



■ Citrus

# ¿Cuánta biomasa residual genera la poda de limoneros en Tucumán? Estimación preliminar<sup>1</sup>

Gisela F. Díaz\*, M. E. Iñigo Martínez\*, D. Figueroa\*\*, D. Paz\*

\*Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales, EEAOC, \*\*Sección Fruticultura, EEAOC. Email: gdiaz@eeaoc.org.ar.

**A**ctualmente, la biomasa residual proveniente del cultivo del limón -poda y renovaciones de quintas- no es aprovechada energéticamente. Debido a ello, en términos generales estamos estudiando las características energéticas de este residuo, con el fin de utilizarlo como combustible renovable en calderas de biomasa para el autoabastecimiento de la propia industria cítrica hacia futuro.

En el presente, la mayoría de las cítricas son altamente dependientes del gas natural y de la red eléctrica. Solo algunas plantas cuentan con calderas de biomasa, pero utilizan otras materias primas para funcionar -entre otros, chips de eucalipto-, en vez de recurrir a su propia biomasa. El objetivo que finalmente perseguimos es poder reemplazar el uso de gas natural en las cítricas por una fuente de origen

renovable -podas y renovaciones de plantas-, para producir energía propia, tanto térmica como eléctrica, proceso que además disminuiría la huella de carbono de los productos.

El presente trabajo quiere ser un aporte en ese camino, determinando cuánta biomasa residual genera la poda de limoneros y cuáles son sus características.

<sup>1</sup> Una versión extendida y con citas bibliográficas de este artículo puede encontrarse en Revista Riat [www.riat.eeaoc.org.ar/](http://www.riat.eeaoc.org.ar/)



### ■ Dependencia energética. Un problema

El proceso de industrialización del limón depende de la red nacional de energía para el abastecimiento de energía eléctrica y gas natural. El consumo de este combustible compite con la alta demanda domiciliar en los meses de invierno, coincidentes con la zafra, lo que conduce a cortes en el suministro de gas a las industrias.

### ■ Biomasa residual. Una oportunidad

Las plantaciones generan grandes cantidades de biomasa residual proveniente de las actividades de poda y renovaciones de plantas. Esta biomasa tiene un alto potencial energético y actualmente no es aprovechada.

Recordemos que Argentina es el 4° productor mundial de limón y el 1° procesador de productos industriales derivados, siendo Tucumán la provincia que lidera la producción de limón en el país, con una superficie neta plantada de 43.800 ha en 2018.

### ■ Investigar. Un camino necesario

Actualmente no existe bibliografía acerca de la cuantificación de la

biomasa residual generada por el cultivo de cítricos en la región, por lo que surge la necesidad de generar datos propios para estimar la cantidad de la biomasa que producen las fincas de limón, producto de las actividades de poda anual que realizan. Los resultados obtenidos, siempre útiles para el estudio del aprovechamiento energético de estos residuos, logran cumplir con el objetivo de este estudio.

### ■ Puntos de referencia para comenzar

En cuanto al volumen de biomasa residual producida por el cultivo de cítricos en Argentina, no existen estudios experimentales al presente, ni del aprovechamiento energético de la misma. En un artículo publicado por el INTA se aborda el estudio de biomasa residual de la provincia de Tucumán, derivados de la agroindustria azucarera (bagazo) y los derivados de la poda de frutales (cítricos) utilizando la metodología WISDOM, desarrollada por la FAO. Para determinar la biomasa potencial generada a partir de la poda de los cítricos se consultó bibliografía internacional. La única referencia encontrada se refiere a las condiciones existentes en Italia, donde los valores aplicados fueron de 3 t de biomasa seca/hectárea/año.

## ■ El caso europeo

En Europa existe un creciente interés en el aprovechamiento de los residuos de poda, el cual se refleja en diversos artículos de medios especializados. Algunos autores estudiaron diferentes formas de evaluar la cantidad residual de biomasa obtenida de plantaciones de árboles de citrus y otros árboles frutales en plantaciones de España.

En Italia, se estudiaron la contaminación, la pérdida de la biomasa y los tiempos requeridos relacionados con la recolección de esta en las plantaciones.

Asimismo, existen diversos proyectos trabajando en la temática, entre ellos **EuroPruning**, financiado por la Unión Europea, cuyo objetivo es desarrollar y demostrar una nueva cadena para la obtención de biomasa a partir de las podas agrícolas. Este proyecto no solo estableció las especificaciones en cuanto a la calidad de los materiales que se producirían y utilizarían como materia prima para la producción de energía, sino que desarrolló herramientas logísticas y maquinaria innovadoras para facilitar a los agricultores la tarea de convertir los residuos de podas en fuentes de bioenergía válidas para cumplir los requisitos de calidad fijados.

Por otro lado, el proyecto **uP\_running**, también financiado por la Unión Europea, retomó la labor realizada por EuroPruning, con el propósito de solucionar el actual inmovilismo de los agentes que conforman la cadena de valor, en pos del aprovechamiento de las podas agrícolas y demás biomasa leñosa desechada de plantaciones.

En un estudio anterior se caracterizaron energéticamente muestras de poda, verde y seca, de limoneros de Tucumán. Los resultados para poda verde fueron: 40,64% de humedad; 2,68% de cenizas; 79,52% de sólidos volátiles; 17,80% de carbono fijo; 0,08% de cloro total; 0,15% de azufre total y 18.329 kJ/kg de poder calorífico superior; las temperaturas iniciales de fusibilidad fueron mayores a 1500°C. Los valores para la biomasa seca no distaron significativamente de los obtenidos para poda húmeda, con excepción de la humedad de 9,16 %. Estos resultados clasifican la poda de limoneros de Tucumán como apta para su uso como combustible. Además se analizó la posibilidad de usar esta biomasa junto con la generada por las renovaciones de plantas de citrus, para su empleo como gas pobre en los secaderos de cáscara de limón.

## Materiales y métodos

El ensayo de cuantificación de poda se realizó en una finca ubicada en el departamento Burreuyacú, provincia de Tucumán, Argentina. Se analizaron tres repeticiones de poda de tres árboles de limonero cada una, de combinación varietal Lisboa Frost Nucelar sobre Citrumelo Swingle de 18 años de edad, con un marco de plantación de 8 m x 4 m, sin riego, con pendiente simple inferior al 1% (Tabla 1).

Para la selección de las plantas se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Bordura de tres árboles como mínimo de los extremos de las hileras
- Árboles representativos del lote (exceptuando árboles enfermos o refallos).

Se realizó una poda mecánica de lateral y techo con una podadora a discos giratorios de un eje rotativo sobre la hilera donde se encontraban los árboles seleccionados. Se recolectó manualmente en bolsas de arpillera la biomasa residual generada por los árboles marcados, y se pesó con báscula *in situ*. Se tomaron tres muestras de 10 kilos para su clasificación en hojas y ramas. Luego se pesaron los subgrupos obtenidos en laboratorio.

Con los datos obtenidos del pesaje total de poda dividido en el total de plantas estudiadas se obtuvo el índice  $I_p$  de residuos de poda, obtenido por poda de cada planta, en  $t/(planta.año)$ .

Este índice se empleó para estimar de manera preliminar la biomasa potencial de poda en la provincia de Tucumán, teniendo en cuenta una superficie total plantada de citrus de 43.800 ha en la provincia. La biomasa potencial se refiere a la totalidad de la biomasa generada por

un cultivo en una región determinada. Se asumió una densidad promedio de plantación de 300 plantas por hectárea y una fracción destinada a renovación de plantas (no se poda) de 3,5% (valor conservador para el cálculo de biomasa de poda). Para este cálculo se utilizó la Ecuación 1, refiriendo a biomasa seca de 15% de humedad, teniendo en cuenta una humedad promedio de la biomasa verde de 50%.

### Ecuación 1

$$BPsp = A * (1-x) * \rho * I_p * \frac{(1-w_h)}{(1-w_s)}$$

Donde:

- $BPsp$ : Biomasa potencial del residuo seco proveniente de podas, en  $t/año$ .
- $A$ : Área cultivada, en  $ha/año$ .
- $x$ : Fracción de plantas destinadas a renovación.
- $\rho$ : Densidad de plantación, en  $planta/ha$ .
- $I_p$ : Índice de residuos de poda, residuo obtenido por poda de cada planta, en  $t/(planta.año)$
- $w_h$ : humedad de la biomasa recién cortada
- $w_s$ : humedad de la biomasa seca (15%)

Para los cálculos de la biomasa disponible se consideró la disposición en suelo de un 20% de la biomasa total para aporte de materia orgánica y mulching para la conservación de la humedad del suelo. Asimismo, existen pérdidas debido a los sistemas de recolección, transporte, acondicionamiento y almacenaje de la biomasa. En este caso, se asumió una pérdida del 10%. Se emplearon las Ecuaciones 2 y 3.

### Ecuación 2

$$BDsp = 0,80 * BPsp$$

### Ecuación 3

$$BUsp = 0,90 * BDsp$$

Donde:

- $BDsp$ : Biomasa disponible del residuo seco proveniente de podas, en  $t/año$ .
- $BUsp$ : Biomasa útil del residuo seco proveniente de podas, en  $t/año$ .

Estos valores también pueden ser visualizados como densidad de biomasa, realizando el cociente con la superficie de cultivo.

Tabla 1. Características del lote donde se realizó el ensayo.

Características del lote	
Provincia	Tucumán
Departamento	Burreuyacú
Localidad	Timbó Nuevo
Especie	Limonero
Variedad	Lisboa Frost Nucelar / Citrumelo Swingle
Edad de plantación [años]	18
Marco de plantación [m]	8 x 4
Pendiente	<1%
Riego	No
Tipo de poda	Mecánica
Poda anterior	2017
Fecha de ensayo	sep-18

## Resultados

En la Figura 1 puede observarse la biomasa generada luego de realizarse la poda mecanizada de laterales y techo. En la foto se aprecia que quedan en los árboles algunas ramas sin caer a la trocha, especialmente luego de la poda de techo.

En la Figura 2 se muestra la maquinaria empleada para la poda.

Como resultado preliminar de estimación se obtuvo un índice de residuos de biomasa de poda húmeda de 35,4 kg/planta (Tabla 2), del cual un 46% corresponde a hojas y un 54% a ramas (Figura 3).

La estimación de biomasa residual obtenida de la poda del limonero en Tucumán arrojó un total de biomasa potencial seca (15% de humedad)



**Figura 1.** Biomasa residual generada por la actividad de la poda.

de 266.044 t/año (Tabla 3). De este valor se encuentra disponible 211.236 t/año. Finalmente, como resultado de las pérdidas, se obtiene un total de 190.112 t/año de poda seca utilizable.

En términos de densidad de biomasa, se tiene un total de 4,3 t/ha.año de biomasa seca útil de poda de árboles de limonero.



**Figura 2.** Podadora a discos giratorios de un eje rotativo.

es de 4,3 t/ha. al año. Mientras que la cuantificación del valor promedio de biomasa húmeda es de 35,4 kg/planta.

Además, teniendo en cuenta este índice y la superficie total plantada con árboles de limoneros en Tucumán, se tiene un total de 190.112 t/año de poda seca utilizable, que actualmente es desaprovechada. Esta biomasa está constituida por un 54% de material leñoso y 46% de hojas.

De cara al futuro, prevemos multiplicar estos ensayos en distintas zonas productivas de la provincia, con diferentes diseños de plantación y otras combinaciones de variedades, y sumar ensayos de cuantificación de arranques de plantas de edad mayor a la vida útil.

**Tabla 2.** Biomasa húmeda obtenida de poda de cítricos.

	Cantidad de plantas	Biomasa total (kg)	Biomasa por planta (kg/planta)
<b>Grupo 1</b>	3	105,68	35,2
<b>Grupo 2</b>	3	106,98	35,7
<b>Grupo 3</b>	3	106,18	35,4
<b>Total</b>	9	318,84	35,4



**Figura 3.** Índice de generación de biomasa residual húmeda de poda por planta y su composición en ramas y hojas.

**Tabla 3.** Cuantificación de la biomasa residual generada por la actividad de la poda en la Provincia de Tucumán.

Biomasa residual generada por poda	Unidades	
	t/año	t/ha.año
Biomasa seca potencial	264.044	6,0
Biomasa seca disponible	211.236	4,8
Biomasa seca útil	190.112	4,3

## Proyección

Los resultados obtenidos son halagüeños aun empleando valores conservadores de cara a otras investigaciones realizadas. Hoy tenemos una mejor perspectiva en cuanto a la cantidad de biomasa que puede aprovecharse energéticamente. Por ejemplo, el índice obtenido de biomasa seca útil por planta por unidad de superficie

Agradecemos a la empresa Argenti Lemon, cuyos responsables pusieron a nuestra disposición sus plantaciones para esta investigación, y al personal de las secciones de Ingeniería, Fruticultura y Mantenimiento de la EEAOC por su colaboración en este estudio.