.849	551.826	8.300	735.703	728.930	242.673	-	511.296	1.671.827	485.757	312.478	-	54.800	403.419	219.359	88.948	6.551.424
2015	3.400	70.692	398.121	5.878	570.534	255	294.764	1.567.265	194.048	-	953.088	2.657.053	1.002.229	104.689	1.874	6.570	572.871	685.031	104.231	9.192.593
2016	2.356	452.678	442.732	21.115	415.954	5.824	354.149	1.365.638	189.683	128	1.180.142	1.873.122	951.455	180.418	32.184	11.574	616.999	943.389	345.912	9.385.452
2017	-	46.068	797.031	3.315	783.629	255	531.066	1.453.754	253.965	-	2.111.380	741.697	1.118.806	231.225	2.999	14.262	413.313	1.655.037	842.921	11.000.723
2018	7.430	187.473	1.148.037	3.315	1.057.866	255	869.789	1.301.240	260.605	1.406	1.482.145	1.228.556	902.880	515.547	-	8.456	344.561	776.736	262.569	10.358.866
2019	-	30.701	233.323	4.233	547.689	255	656.972	1.537.341	203.988	1.377	757.025	1.060.294	761.628	733.451	16.132	11.501	188.497	295.161	127.723	7.167.291
2020	-	37.633	314.680	40.020	288.373	255	498.015	1.483.783	380.365	2.731	612.637	886.374	517.328	463.914	17.944	12.402	243.149	154.590	62.822	6.017.015

Cifras nacionales proyectadas de producción de madera para aserrío de pino y eucalipto

Eucalyptus Aserrio																				
Volumen en m3																				
Año	Artigas	Canelones	Cerro Largo	Colonia	Durazno	Flores	Florida	Lavalleja	Maldonado	Montevideo	Paysandú	Río Negro	Rivera	Rocha	Salto	San José	Soriano	Tacuarembó	Treinta y Tres	Total
2008	1658		118139	0	175651	0					301699	705642	432536		0		115535	124002	16908	1.991.770
2009	0		163277	0	122337	0					185716	637193	263839		0		108548	82048	10741	1.573.699
2010	2600		124070	0	138914	0					241864	434273	458976		1433		82868	117346	14440	1.616.784
2011	1802		136802	0	65688	4259					266870	507017	391461		24611		10892	145069	2430	1.556.901
2012	226		226107	302	346174	621					22667	27615	264508		316		1188	343869	12276	1.245.869
2013	170		285542	0	429171	0					31032	72580	686778		0		11883	310832	31924	1.859.912
2014	0		440085	0	311700	0					19102	65540	434653		0		11165	193828	32815	1.508.888
2015	268		427157	0	397305	0					24878	44668	978123		147		8524	300379	54966	2.236.415
2016	186		418880	0	237261	438					27450	52151	814639		2531		1121	298101	37533	1.890.291
2017	0		423849	0	345085	0					33563	14152	1159225		235		1784	527423	133327	2.638.643
2018	585		212028	0	190575	0					21897	29307	953597		0		288	148272	49817	1.606.366
2019	0		86931	0	121863	0					6612	11220	548145		1269		318	53007	24858	854.223
2020	0		13951	0	97904	0					14383	20649	648623		1412		4430	122211	51931	975.494
Pino Aserrio																				
Volumen en m3																				
Año	Artigas	Canelones	Cerro Largo	Colonia	Durazno	Flores	Florida	Lavalleja	Maldonado	Montevideo	Paysandú	Río Negro	Rivera	Rocha	Salto	San José	Soriano	Tacuarembó	Treinta y Tres	Total
2008	226	1010	44092	258	35917	0	3902	3845	842	0	213769	36196	1456498	279	0	2440	84	877629	4665	2.681.652
2009	0	24989	18658	115	13218	3825	10787	0	13885	0	239549	27685	1083988	1248	0	1234	296	952535	3251	2.395.263
2010	0	0	26117	2263	6959	0	0	440	2468	0	304924	1641	660858	26768	0	10835	41	982345	4039	2.029.698
2011	0	394	21787	1683	306485	0	0	1865	2755	0	321857	321824	1376922	3927	0	9593	0	972802	27713	3.369.607
2012	0	92	84062	4600	124263	0	0	960	2954	0	361027	1810	624053	3944	0	8049	940	1162054	132413	2.511.221
2013	0	14677	250930	1683	8908	0	780	765	2637	0	186769	15498	672491	19238	0	313064	0	446676	28457	1.962.573
2014	0	8488	3732	12566	2615	765	2157	0	7721	0	213433	18383	702139	3927	0	10771	3703	531637	25486	1.547.523
2015	0	785	5223	5286	2383	0	0	88	3983	0	233878	7894	501130	12383	0	16476	0	599546	1377	1.390.432
2016	0	898	4353	2257	102961	0	0	4570	3592	360	268437	158456	760544	5266	0	16450	0	580238	9448	1.917.830
2017	2020	1459	28447	3251	46570	0	0	464	17095	0	275182	65826	442325	6276	0	16068	2523	687388	42771	1.637.665
2018	3254	4955	82547	5959	334667	0	0	224	3310	0	285515	49507	455929	10468	0	133579	1795	433235	9722	1.814.666
2019	0	3044	0	8772	2104	0	0	559	5672	0	393527	149731	704577	23554	0	29815	1515	533221	8467	1.864.558
2020	0	268	0	11931	30632	0	0	0	3708	72	358319	43942	982960	9477	0	41749	898	597200	275	2.081.431