

# Evaluación de restos de cosecha forestal potencialmente utilizables para generación de energía en el Noreste de Entre Ríos.

Federico Larocca<sup>1</sup>

Gabriel Fink<sup>1</sup>

Natalia Tesón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Administración Rural – UTN F.R. CONCORDIA –  
[federicol1968@gmail.com](mailto:federicol1968@gmail.com)

**Palabras clave:** *Eucalipto, biomasa, restos de cosecha, residuos forestales*

## Introducción

El Proyecto de Investigación y Desarrollo previsto originalmente para los años 2019 y 2020 y extendido hasta el año 2021 se lleva adelante en cooperación con la empresa Forestal Argentina S.A. Se presentan en esta publicación las generalidades del proyecto y algunos avances logrados hasta la fecha. Parte de los resultados de este proyecto fueron utilizados para el Trabajo Final para acceder al título de Lic. en Administración Rural de UTN Concordia de Wilson Bon y José Pietrantueno (2019), allí se pueden encontrar mayores detalles sobre los muestreos de campo y otros aspectos de la etapa inicial del proyecto.

La producción de energía a partir de biomasa se ha presentado en las últimas décadas como una de las alternativas para contribuir a resolver de manera sustentable la problemática energética. Existen propuestas para aprovechamiento de residuos forestales, inclusive algunas iniciativas industriales ya avanzadas en otras áreas geográficas. Sin embargo, en el noreste de Entre Ríos y sureste de Corrientes, sólo se cuenta con aproximaciones de modelos relativamente abstractas con escasos relevamientos de campo respecto a la cantidad de residuos potencialmente aprovechables que quedan después de la cosecha forestal. No obstante la ausencia de datos concretos, se reconoce una apreciable cantidad de restos post-cosecha que potencialmente serían aprovechables, tanto en raleos como en tala rasa. En la zona de estudio se han realizado sólo unos pocos relevamientos puntuales y no se han estudiado

las relaciones de la cantidad, tipo y distribución espacial de los restos con las características de la forestación, el manejo de la misma y el tipo de cosecha. Este proyecto propone realizar relevamientos que permitan cuantificar diferentes categorías (fustes, ramas, hojas, corteza) de restos de cosecha y su distribución en el terreno (dispersos, en escollera, en playa de acopio, etc.) en función de las variables antes mencionadas, estimando además los costos de aprovechamiento de los restos en función de cada situación.

Tiene como objetivos:

- Estimar la disponibilidad zonal de restos de cosecha potencialmente aprovechables.
- Estudiar las relaciones entre tipo de forestación, el sistema de cosecha (corte a medida, fuste entero o árbol entero) y la cantidad y distribución de los restos aprovechables.
- Cuantificar las proporciones de distintos tipos de restos aprovechables (fustes mayores, fustes de menor diámetro, ramas, hojas, corteza, etc.) en función de las características del lote forestal y el sistema de aprovechamiento
- Estimar el impacto en extracción de nutrientes en función de la cantidad y tipos de restos a extraer.
- Estimar los costos de recolección en función de los diferentes sistemas de aprovechamiento.

Como primera etapa se tipifican diferentes formas de aprovechamiento actuales en la zona en estudio en función de: características de la forestación y sistema de cosecha (manual o mecanizado, corte a medida adentro del lote, extracción de fuste entero, extracción de árbol entero, productos de destino, etc.).

Se estima la superficie que está siendo anualmente cosechada por cada sistema, identificando los principales sistemas en función de la superficie cosechada para trabajar sobre ellos. En los sistemas seleccionados se realiza la cuantificación de los residuos por unidad de superficie.

Se clasifican los residuos potencialmente aprovechables en: rollos de más de 5 cm de diámetro, ramas de 2,5 a 5 cm de diámetro, ramas de 1 a 2,5 cm de diámetro, ramas de menos de 1 cm de diámetro, hojas, corteza y frutos. Se registra la distribución de los restos en función del sistema de cosecha y posteriormente se analiza su impacto en el costo de su cosecha.

A partir de la cuantificación de residuos en los diferentes sistemas y las hectáreas que están siendo cosechadas por cada uno, se podrá estimar la cantidad total disponible.

Se estiman los costos que demandaría su aprovechamiento (recolección, extracción y transporte).

Se estima el “costo en nutrientes”, es decir los nutrientes que se retirarían del predio al cosecharlos.

## **Materiales y Métodos**

Se lleva a cabo mediante muestreos en 14 parcelas con sistema de cosecha semi-mecanizado en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el departamento Concordia (E.R) en una forestación de 9,5 años de edad ubicada en el paraje Pampa Soler (10 km al norte de Concordia) y en otra de 13 años en Yuquerí (20 km al oeste de Concordia) ambas implantadas en suelos Haplumbreptes fluvénticos, localmente conocidos como “mestizo arenoso”. La primera de ellas con un distanciamiento de plantación de 2,9 m x 2,9 m y la segunda de 4 m x 2,5 m. De este modo resultan parcelas de cosecha de restos que varían entre 25 y 40 m<sup>2</sup>. En los dos casos los residuos quedan acomodados en escolleras. Las parcelas son rectangulares, ubicadas perpendicularmente al sentido de extracción de la madera y representan la proporción de superficie de las distintas situaciones de restos (escolleras, vías de saca y entrelíneas sin escolleras) de allí surgen las diferencias en la superficie de las parcelas.

Se cosechan y se clasifican los tipos de restos y se determina el peso a campo de cada uno, se extraen sub muestras que se secan en laboratorio a 70°C hasta peso constante para determinar el contenido de humedad de cada uno. Con este se referencia el peso “verde” o “de campo” a peso “seco” para poder tener una medida estable y comparable.

Dado que no se cosechan actualmente estos restos en la zona, no existe un sistema definido para hacerlo, por lo que se consultan contratistas forestales para definir un esquema posible de aprovechamiento, a partir del mismo, se estiman los costos que demandaría.

Se estima también los costos de nutrientes que significaría la extracción de estos restos, a partir de los datos bibliográficos de contenido de nutrientes en cada compartimento (tipo de resto).

## Resultados y Discusión

Los primeros resultados para este tipo de forestación y cosecha, muy común en el noreste de Entre Ríos arrojaron un promedio de 42 Mg/ha de total de restos secos (tabla 1). De este total poco menos del 40 % fue ocupado por frutos, hojas, corteza y ramas de menos de 1 cm de diámetro, que, según los antecedentes (Goya *et al.*, 1997) son los que mayor cantidad de nutrientes extraerían del sitio y a su vez, podrían ser los más dificultosos de recolectar. El contenido de humedad varió 10 % y 30% dependiendo de los días desde cosecha y del tipo de residuo.

*Tabla 13. Restos de cosecha según tipo. Peso seco en kg/ha (70°C hasta peso constante).*

Parcela	Frutos	Hojas	Ramas < 1 cm	Ramas 1-2,5 cm	Ramas 2,5-5 cm	Ramas 5-8 cm	Ramas >8 cm	Corteza del fuste	Total Seco kg/ha
1	782	2.717	7.715	1.673	2.882	2.854	12.683	7.015	38.319
2	404	1.405	3.990	4.261	4.049	3.056	0	5.990	23.156
3	1.279	3.623	9.702	5.181	3.906	1.777	0	5.774	31.243
4	1.021	3.549	10.079	9.317	13.073	7.838	10.052	5.854	60.783
5	805	2.798	7.945	10.880	14.857	2.930	0	6.054	46.268
6	608	2.115	6.006	7.776	3.684	3.184	517	10.599	34.488
7	638	2.219	6.301	7.990	4.411	1.252	0	6.829	29.641
8	222	1.514	5.588	5.159	1.431	10.647	2.404	3.178	30.143
9	1.118	3.967	10.565	6.696	11.424	4.982	3.893	2.123	44.767
10	1.136	3.950	11.218	6.909	13.090	11.819	6.435	1.163	55.721
11	1.235	4.294	12.195	9.539	14.179	10.981	7.146	1.001	60.570
12	860	2.988	8.486	7.069	9.907	4.668	6.907	1.266	42.152
13	1.264	4.392	12.473	9.717	12.631	7.596	11.773	2.105	61.951
14	580	2.014	5.721	4.407	7.431	5.014	788	2.461	28.415

Estos resultados, son relativamente consistentes con los pocos antecedentes de relevamientos de campo (Briones, 2009), así como también con lo esperable en función de los modelos de producción de árboles completos. No obstante ello la gran variabilidad de los resultados y la laboriosidad del muestreo a campo hacen que sea necesario un gran esfuerzo para obtener resultados precisos y confiables mediante el sistema de muestreo planteado.

A su vez, las primeras estimaciones de costos de aprovechamiento de estos restos se realizaron en 2019 rondando los 500 \$/Mg y se actualizaron en 2021 resultando 993 \$/Mg (Tabla 2).

*Tabla 14. Composición del costo de aprovechamiento de residuos forestales (en\$/Mg).*

Concepto	Costo (\$/Mg)
Amortización	\$110,34
Mano de obra	\$ 258,50
Combustible	\$ 537,90
Reparación y mantenimiento	\$ 86,39
Costo total	\$ 993,13

Del total del costo, el combustible es el componente de mayor impacto con el 54%, seguido de la mano de obra con el 26%, luego la amortización con el 11% y por último la reparación y mantenimiento de maquinaria con 9%.

Estas estimaciones hechas para el sistema de cosecha que deja los residuos en escolleras dentro del lote resultaron alrededor del 60% mayor a la cosecha de los rollizos para aserrado, debido a la mayor complicación y menor rendimiento.

En el sistema de cosecha de “árbol entero”, los restos quedan en la cabecera al borde del camino, lo que ahorra algunos costos del aprovechamiento, pero una proporción importante queda aún distribuida en el lote. La forma y disposición de estos restos en grandes escolleras o pilas al costado del camino hace muy dificultosas las prácticas necesarias aprovecharlos, se estimó un modelo potencial para su cosecha resultando un costo por unidad de masa de entre 60 y 70% del valor del sistema anteriormente descrito, pero con dudas sustanciales sobre la capacidad de ponerlo en práctica. En ambos casos son costos excesivamente altos por lo que resulta económicamente inviable en las condiciones actuales de relación de costos y precios. Resta evaluar

alternativas como el chipeado, también de alto costo pero con mayor versatilidad en el transporte y además computar mermas en los costos como las producidas al evitar las quemadas posteriores para replantar.

En lo que hace a las extracciones de nutrientes, en la Tabla 3 se puede ver la estimación resultante de la simulación de cosechar todos los restos que quedan en el campo en el sistema de corte a medida y restos en escolleras.

*Tabla 15. Cantidad de nutrientes contenidos en los restos de la cosecha forestal (en kg/ha).*

Nutriente	Frutos	Hojas	Ramas < 1 cm	Ramas 1 a 5 cm	Ramas > 5 cm	Corteza del fuste	Total Seco kg/ha
N	4,0	44,1	28,8	16,7	6,1	13,1	113
P	0,4	2,9	3,0	1,9	0,3	3,3	12
K	6,4	21,6	24,8	20,2	3,3	20,7	97
Ca	6,7	34,9	75,1	15,9	7,6	130,1	270
Mg	2,0	7,9	12,9	8,8	0,7	8,9	41
Mn	0,7	5,0	5,7	2,1	0,3	3,9	18
Fe	0,1	0,5	1,0	1,7	0,8	0,0	4
Al	0,1	0,3	1,0	0,3	0,1	0,1	2

De los casi 560 kg/ha de mineralomasa contenida en los restos y que se extraería del sitio al cosecharlos, cerca de la mitad corresponde al Calcio, alrededor de un 20 % a Nitrógeno, 18% a Potasio y le siguen Magnesio, Fósforo, Hierro y Aluminio en orden de cantidad.

Si separamos en dos clases de restos: por un lado los de menor tamaño (hojas, frutos, corteza y ramas menores a 1 cm) y por otro lado todos los fustes y ramas mayores a 1 cm de diámetro, se puede observar que si se cosechan sólo los restos de la segunda categoría se aprovecha el 60% de los residuos totales pero extrayendo sólo el 16% de los nutrientes. Este análisis resulta interesante al momento de valorar el impacto sobre el capital de nutrientes, marcando que sería sumamente conveniente cosechar sólo los restos mayores si resultara operativamente factible, ya que el 84 % de nutrientes está concentrado en el 40% de los restos menores (hojas, frutos, corteza y ramas <1cm).

## Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de la empresa Forestal Argentina.

## Bibliografía

Briones, M. V. (2009). Tesis "Adaptación de una metodología para la cuantificación de residuos de la cosecha en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en la región del NEA". (U. N. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Ed.) La Plata.

Goya, J. F., Frangi, J. L., Dalla Tea, F., Marcó, M. A., & Larocca, F. (1997). III. Biomasa, productividad y contenidos de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de la provincia de Entre Ríos. XII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia: A.I.A.N.E.R-INTA Concordia-ISSN 1667-9253.