

Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales

Herramientas para planificar en el territorio



••

GUÍA PARA UNA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS VERDES MUNICIPALES

Herramientas para planificar en el territorio

Julio de 2021

**Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales:
herramientas para planificar en el territorio** / Guillermo José Garrido... [et al.];
contribuciones de Martín Rearte... [et al.]; editor literario Laura Valeria Burroni.
- 1a ed. - San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-532-462-0

1. Residuos Sólidos Urbanos. I. Garrido, Guillermo José. II. Rearte, Martín,
colab. III. Burroni, Laura Valeria, ed. Lit.
CDD 363.7285



AUTORES:

- GUILLERMO GARRIDO
- EUGENIO PETTIGIANI
- VIOLETA SILBERT VOLDMAN
- NADIA MAZZEO
- NATALIA CRUZ

COLABORADORES INTERNOS:

- Martín Rearte y Guillermo Martínez Pulido - Tucumán
- Martín Reynoso - Mendoza
- Raúl Poliak, Sergio Ilief, Ángeles Miño, Marcela Romero - Buenos Aires
- Gustavo Ruhl - Entre Ríos
- Laura Guerrero - Misiones
- Jesús Cabrera - Salta
- Silvia Ermeninto - Córdoba
- Antonio Susca - Río Negro

COLABORADORES EXTERNOS:

- Martín Galmarini, Ignacio Ferlijwskyj y Máximo Gauto Acosta - Lignis S.A.
- Pamela Natan y Natalia Rafaelli - Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la provincia de Buenos Aires
- Pablo Kulbaba - Asociación Argentina de Estuferos
- Cecilio Tuculet - Centro de Formación Sergio Cirese
- Matías Teran - Municipalidad Cosquín, provincia de Córdoba
- Lucas Gallo Mendoza - INTA Chubut
- Pablo Vagliente - BioMama
- Juan Pablo Arrigoni - Biocompost AB
- Elizabeth Peralta - Terranus Medio Ambiente

ANTECEDENTES

En el año 2011, parados frente a una montaña de poda de más de 12 metros de altura acumulada durante años por un municipio de la provincia de Córdoba, Johannes Fromann, mi amigo y asesor de GIZ (Agencia de Cooperación de Alemania) en el INTI contemplaba con incredulidad mientras me decía: “¡Esto es oro en polvo!”. A dos kilómetros de esta montaña de poda, un frigorífico consumía treinta toneladas diarias de leña proveniente de Santiago del Estero y del norte de Santa Fe para alimentar una caldera que generaba vapor y agua caliente para su proceso industrial. Un año más tarde recorríamos junto a una delegación sudamericana invitada por GIZ, distintas plantas de Alemania donde este residuo era aprovechado como recurso energético.

Desde entonces, junto a compañeros de las Redes de Biomasa y de Residuos del INTI como de otras instituciones y empresas, hemos acumulado experiencia asistiendo a municipios en la necesidad de atender las particularidades de la corriente de residuos verdes municipales tanto por el volumen que representan como por los desafíos inherentes a su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. En este sentido, aprendimos a desarrollar diagnósticos en el territorio y propuestas de posibles acciones, como el armado de pautas reguladoras tendientes a la reducción en origen y al involucramiento de los generadores, en la evaluación y desarrollo de tecnologías para valorizar estos residuos y en la exploración comercial y evaluación técnica de los productos que se pueden obtener.

El desafío es transformar el problema de la generación y la disposición de los residuos verdes en una oportunidad para desarrollar emprendimientos productivos a partir de la gestión sustentable de este recurso. Esto solo es posible con el involucramiento de la comunidad y teniendo en cuenta que es un camino que requiere tiempo, inversiones, un cambio cultural y la mejora continua de los procesos de transformación.

Esta guía resume y recoge la experiencia y conocimientos propios y de terceros, internos y externos al INTI, que hacen un aporte fundamental para completar la visión, el contenido y los ejemplos presentados. Como tal, es un aporte para orientar a los municipios y comunas de nuestro territorio en la gestión de este recurso.

EUGENIO PETTIGIANI

Departamento Química Analítica y Residuos Urbanos Centro
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

PRESENTACIÓN

Esta guía está destinada a técnicos y funcionarios municipales o comunales, encargados de la gestión de la higiene urbana y de espacios verdes y la planificación urbana, y al público en general. Tiene el propósito de que los gobiernos locales dispongan de herramientas metodológicas para planificar la gestión de los residuos verdes a escala municipal.

Es una **GUÍA ORIENTADORA** de los principales aspectos a considerar para transitar la primera etapa del ciclo de Deming (*planificar-implementar-evaluar-corregir*). Ofrece criterios y ejemplos a los tomadores de decisiones y a los responsables de construir capacidades operativas, para organizar la gestión de los residuos verdes desde una perspectiva integral, incluyendo valoraciones sobre “impactos ambientales”.

Brinda pautas para **REALIZAR UN AUTODIAGNÓSTICO** del estado de situación en un partido, departamento, municipio o comuna. Luego, para **EXPLORAR EL POTENCIAL** que permita ampliar el concepto de higiene urbana al de bioeconomía circular, muestra alternativas de destino de los residuos verdes. Finalmente aporta propuestas e ideas para **PLANIFICAR LA GESTIÓN** en el territorio para un ciclo de al menos cuatro años. Incluye además una sección que repasa la **TECNOLOGÍA ASEQUIBLE** de maquinaria y procesos para darle destinos productivos y ambientalmente preferibles a esta fracción de los residuos urbanos.



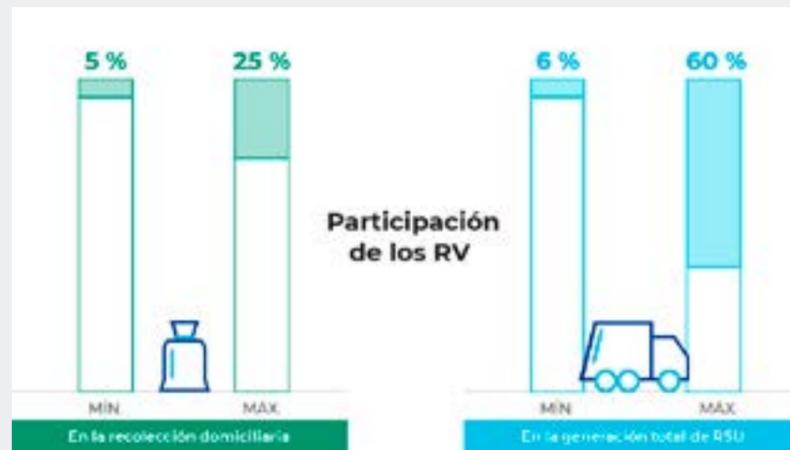
CONTENIDO

■ ■	INTRODUCCIÓN	8
1	PLANIFICAR LA GESTIÓN EN EL TERRITORIO	11
	I. CONOCER LOS RESIDUOS VERDES	12
	• Cuantificar	13
	• Caracterizar	16
	II. CONOCER EL TERRITORIO	21
	• Marco regulatorio	22
	• Generación	22
	• Recolección	25
	• Aprovechamiento	27
	• Disposición	28
	III. CONOCER LOS POTENCIALES DESTINOS	31
	• Reciclar en origen	32
	• Procesar industrialmente	33
	• Dar disposición productiva	40
	IV. INCORPORAR PAUTAS PARA EL MODELO DE GESTIÓN	42
	• Reconocer las JERARQUÍAS AMBIENTALES	43
	• Fortalecer la PREVENCIÓN	43
	• Acompañar el RECICLADO EN ORIGEN	45
	• Fortalecer el COMPROMISO COMPARTIDO	46
	• Identificar AHORROS EN LA RECOLECCIÓN	47
	• Considerar OFERTA Y DEMANDA en un territorio	48
	• Fomentar la DIVERSIDAD DE INICIATIVAS	51
	• Fomentar PROYECTOS DE TRIPLE IMPACTO	51
	• Proyectar con ENFOQUE DE “CADENA INVERSA”	52
	• Desarrollar ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS	53
	• Considerar los ESFUERZOS OPERATIVOS	54
	• Valorar la TECNOLOGÍA SEGÚN EL PROPÓSITO	55
2	INSUMOS PARA DESARROLLAR PROYECTOS DE VALORIZACIÓN	57
	I. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	58
	II. PROCESOS INDUSTRIALES	63
	III. ANÁLISIS DE RIESGOS E IMPACTOS	72
	IV- ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA	76
■ ■	GLOSARIO	80
■ ■	BIBLIOGRAFÍA	82

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) constituyen una problemática relevante en la gestión de los espacios urbanos y, aunque la participación de los residuos verdes (RV) es variable según las características de cada municipio, se estima representan entre 6 % y 60 % en peso.

¿ES RELEVANTE LA PARTICIPACIÓN DE LOS RV DENTRO DE LOS RSU?



• Rango de participación de los RV en distintos tipos de municipios, estimados por INTI.

Estudios de generación de RSU muestran que los RV pueden tener una participación significativa. Por ejemplo, en la localidad de Villa Allende, Córdoba, se midió que los RV recolectados de manera diferenciada eran el 52 % del total de los residuos recolectados, mientras que en la bolsita de la recolección domiciliar puerta a puerta aportaban otro 13 %; participando en la generación global con un total de 58 %.

Estudios de caracterización de RSU domiciliarios (recolección puerta a puerta) también muestran una participación variable de los RV entre un municipio y otro. En Esteban Echeverría, Buenos Aires, se midieron 26 % de RV; en la localidad de Sarmiento, San Juan un 9 %, mientras que en la CABA apenas el 5 %.

Hay distintas formas en que los RV son recolectados en el territorio nacional. En algunos casos se recolectan de manera diferenciada (solos o junto con otros residuos voluminosos como chatarra y escombros). En otros casos, los RV forman parte de la recolección domiciliar puerta a puerta y se juntan con los residuos comunes. En este caso, por lo general los municipios y comunas establecen un volumen máximo para que puedan ser recolectados, preferentemente embolsados, junto con los residuos comunes. También existen casos en los que conviven ambos sistemas: la fracción fina (jardinería) se recolecta puerta a puerta y la fracción más gruesa (poda) se recolecta de forma diferenciada, con o sin otros residuos voluminosos.

¿DE QUÉ HABLAMOS CUANDO NOS REFERIMOS A RV?

• Clasificación de los residuos verdes en esta GUÍA.

RESIDUOS DE JARDINERÍA (RJ)	RESIDUOS DE PODA (RP)
<ul style="list-style-type: none"> • Césped y yuyos. • Hojas verdes o secas de árboles, arbustos y cercos. • Restos de plantas herbáceas de trasplantes, recambios y raleos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ramas, troncos y tocones (para el caso de extracción) de árboles con o sin hojas. • Ramas y tocones de arbustos con o sin hojas.

Las localidades más pobladas de Argentina por lo general disponen sus RSU en sitios controlados, denominados rellenos sanitarios (RS), pero se estima que un 40 % de las 45000 toneladas diarias se dispone en basurales a cielo abierto (BCA). Particularmente la disposición de RV es un desafío para los municipios ya que por el gran volumen que representan incrementa considerablemente la superficie afectada de los sitios de disposición. Además, si la disposición es no controlada en BCA implica impactos ambientales adicionales. Por otro lado, el costo del traslado de los RV es difícil de sostener en el tiempo; algunos municipios que han logrado cerrar sus BCA, luego tienen dificultades económicas y operativas para llevarlos hasta un RS regional.

Para resolver la problemática de los RV, algunos municipios han adquirido chipeadoras para reducir su volumen, a veces con la intención de valorizarlos posteriormente. Sin embargo, en muchas ocasiones estas iniciativas fracasan por dificultades de gestión y operativas, como la limitada capacidad para procesar todo el volumen generado, el requerimiento de mantenimiento intensivo y costoso de las máquinas, la dificultad de sostener la práctica, o por no encontrar un destino comercial o social para el producto obtenido.

A pesar de las dificultades que puede presentar la gestión de la fracción de RV a nivel local, si se la trabaja como una corriente diferenciada, resulta incluso más sencilla que las otras corrientes de RSU. La generación se caracteriza por ser estacional, con predominancia de podas y hojas en otoño-invierno y de restos de jardinería en primavera-verano, y su principal volumen se vincula con actores específicos (servicio municipal de higiene urbana y mantenimiento de espacios verdes, empresas de mantenimiento de tendido eléctrico, barrios de gestión privada y domicilios particulares). Los generadores son fácilmente distinguibles, por ello es factible establecer sistemas de recolección y tratamiento diferenciados. También existen tecnologías que permiten valorizar esta fracción de los residuos, transformándola en nuevos materiales, insumos productivos, biocombustibles sólidos o enmiendas orgánicas.



PLANIFICAR LA GESTIÓN EN EL TERRITORIO

En este capítulo se presentan herramientas que el municipio puede utilizar para realizar un autodiagnóstico de situación.

Primero, metodologías que permitan conocer la cantidad de RV que genera y su composición. Luego, pistas para identificar quién los está generando, cómo y porqué, cuál es la regulación que afecta la gestión de estos residuos, cómo se están recolectando y disponiendo; sus costos e impactos ambientales asociados. Se propone, además, relevar los aprovechamientos y los métodos de tratamiento y disposición existentes.

A continuación, se presenta el universo conocido de potenciales usos que se le puede dar a este recurso. Por último, se dan pistas y pautas para que el municipio organice un modelo de gestión integral adecuado a las particularidades del territorio con énfasis en la sustentabilidad ambiental, pero atendiendo también aspectos sociales y económicos.



TIPOS DE CLIMA

En Argentina existen 18 regiones naturales o ecorregiones. Si bien se distinguen cuatro estaciones bien marcadas en todo el país, el tipo de clima de cada región (cálido, templado, frío o árido) determinará las especies vegetales dominantes. A su vez, el clima y las prácticas de mantenimiento urbano de los espacios verdes públicos y privados, determinarán el volumen de RV que se genera en cada localidad.

Desde el año 2004 el país cuenta con la Ley N° 25916 de Gestión integral de residuos domiciliarios. Aunque existe diversidad de situaciones en torno a los RV, según la Estrategia Nacional de Gestión integral de residuos sólidos urbanos (2005), cada uno de los 2239 gobiernos locales -como municipios de primera categoría, de segunda, de tercera, comisiones de fomento, comunas, comunas rurales, comisionados, comisión municipal, etc.- tiene la responsabilidad de planificar e implementar la GIRSU en su jurisdicción.



• Mapa de climas de la República Argentina. Parte continental. Fuente: IGN

I. Conocer los residuos verdes

Para conocer los RV que se generan será necesario cuantificarlos y caracterizarlos a través de métodos particulares.



Cuantificar

- Midiendo la descarga de camiones.
- Usando indicadores territoriales.



Caracterizar

- Agrupando fracciones por dimensiones.
- Según composición físico-química.
- Según la época del año.
- Según las especies arbóreas.
- Según el tipo de generador.



Cuantificar

Para realizar un buen diagnóstico se necesita conocer las cantidades diarias o mensuales de RV generados en el municipio y su variación estacional. Disponer de indicadores, expresados en toneladas o metros cúbicos por día o por mes, permite seleccionar la tecnología adecuada para su tratamiento y valorización. Y sirve, además, para diseñar, dimensionar y presupuestar la escala de la solución a desarrollar.



En el año 2008 se generaban en el Departamento de General Alvear, Mendoza, 92 t/día de RSU. La fracción de RV dentro de la recolección domiciliaria común (20 % del total de RSU) participaba en un 5 % (en peso), y dentro de los residuos especiales, es decir, poda, chatarra, escombros, industriales (80 % del total) participaba entre un 15 y 40 % (en volumen).



En la ciudad de Posadas, provincia de Misiones, durante 2018 el INTI realizó un relevamiento de las especies de árboles en la vía pública y por otro lado se contabilizaron y caracterizaron los RV. Como resultado de este relevamiento, el municipio pudo conocer que el volumen de la fracción valorizable energéticamente podía alimentar una planta de energía eléctrica de 1 MW de potencia.

Existen diversas metodologías para realizar la cuantificación de los RV. A continuación, se presentan dos alternativas:

MEDICIÓN DE DESCARGAS DE CAMIONES

Se puede estimar el volumen de RV según la cantidad de camiones que ingresan al sitio de disposición final. Pueden ser registrados de dos formas; por un lado, a través de la cantidad de servicios o viajes brindados y, por otro, a través de los registros de ingresos al predio.

Se recomienda tomar registros de los camiones en el acceso al predio al menos durante una semana típica. Mediciones:

- **MÍNIMO:** una semana en julio/agosto y otra en enero/febrero.
- **DESEABLE:** una semana en cada estación del año.

Los datos a registrar son: cantidad de camiones que ingresan y peso que descargan. Si no se posee balanza, la estimación se efectúa a través del volumen de la caja del camión. Se puede asumir la densidad de la poda

urbana en 100 kg/m³. Por ejemplo, un camión con caja de 6 m³ colmado estaría transportando hasta 10 m³ de RV equivalentes a 1 tonelada.

Ejemplo de Medición reportada por la municipalidad de Cosquín, provincia de Córdoba, en el período 2017-2018.	PERÍODO	DESCARGAS [CAMIONES/DÍA]	FRACCIONES [FINO/GRUESO]
	OCT – FEB	12	50/50
	FEB – ABR	8	50/50



Un estudio en la localidad de Unquillo, Córdoba, donde la recolección de RP se realizaba con camiones con cajas de 6 m³, reveló que el volumen transportado era de 10 m³ (y 1000 kg). Este valor coincide con otro estudio realizado en época de verano en la localidad vecina de Mendiolaza.

USO DE INDICADORES TERRITORIALES

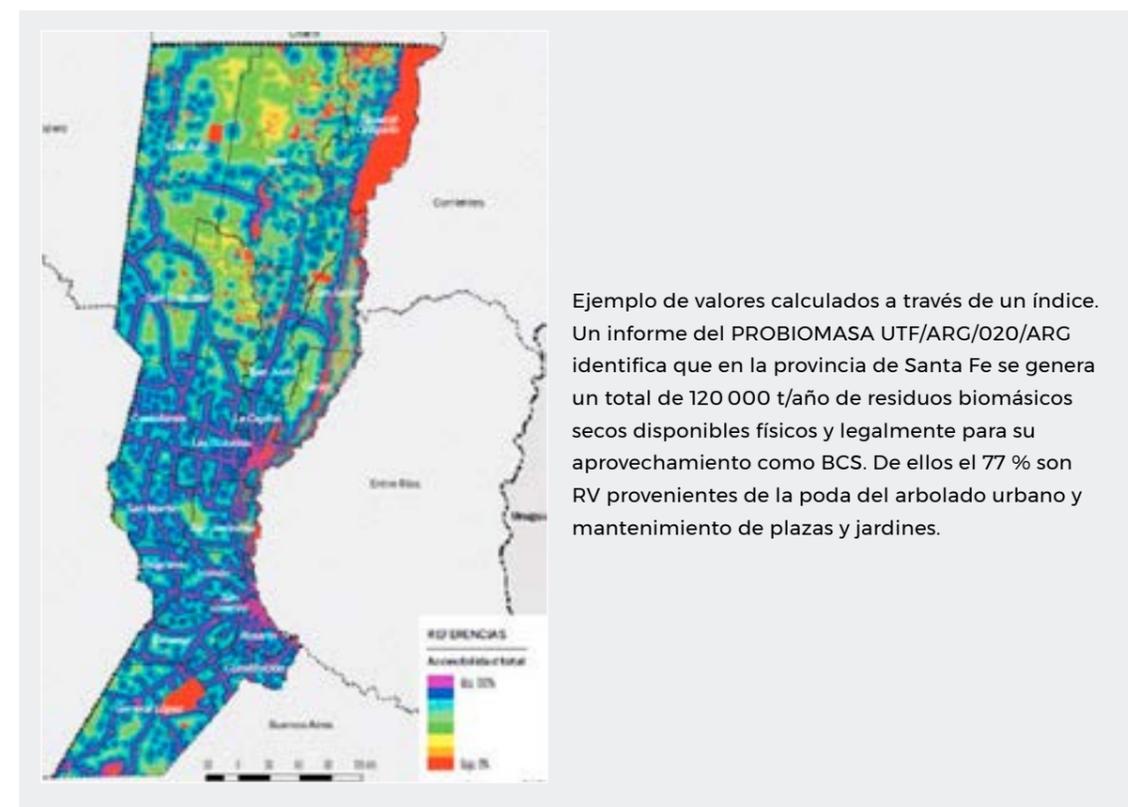
Otra alternativa para estimar el volumen de RV generados en el territorio es apoyarse con sistemas de información geográfica (SIG). Para ello es necesario medir y calcular:

1. CANTIDAD DE VERDE. A partir de un índice verde disponible para la ecorregión como el índice verde normalizado (IVN) o el índice vegetal diferencial normalizado (NDVI) que se calculan a partir de la información de sensores remotos. También se puede usar el índice de superficie verde (ISV) o el de vegetación ajustado al suelo (SAVI).

2. CRECIMIENTO DEL VERDE. Luego el índice se asocia a cantidad de hojas, e indirectamente a crecimiento (para comparar zonas cercanas); claro que el mismo NDVI en Bariloche o en Posadas implica crecimientos muy diferentes.

3. GENERACIÓN DE RV. A lo estimado, luego hay que ajustarlo según las prácticas /políticas de poda urbana. El manejo que se haga de ese crecimiento afecta a los índices de generación.

Los modelos ajustados empíricamente son los que más se aproximan a la generación real; pero mejor todavía es contar las mediciones de los camiones que descargan RV recolectados, como se menciona en la primera metodología.



EJEMPLO DE METODOLOGÍA DE CÁLCULOS A TRAVÉS DEL IVN

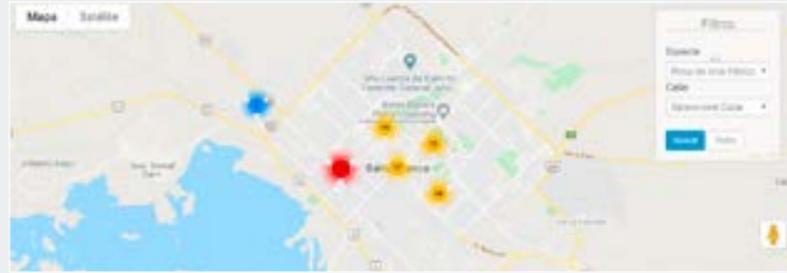
Arboit (2017) realizó una estimación en entornos urbanos forestados del área metropolitana de Mendoza a través de los siguientes pasos:

1. Recopilar información catastral.
2. Definir un conjunto de variables urbano-edilicias.
3. Seleccionar una muestra representativa de manzanas urbanas.
4. Releva en territorio las manzanas seleccionadas.
5. Analizar las áreas verdes superficiales a través de un inventario de datos catastrales, fotografías aéreas y otros antecedentes.
6. Cuantificar las áreas verdes superficiales desde una vista aérea (modelo i-tree canopy).
7. Utilizar imágenes satelitales para determinar el IVN.
8. Comparar los resultados del IVN calculado con la información obtenida de los muestreos para ajustar el modelo de cálculo.
9. Elaborar mapas y calcular superficies de verde urbano en función del IVN.

Una opción para georreferenciar el arbolado urbano es el censo. Sin bien es una tarea intensiva, sirve para obtener información sobre la cantidad de ejemplares existentes por especie, su estado general y presencia de problemas fitosanitarios. Las aplicaciones móviles y la participación ciudadana han facilitado mucho esta tarea.

● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

La ciudad de Bahía Blanca, a través de censos de arbolado urbano, realizó un mapeo de las distintas especies arbóreas de su tejido urbano. El relevamiento es realizado tanto por personal del municipio como de vecinos a través de una app para teléfonos móviles. El mapa resultante está disponible en línea.



Caracterizar

Hay diversos criterios para realizar una buena caracterización de los RV de un municipio. Todos ellos son válidos y pueden complementarse para que el diagnóstico tenga mayor detalle y precisión.



SEGÚN SUS DIMENSIONES

Los RV se pueden dividir según sus dimensiones:

		RJ	RP
		Materiales celulósicos de degradabilidad más rápida	Materiales lignocelulósicos o de degradabilidad más lenta
FRACCIÓN	FINA	Hojas de árboles secas o verdes. Césped y restos de plantas herbáceas. Arbustos y cercos vivos.	Ramitas y hojas de la poda de árboles.
	MEDIA	-	Ramas arbóreas (desprovistos de sus partes verdes).
	GRUESA	-	Troncos, ramas y tocones (desprovistos de sus partes verdes).

Los límites de cada fracción se pueden definir en función de:

- Los objetivos o posibilidades de destino o colocación que tenga el municipio, por ejemplo, chip verde, compost, leña, etc.
- La maquinaria e infraestructura disponible: por ejemplo, la capacidad de la máquina chipeadora o trituradora puede ser el límite de la fracción gruesa con destino a tronco/leña.

Un estudio en la ciudad de Unquillo, Córdoba, arrojó que durante la época húmeda, el 50 % del volumen correspondía a las fracciones fina y media (hojas, pasto y ramas de diámetro < 5 cm); mientras que en la época seca, la fracción fina y media comprendía solo el 20 % y la fracción gruesa (ramas de diámetro > 5 cm) el 80 % restante.

SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO

Los RV se generan durante todo el año, con una estacionalidad marcada y variable según la región. Por esta razón es importante repetir la caracterización y cuantificación de dos a cuatro veces al año (que coincidan con cada una de las estaciones climáticas), al menos el primero año del diagnóstico.

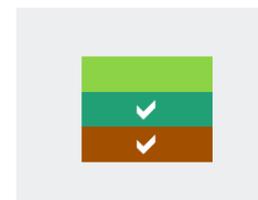
• Composición de los RV para municipios en la zona centro del país, con un clima monzónico del noroeste.

<p>OTOÑO-INVIERNO</p>	Poda y extracción de árboles y arbustos (tocones, troncos, ramas, hojas).
<p>PRIMAVERA-VERANO</p>	Restos de jardinería como corte de césped, recorte de cercos vivos y arbustos, recambio, desmalezado y raleo de plantas herbáceas.

• Composición de los RV (RP+RJ) en la ciudad de Mendiolaza, Córdoba (2018-2019).

FRACCIÓN	ESTACIÓN SECA: DE MAYO A SEPTIEMBRE (18 SEMANAS)		ESTACIÓN HÚMEDA: DE SEPTIEMBRE A ABRIL (34 SEMANAS)	
	45 %		55 %	
GRUESA Y MEDIA	64 %	Ramas, troncos, tocones	48 %	Árboles y ramas
FINA	28 %	Hojas	47 %	Césped, herbáceas, cercos vivos y arbustos
RESTO	8 %	Impropios (metales, plásticos, etc.)	5 %	Impropios

SEGÚN COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA



Para definir el uso que se dará a los RV, es necesario conocer sus características físico-químicas. Por ejemplo, **para producir biocombustibles sólidos (BCS)** se recomienda realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad
- Densidad aparente
- Tamaño de partícula o granulometría
- Contenido de cenizas
- Contenido de materiales volátiles
- Carbono fijo
- Poder calorífico
- Contenido de cloro
- Contenido de azufre

● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

Nota: cuando se sospeche de la presencia de metales pesados o compuestos halogenados, preservantes de madera o químicos a los que pueden haber estado expuestos los especímenes, la lista de ensayos será más amplia. Para más detalles ver familia de normas IRAM 17225 de BCS.



Ensayo de tamaño de partícula o granulometría. RP chipeados de la localidad de Camilo Aldao, Córdoba, pertenecientes a especies arbóreas y arbustivas con hojas.

• Resultado de las cuatro fracciones obtenidas con tamizado.

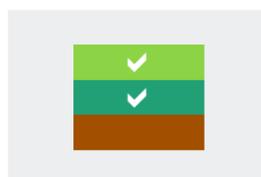
FRACCIÓN	%	OBSERVACIONES
FINOS	29	Pueden ocasionar problemas de limpieza en equipos de combustión.
HOJARASCA	35	Al no haber sido preclasificado, se presenta en un alto porcentaje.
PALILLOS Y RAMAS	20	Los palillos y ramas no trituradas son un porcentaje menor.
CHIP G10 O MOLIDO	16	Es poca cantidad para el aprovechamiento térmico.

Si en cambio lo que se busca es producir compost, entonces los indicadores físico-químicos a realizar a los RV son otros.

- Potencial hidrógeno (pH)
- Conductividad eléctrica (dS/m)
- Nitrógeno total (mg/kg o %)
- Materia orgánica total (%)
- Relación: carbono orgánico total/nitrógeno total
- Densidad (kg/m³)
- Humedad (%)

La Resolución SCyMA-SENASA 01/2019 establece el "Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost" incluye a los RV municipales en el listado de los materiales posibles de compostar, pero en su Anexo I se indica que deben ser separados en origen y recogidos mediante recolección diferenciada.

La Resolución no indica determinaciones de laboratorio a realizarle a la materia prima. Como orientación, la norma IRAM 29556-1 (2012) describe las características relevantes de los residuos que inciden sobre el proceso de compostaje. Sin embargo, la Resolución mencionada sí detalla qué determinaciones se deben realizar al compost obtenido (Anexo V) y cuáles límites y parámetros de calidad debe cumplir (Anexo IV).



Parvas de chip verde de RP (sin clasificar) en Unquillo, Córdoba, con potencial para compostar ya sea solo o como co-sustrato de otros residuos orgánicos.

• Determinaciones de tres muestras de chips verdes: dos tomadas al momento del chipeado y otra tomada de una parva de chip mantenida a la intemperie durante un año. Determinaciones realizadas en Laboratorio de Ciencias Químicas de la UCC según las técnicas que indica la Resolución SCyMA-SENASA 01/2019.

	FRESCO	FRESCO	UN AÑO
DENSIDAD (g/litro)	-	193	206
pH	6,90	7,06	6,64
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m)	0,51	0,85	0,92
HUMEDAD (%)	32,60	10,40	8,30
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	37,40	41,60	57,70
RELACIÓN C/N (%)	40,60	62,00	64,10
NITRÓGENO TOTAL (%)	0,92	0,67	0,90
MATERIA ORGÁNICA (%)	64,90	79,60	102,30

SEGÚN LAS ESPECIES ARBÓREAS

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de caracterizar los RV son las especies arbóreas implantadas en el municipio. El tipo de material lignocelulósico de cada especie varía y con él sus características, en particular la dureza. Por ejemplo, árboles de madera oscura suelen ser más duros y, por ende, más difíciles de degradar biológicamente, densificar y triturar pero con mayor poder calorífico para su aprovechamiento energético.

II. Conocer el territorio

Antes de diagramar un plan, es necesario identificar prácticas y actores existentes en el territorio; también conocer las normativas vigentes que afecten a la gestión municipal y a la organización de los generadores.



¿De qué regulación se dispone?

- Arbolado público
- Gestión de residuos



¿Quiénes son los generadores?

- Formales
- Informales



¿Cómo es la recolección?

- Municipal
- Privada
- Comunitaria



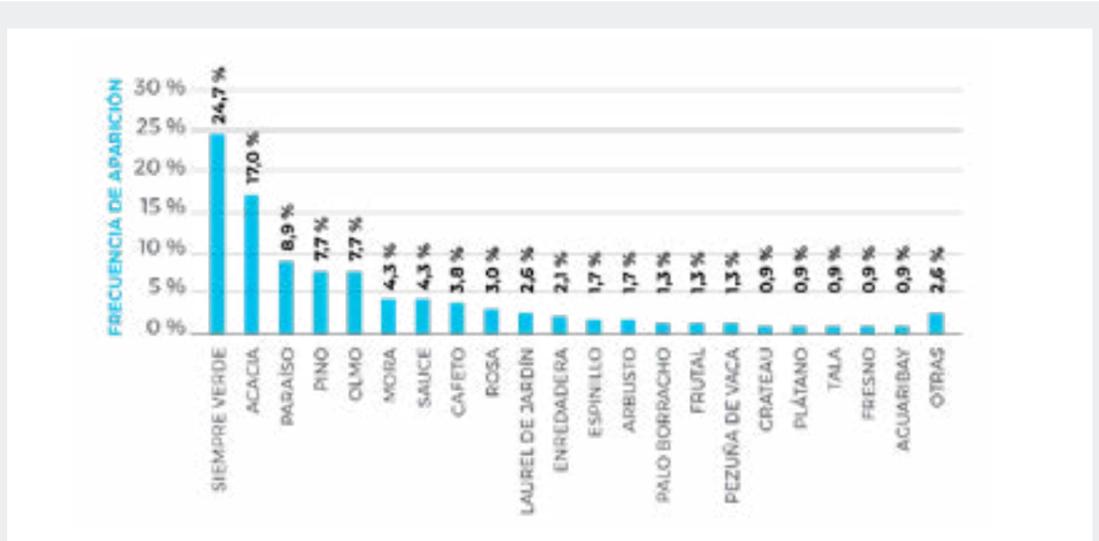
¿Qué aprovechamientos existen?

- Institucionales
- Informales
- Domiciliarios



¿Cómo y dónde se realiza la disposición?

- Rellenos sanitarios
- A cielo abierto con cobertura
- Basurales a cielo abierto



• Estudio de caso: Unquillo, Córdoba. De las especies arbóreas solamente cinco concentran más de la mitad y además no son nativas.

SEGÚN EL TIPO DE GENERADOR

Otra forma de caracterizar los RV es agruparlos según el generador. Aunque no dice mucho sobre la composición, esta información puede ser muy útil al municipio al momento de organizar la gestión y asignar responsabilidades.

GRANDES	PEQUEÑOS
Privados (loteos planificados)	Domicilios con jardines grandes
Barrios cerrados	Domicilios con jardines intermedios
Municipal (espacios verdes) + institucional	Domicilios con poco o sin jardín

• Caracterización de los RV según el origen en la ciudad de Unquillo en 2014.

JARDINERÍA Y PODA EN DOMICILIOS	79 %
ACONDICIONAMIENTO TERRENOS PÚBLICOS	7 %
LIMPIEZA DE MICRO BASURALES	5 %
BARRIDO DE CALLES	7 %
MANTENIMIENTO DE ARBOLADO URBANO	2 %

Generador de residuos verdes es cualquier persona física o jurídica que produzca residuos verdes. Pueden ser individuales o especiales (instituciones, consorcios, barrios, etc.). También pueden ser formales o informales, según su nivel de formalidad o registración en el sistema municipal.

Marco regulatorio

El diagnóstico de situación requiere conocer los instrumentos legales que se dispone acerca de la gestión de residuos y de arbolado tales como ordenanzas, programas y disposiciones. Para que sean considerados, todos deben ser formales y emanados desde el municipio que regula, administra y da servicios dentro del territorio de la ciudad.



Son pocos los municipios que cuentan con normativa que regule con especificidad la gestión de los RV, alguno de sus eslabones, las responsabilidades de los generadores, o que presenten un tratamiento integral. A continuación, se presentan algunos casos de Ordenanzas.

- La **ciudad de Santa Fe**, como la mayoría de las ciudades, en su Ordenanza N° 11917/2012, de gestión de residuos de manejo especial, define a los grandes generadores de poda como aquellos que generen más de 2 m³ diarios.
- El **municipio de Pilar**, Buenos Aires, cuenta con la Ordenanza N° 135/2001 para residuos domiciliarios y de poda en la que define que los grandes generadores (barrios privados y clubes de campo) deben gestionar sus residuos y a la vez declarar al municipio información como t/mes de poda y kg/mes.hectárea.
- El **municipio de La Plata**, Buenos Aires, en su Ordenanza N° 9822/2004 define destinos y usos para algunos residuos de poda de gran porte, que deben ser entregados a entidades de bien público como elementos combustibles.
- La **municipalidad de Mendiola**, Córdoba, a través de la Ordenanza N° 815/2018 define un modelo de gestión de RV alentando la reducción y valorización en origen, la recolección y el tratamiento. Esta contempla la creación de un registro de operadores de RV y la creación de plantas de tratamiento. Por otro lado, establece la eliminación de la recolección de RJ por parte de la municipalidad.



Generación

PRÁCTICAS QUE GENERAN RESIDUOS VERDES

■ JARDINERÍA

Las prácticas de jardinería son estacionales y están condicionadas por el tipo de urbanización y las prácticas de sus habitantes.

		PRIMAVERA-VERANO	OTOÑO-INVIERNO
LUGAR DE GENERACIÓN	ESPACIOS PÚBLICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Corte de césped. • Recorte de cercos vivos. • Raleo, desmalezado y recambio de plantas herbáceas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de hojas secas. 
	VIVIENDAS		



■ PODA

La poda de árboles es una de las principales fuentes de generación de RV

• Tipos de podas según la época:

- En reposo/invierno (puede ser temprana, de invierno o tardía)
- En verde/verano (puede ser en primavera, verano o en otoño en verde)

La frecuencia de la poda depende del tipo de ejemplar y de los objetivos. A continuación, se muestra un ejemplo de cronograma de gestión de la poda en un municipio.

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
TIPO DE SERVICIO	PODA CONVENCIONAL			VEDA PRIMAVERA			PODA VERANO					VEDA OTOÑO
MAYOR DEMANDA DE SERVICIOS	Reducción de altura			Extracciones			-					Extracciones
MAYORES ESPECIES INTERVENIDAS	Especies A y B			Especie C			Varias					-
TIPO DE MATERIAL OBTENIDO	Ramas de distintos tamaños (finas, medias y gruesas).			Descopes (parte aérea) y fustes troceados			Ramas de menores diámetros con mucha hoja y mayor humedad.					-

ACTORES QUE GENERAN RESIDUOS VERDES

■ GENERADORES FORMALES

Están asociados al mantenimiento de espacios verdes públicos (parques y paseos), al mantenimiento del tendido eléctrico o líneas de comunicación, la poda después de tormentas o extracción de árboles que comprometen la seguridad vecinal o de infraestructura. En algunos casos, los generadores están encargados del mantenimiento del arbolado de la vía pública; puede ser el propio municipio o un servicio contratado.

EJEMPLOS DE GENERADORES FORMALES EN LA CIUDAD.

Municipio. Áreas encargadas de higiene urbana. Municipalidad de San Miguel, Buenos Aires.



Municipio. Áreas encargadas de espacios verdes. Municipalidad de San Miguel de Tucumán.



Distribuidoras de electricidad. Empresa Provincial de Energía de Santa Fe.



● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

Registro municipal de operadores de RV. La municipalidad de Mendiolaza, a través de la Ordenanza N° 815/2018, creó un registro de operadores dedicados a a) poda, b) trozado, c) chipeado, d) desmalezado, e) compostaje, f) fletes. El Registro se pone a disposición de los vecinos para su contratación, no excluyente y consta de empresas, particulares y/o cooperativas, que deben inscribirse.

■ **GENERADORES INFORMALES (PRIVADOS Y COMUNITARIOS)**

Los generadores de RV informales están asociados a la gestión de la poda o jardinería y, en muchos casos, también incluye el servicio de la recolección y traslado de los RV hasta algún destino.

EJEMPLOS DE GENERADORES INFORMALES EN LA CIUDAD

Servicios privados de grandes superficies.
Empresa en Luján de Cuyo, Mendoza.



Recolectores o servidores urbanos.
Cooperativa Carreros La Esperanza, ciudad de Córdoba.



Generadores agroindustriales de RP. En algunos municipios la actividad agrícola y agroindustrial puede incidir en la generación. Tal es el caso de territorios que cuentan con actividad frutícola (frutales de carozo o pepita, viñedos, olivares, cítricos, nogales, etc.)



La poda estacional de estas especies así como la remoción y recambio de ejemplares son actividades que aportan grandes volúmenes de RV. En algunos casos estos residuos son valorizados por la misma industria que los genera, pero en otros casos son quemados a cielo abierto o terminan en BCA.

La provincia de Buenos Aires cuenta con la Ley 12276 de 1999 que describe qué se entiende por arbolado público, prohíbe su extracción, tala, poda o daños sobre él y determina en qué casos se habilitan acciones, siempre con autorización de la autoridad competente.



Recolección

Como parte del diagnóstico se deben conocer los diversos modos en que se realiza la recolección de los RV en el territorio. La recolección varía en cada municipio; algunos cuentan con un servicio municipal o tercerizado con una frecuencia determinada o a veces a demanda. En algunos casos, tiene que ser gestionada y es a costo del generador. En algunos municipios está prohibido podar o sacar RV a la vereda durante todo el año o en ciertas estaciones.

■ **MUNICIPAL**

El modo en que se organiza la recolección de los RV es variable de un municipio a otro. A continuación se muestran los modelos más frecuentes. Cuando el sistema de recolección es mixto el aprovechamiento posterior suele ser más dificultoso, y cuando los RV se recolectan en forma diferenciada aumenta el potencial de valorización.

EJEMPLOS DE MODELOS DE RECOLECCIÓN MUNICIPAL DE RV

RESIDUOS DE JARDINERÍA	RESTOS DE PODA
De forma mixta junto a la fracción "orgánica o húmeda" de los domiciliarios	De forma mixta junto a muebles y enseres dentro de los "voluminosos"
De forma diferenciada junto a los "restos de poda"	De forma valorizable junto a los "restos de jardinería"
	Los RP dispuestos por los vecinos en la vía pública pueden ser procesados in situ, antes de la recolección, con una chipeadora o enfardadora. Esta práctica reduce hasta siete veces el volumen de RV a transportar



Aprovechamiento

Como parte del diagnóstico se deben identificar las experiencias de aprovechamiento de RV en el territorio, tanto las gestionadas por el propio gobierno local, por una empresa privada en acuerdo con el municipio como las de carácter informal. Para eso se recomienda conocer:

- El tipo de actor que opera cada alternativa.
- La cantidad de toneladas por día o por mes que procesa.
- Los tipos de residuos que aprovecha.
- Los productos que obtiene y cuáles son los destinos.
- Las necesidades y oportunidades de mejora.

EJEMPLOS DE APROVECHAMIENTOS REALIZADOS POR MUNICIPIOS DEL PAÍS

MULCHING PARA ESPACIOS VERDES.

La municipalidad de Rosario tiene implementada esta práctica. Los RP triturados (chip verde) se aplican en cazuelas, senderos y parques; además como materia prima para la planta de compostaje de la ciudad.



COMPOST COMO ENMIENDA DE SUELOS.

Acopio, chipeado y compostaje de los RP en Camilo Aldao, Córdoba. Los chips verdes son utilizados para cubrir las pilas de compostaje de la fracción orgánica de los RSU recolectados de manera diferenciada.



EJEMPLOS DE INICIATIVAS DE PARTICULARES

QUEMA CONTROLADA EN ACTIVIDADES COMUNITARIAS.

Fogata de San Juan se realiza en muchas ciudades del país.



EJEMPLOS DE APROVECHAMIENTOS DOMICILIARIOS IMPULSADA POR MUNICIPIOS

APROVECHAMIENTO SOCIAL DE LA LEÑA.

En el invierno del año 2018, el municipio de la ciudad de Almagre, Córdoba, entregó leña a algunos hogares vulnerables energéticamente, para sobrellevar el frío.



EJEMPLO DE RECUPERADORES URBANOS

RECOLECTORES URBANOS.

Aunque invisibilizada, en algunas situaciones también hay recolección urbana de RP por parte de particulares con el fin de usarlos como leña en la cocción o calefacción.



• **RESIDUOS VOLUMINOSOS NO SON RV.** Muchos municipios, a los fines de simplificar el sistema de recolección puerta a puerta, incluyen en una fracción denominada "voluminosos" a los RV junto a muebles y enseres, que además de maderas tratadas pueden tener metales, plásticos y materiales compuestos (MDF, melaminas, etc.) y hasta áridos. Para facilitar su posterior valorización, es importante diferenciar la fracción de RV al momento de la recolección. Las maderas tratadas están excluidas tanto de las normas de biocombustibles sólidos como de compost.

Categorías de madera desechada por nivel de contaminación según la regulación AltholzV 2003 de la República Federal de Alemania orientada a evitar, reducir, reutilizar o reciclar los residuos de madera que se producen.

A I	En su estado natural o solo mecanizados que, durante su uso, se contaminaron de manera insignificante con sustancias nocivas para la madera.
A II	Aglomerados, pintados, recubiertos, lacados o tratados de otra manera. Sin compuestos orgánicos halogenados en el revestimiento y sin conservantes para la madera.
A III	Con compuestos orgánicos halogenados en el revestimiento, sin conservantes para la madera.
A IV	Tratada con conservantes de madera, como vías de ferrocarril, mástiles telefónicos, postes de lúpulo, postes de vid, así como otros desechos de madera que, debido a su contaminación, no pueden asignarse a las categorías A I, A II o A III, con la excepción de los desechos de madera que contienen PCB.

▪ PRIVADOS Y COMUNITARIOS

En los casos donde no hay recolección municipal o es insuficiente, algunos privados optan por recolectar y transportar los RV al sitio de disposición final por su cuenta o contratando los servicios de un tercero.

EJEMPLO DE RECOLECTORES EN LA CIUDAD

Autogestión o servicios de particulares. Fleteros

Recolectores o servidores urbanos. Cooperativa Carreros.

Contenedores privados. Empresas volqueteras.



Disposición

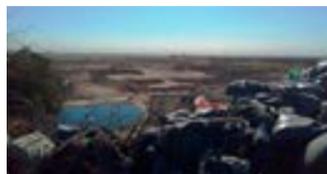
La disposición final de RV que no son aprovechados es un desafío para los municipios por el volumen considerable que estos ocupan, su lenta degradación y el riesgo ambiental que esto implica. Por ello, identificar prácticas vigentes de disposición es una tarea necesaria.

■ SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL

En ciudades grandes los puntos de disposición final suelen ser más de uno, muchos de ellos informales.

DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENOS SANITARIOS.

En algunas ciudades los RV son enterrados junto con el resto de los RSU. Por lo general no son aceptados en estos sitios por su escasa densidad que compromete la vida útil del RS. La fracción leñosa se descompone lentamente. Además, aproximadamente el 20 % no se descompondrá y quedará como material estable.



DISPOSICIÓN A CIELO ABIERTO CON COBERTURA O ENTERRAMIENTO.

En algunos casos los RV son acopiados transitoriamente y luego cubiertos con tierra como una manera de controlar las posibilidades de incendio y disminuir los riesgos sanitarios. Otras veces los RV son dispuestos en forma diferenciada y se hace quema controlada (prohibida en algunas provincias), o se abandonan para su degradación natural.



DISPOSICIÓN EN BASURALES A CIELO ABIERTO.

En el peor de los casos, los RV son dispuestos junto con otros residuos en BCA, lo cual favorece la propagación de vectores (ratas, mosquitos, escorpiones, serpientes, etc.). En ocasiones, también se les prende fuego para reducir su volumen generando emisiones contaminantes además riesgo de propagación de incendios.



Con el fin de prevenir incendios, daños ambientales y riesgos para la salud y la seguridad públicas, la Ley Nacional N° 26562 de 2009 establece presupuestos mínimos de protección ambiental para control de actividades de quema en todo el territorio nacional.

Por su parte en la provincia de Río Negro, el Decreto N° 550/2005 de la Ley N° 2966 reglamenta las quemas de RV. Reconoce que resulta conveniente promover el tratamiento de los residuos vegetales mediante procedimientos ecológicos, tales como el chipeado y compostaje, pero autoriza el uso del fuego a través de las quemas prescriptas y quemas controladas. Este último refiere al uso del fuego en forma dirigida conforme a las normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantenerlo bajo control y cuya finalidad es la eliminación de vegetales muertos en montículos o fajas dentro de un área determinada.



■ RIESGOS URBANOS

Identificar y vincular los riesgos al territorio, aunque no es una tarea indispensable para planificar la gestión de los RV, puede ayudar a identificar desafíos y oportunidades vinculadas al territorio urbano. Estos pueden estar asociados a la disposición inadecuada de los RV en BCA, a la acumulación y eliminación, a los métodos de recolección y traslado, como así también en las formas de aprovechamiento y valorización improvisadas.

EJEMPLOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS EN SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RV

DISPOSICIÓN EN BCA.

Riesgos sanitarios para la población por picaduras, proliferación de vectores de enfermedades, accidentes.



DISPOSICIÓN EN BCA.

Riesgo de incendios espontáneos o intencionales.

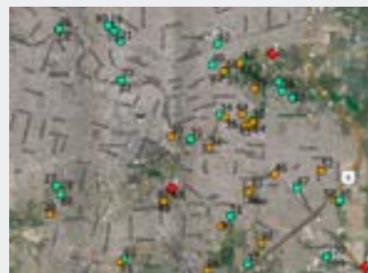


Los mapas de riesgo son representaciones cartográficas que permiten visualizar la distribución de determinados riesgos de desastre en un territorio específico. Estos surgen de la combinación de mapas de amenaza y mapas de vulnerabilidad, cada uno de los cuales ya son el resultado de índices e indicadores específicos.

Una herramienta para esto es el Manual para la elaboración de mapas de riesgo, publicado por el Ministerio de Seguridad de la Nación y que responde a la Ley N° 27287 de 2016 creada para atender la salvaguarda de vidas, bienes, infraestructura de sostén y medios de producción a través de la creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo.



La identificación, geolocalización y caracterización de los BCA es una tarea que ayuda para luego avanzar con el ordenamiento territorial.



Georreferenciación y recopilación de información de BCA de la ciudad de Córdoba. Trabajo realizado por INTI en 2015.

El enterramiento de RV genera su descomposición anaeróbica. Dependiendo de las condiciones en que se haga puede generar 2,25 - 3 toneladas de CO_{2equiv} por tonelada de RV enterrado. Pero quemar el material a cielo abierto es aún peor.

Las consecuencias ambientales por la quema a cielo abierto de RV son significativas según ADEME (2018). El quemar 50 kg de residuos verdes al aire libre, además de contribuir al cambio climático y a la lluvia ácida, emite a la atmósfera tanto material particulado fino como un vehículo diésel moderno que recorra 13000 km. Otros contaminantes emitidos son los compuestos orgánicos volátiles como benceno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, algunos de ellos cancerígenos. Además otros contaminantes secundarios, son generados por transformaciones químicas en la atmósfera de los primeros, como el ozono troposférico (que se encuentra en los primeros 10 km de la atmósfera).



III. Conocer los potenciales destinos

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual, es conveniente explorar el horizonte de oportunidades para transformar los RV en materia prima.



Reciclar en origen

- Todas las fracciones de los RV pueden aprovecharse en el mismo lugar donde se generan con mayores beneficios ambientales y tecnologías de baja escala.



Procesar industrialmente

- Hay gran variedad de productos que se pueden obtener. Los productos a elegir dependerán de la demanda potencial, de la tecnología disponible, de la escala de las inversiones necesarias, así como el acceso al financiamiento y la posible asociación con emprendedores privados o cooperativas de trabajo.



Disponer de manera productiva

- Aunque con escasas ventajas ambientales, son vías rápidas para darle un destino útil a un material recolectado y semiprocesado.



Disponer de manera controlada

- Finalmente, si ninguna de las tres alternativas anteriores ha sido posible, deberá analizarse la manera de darle a los RV una disposición final controlada.

Reciclar en origen



Todas las fracciones de los RV pueden aprovecharse en el mismo lugar donde se generan con tecnologías de baja escala.



▪ **COMPOSTAJE DE LOS RJ (FRACCIÓN FINA).** Se pueden reciclar en combinación con los residuos de cocina. El Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño del INTI ofrece pautas detalladas sobre esta práctica.



▪ **CHIPEADO DE RP (FRACCIONES FINA Y MEDIA).** El chip aplicado a jardinería y huertas tiene un uso ornamental o de protección de suelos. Cuando se usa con fines ornamentales se suele zarandear para lograr homogeneidad estética.



▪ **USOS ORNAMENTALES DE RP (FRACCIONES MEDIA Y GRUESA).** Por ejemplo en cercos urbanos.



▪ **DESRAMADO Y TROZADO DE RP (FRACCIÓN GRUESA).** Si es para calefacción domiciliaria, en estufas de alto rendimiento, las ramas se pueden aprovechar a partir de los 5 cm de diámetro. En el caso de los troncos, la longitud no debería superar 400 mm ni 3 kg por pieza.



Para identificar posibles prácticas hogareñas de calefacción (estufa), calefón a leña, o cocción (cocina o asador) se pueden ver la guía **Reciclado hogareño**. Oportunidades de valorizar en origen los residuos orgánicos del INTI.



Para saber sobre modelos de estufas de alto rendimiento se puede consultar el manual **Sara. Estufa social argentina de alto rendimiento**. Manual para autoconstrucción del INTI y Conicet. Existen varios modelos nacionales de código abierto, como la Rusa INTA, Rocket L Santa Fe, y los modelos difundidos por la Asociación Argentina de Estuferos, como la Rocket Jota, Rocket BBR y la PAR, entre otros.



Procesar industrialmente

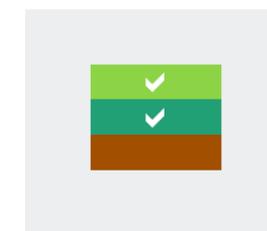
Las fracciones de RV orientan y al mismo tiempo condicionan los potenciales usos.

FRACCIÓN	RJ	RP	DESTINO
FINA	✓	✓	Compostaje junto con residuos orgánicos (agroindustriales o domiciliarios) para obtener algún tipo de estabilizado o compost.
MEDIA	-	✓	Chip verde para compost, mulch, estabilizado o insumos productivos, y eventualmente a chip marrón para BCS.
GRUESA	-	✓	Aprovechamiento directo como material maderable o como BCS de tipo leña para hogares o industrias.

Según el nivel de procesamiento, se pueden distinguir tres instancias para el material originado de los RV.

- **MATERIA PRIMA:** los RV pasan a ser materia prima cuando se los cuantifica y caracteriza para un proceso en particular como puede ser BCS o compostaje.
- **PRODUCTO INTERMEDIO:** material resultante del acondicionamiento de los RV y que podrían utilizarse directamente o servir para elaborar un producto final.
- **PRODUCTO FINAL:** son productos comerciales estandarizados, y generalmente funcionan como commodities en mercados desarrollados. Existen una oferta y una demanda que dan circulación regular a estos productos.

PRODUCIR COMPOST



Es posible producir compost a partir de los RV con diversas aplicaciones potenciales. Las normas y regulaciones nacionales de referencia pueden usarse como guía para saber qué calidad de compost el municipio puede aspirar a producir con sus RV recolectados y, por ende, qué destino darle.

● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.



COMPOST Y LOMBRICOMPUUESTO.
Son enmiendas orgánicas que un municipio puede producir con los RV recolectados de manera diferenciada y en combinación con otros residuos orgánicos.

La Resolución SCyMA-SENASA 01/2019 define dos clases de compost:

- Clase A que no presenta restricciones de uso ni de aplicación
- Clase B que tiene restricciones de aplicación en función a los valores límites de elementos potencialmente tóxicos (ETP) que se podrán introducir a los suelos.

La norma IRAM 29556-1 informa que en investigaciones con distintos RV el contenido de metales pesados (ahora denominados ETP) se encontraba en muy bajos porcentajes, despreciables para el procesamiento de compost salvo para aquellos que se encontraban en la vía pública en sectores de alta densidad de tránsito vehicular.

Para comercializar un producto en la República Argentina, el mismo deberá inscribirse en el Registro Nacional de Fertilizantes y Enmiendas que actualmente pertenece a la Dirección de Agroquímicos y Biológicos dependiente de la Dirección Nacional de Protección Vegetal (DNPV) y dar cumplimiento a los requisitos establecidos en la Resolución Conjunta SCyMA-SENASA 01/2019.

El compost que se pretende destinar para enmendar suelos agrícolas o forestales, como parte de los componentes de un sustrato, tiene límites estrictos y debe ser evaluado en dicha mezcla según la Resolución SENASA 264/2011.

Además las dosis de aplicación deberán realizarse según un balance de nutrientes teniendo en cuenta la demanda de nitrógeno y fósforo del cultivo por un lado y la disponibilidad inicial de dichos nutrientes en el suelo y en el compost que se pretenda distribuir. Además, se debe controlar la dosis anual de carga de ETP que puede ser aplicado a una unidad de superficie de suelo (kg/ha.año) sin superar la carga máxima admitida.

ALGUNOS DESTINOS POSIBLES DEL COMPOST:



• Enmienda para contenedores



• Enmienda para suelos



La Ciudad Autónoma de Buenos Aires realiza recolección diferenciada de RV de sus espacios verdes. Las fracciones gruesas y medias son utilizadas para generar mulch y chips para parquizaciones. La fracción fina, por su parte, es triturada y agregada como material estructurante en el proceso de compostaje de residuos orgánicos.

APROVECHAR MATERIALES MADERABLES



La utilización de madera proveniente de RV es una práctica difundida a escala hogareña o entre trabajadores artesanales. Los artesanos de madera secundaria buscan cada vez más troncos de poda urbana.

Para un aprovechamiento de mayor escala, algunos usos posibles son los constructivos, ornamentales y utilitarios.

POSIBLES USOS MATERIALES DE LA FRACCIÓN MEDIA O GRUESA DE LOS RP

USOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.
Quincha en paredes de barro.



USOS ORNAMENTALES.
Mobiliario urbano.



Identificación de maderables. Las actividades de limpieza de márgenes y cauces de ríos en la provincia de Río Negro, generan RV con material lignocelulósico factible de acondicionar y aprovechar. Este RV está formado por material fino y troncos de distintas especies, tamaños y conservación.

En el año 2018 el INTI acompañó un proyecto, junto a la Subsecretaría de Bosques, Ministerio de Desarrollo Social, Agencia de Desarrollo Económico de esa provincia, con la finalidad de identificar materias primas provenientes de la limpieza de un tramo de 8,5 km del brazo sur del Río Negro en la zona del Valle Medio, aprovechable para aserraderos o como bioproductos.



Madera de árboles removidos. El conocimiento y la experiencia sobre la recuperación y uso de esta madera a nivel local es escasa y, además, no hay mercados establecidos. Por otro lado, la operatoria de extracción de árboles urbanos es considerablemente más costosa que la tala de bosques implantados.

Los árboles removidos o podados en la ciudad generalmente están muy dispersos, son de diferentes especies y la calidad del material es muy variable. El suministro de madera urbana es inconsistente, disminuye con la sequía, las plagas, las tormentas u otras perturbaciones. Además, tienen una gran cantidad de madera con nudos, daños por insectos, manchas y otras características que no se desean en los grados más altos de madera.



GENERAR INSUMOS PRODUCTIVOS



A continuación se presentan alternativas de destino de los RV que están siendo evaluadas por grupos de trabajo locales. Algunas tienen referencias científicas y experiencias en otros países que las validan, otras necesitan seguir estudiándose.

MULCH	Se utiliza el chip de poda -chip marrón- para cobertura de canteros a los fines de conservar humedad, aportar materia orgánica al suelo y reducir el crecimiento de malezas. En algunos casos se los colorea para darles mayor valor ornamental.	
SUSTRATO PARA HONGOS COMESTIBLES	Las ramas y hojas chiheadas -chip verde- se embolsan, acondicionan y pasteurizan y se inoculan con micelios de hongos. El sustrato, una vez descartado, se puede reutilizar o incorporar al suelo como mejorador, o usar en mezcla para la producción de sustratos para viveros.	
CAMA ANIMAL	Se puede utilizar como cama en caballerizas; también en la crianza de cerdos. Para el caso de las aves, presenta limitaciones ya que lastima las garras de los animales.	
LOMBRIFILTRO O SISTEMA TOHÁ	Es una tecnología de tratamiento de aguas residuales. Consiste en preparar un filtro percolador compuesto de diferentes estratos filtrantes y lombrices. Los filtros pueden ser de chip, aserrín y viruta.	
MATERIAL ESTRUCTURANTE	El chiheado de poda se combina bien, en el caso del compostaje, con materiales húmedos y de baja porosidad que requieren un material de soporte o estructurante. Por ejemplo, los chips de poda se utilizan como soporte en hileras de compostaje de lodos cloacales.	
INSUMOS INDUSTRIALES	La obtención de fibras para la producción de pulpa en la industria del papel y cartón es una posibilidad; también, para la producción de materiales compuestos como los aglomerados.	
SUPERMATERIALES	Aunque con perspectiva de largo plazo, parte de los RV serán un insumo, por ejemplo, para biorrefinerías. Estos materiales pueden proporcionar nuevas soluciones para la electrónica, automóviles, textiles, hidrogeles, materiales compuestos, plásticos, pinturas, etc.	



En la ciudad de Mar del Plata, Buenos Aires, funciona una planta municipal de tratamiento de los barros cloacales en la que se aplica la atenuación natural, una metodología anaeróbica. Hasta el 2020 se implementaba en forma alternada con la metodología del compostaje termofílico, proceso aeróbico que utiliza como material estructurante el chip de RP en una relación de 2:1 (lodo/chip). El material producido era utilizado en el vivero municipal.



Fabricación de aglomerados. El material fino y fuera de tipo de ciertos aserraderos, considerado como biomasa residual, es consumido por la empresa CuyoPlacas ubicada en la provincia de Mendoza, para la fabricación de aglomerados, que luego se utilizan para la producción de muebles.

PRODUCIR BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS



La norma IRAM 17225-1 incluye a los RP provenientes de **“madera segregada de jardines, parques, mantenimiento de carreteras, viñedos y huertos frutales”** como materia prima para la producción de biocombustibles sólidos (BCS).

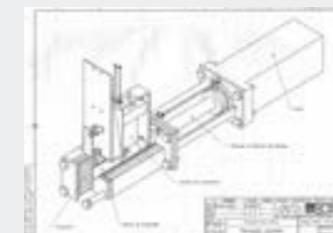
Dado que se trata de un material heterogéneo, se deben separar las fracciones media y gruesa (aprovechable como combustible) de la fracción fina. Además, se debe verificar la ausencia de materiales impropios es decir residuos no vegetales. A continuación, se enumeran los principales BCS que se pueden obtener a partir de la fracción media y gruesa.

<p>TRONCOS /LEÑA</p>	<p>Conserva la composición de la madera original. Generalmente tiene una longitud uniforme de 200 a 1000 mm. En el caso de los troncos, su longitud es de 500 mm o más.</p>	
<p>ASTILLAS O CHIPS</p>	<p>Son trozos de biomasa leñosa, obtenidos mecánicamente. Tienen una forma subrectangular y una longitud comprendida entre 5 y 50 mm. Pueden ser tamizados según el tamaño de partícula requerido.</p>	
<p>PELETS</p>	<p>Aserrín o viruta densificada, con o sin aditivos de aglomeración, habitualmente de forma cilíndrica, de 5 a 30 mm de largo. Existen diámetros normalizados pero los de uso más extendido son de 6 mm. Suelen fabricarse por extrusión y normalmente tienen humedad menor al 15 %.</p>	
<p>BRIQUETAS</p>	<p>Densificado, con o sin aditivos de aglomeración, en forma de unidades cúbicas o cilíndricas, que se obtiene comprimiendo biomasa pulverizada o fracciones de chips. Se suelen fabricar en una prensa pistón y su humedad es menor al 15 %.</p>	



BCS para locomotora. La municipalidad de Ayacucho, Buenos Aires, está trabajando para activar un tren turístico que funcionará con una caldera alimentada con leña de poda.

LEÑA URBANA. La norma IRAM 17225-1 da referencias sobre el tamaño de la leña para ser usado como BCS. Cuando el municipio no use la norma como referencia, debería tener una noción del tipo de estufas donde se espera usar el material, para luego trocear con el tamaño que corresponda. Como información de referencia, en algunos municipios están disponibles los resultados de censos poblacionales con información sobre cómo se calefacciona la población.



El INTI en el año 2008 acompañó el proyecto “TECNOPINUS”, de la escuela Cooperativa Técnica Los Andes en la ciudad de Bariloche, Río Negro, para el diseño y fabricación de una máquina briqueteadora de los materiales de descarte de la zona, tales como aserrín, viruta y restos de poda.

FARDOS DE RAMAS

Los usos posibles como BCS pueden resumirse en tres categorías.

- **Doméstico**, para calefacción y cocción residencial en dispositivos adecuados. Existen cocinas y estufas de masa que garantizan un aprovechamiento eficiente y seguro de este tipo de materiales.
- **Industrial**, sin proceso posterior. Es posible porque es un material con bajo contenido de humedad (< 20 % HR) y homogéneo.
- **Industrial**, convertidos en chips. Es posible porque el empaquetado disminuye la demanda de potencia y energía del proceso de chipeco e incrementa su productividad comparado con el del RP tal cual.



La aceitera Protoil, ubicada en el partido de Pergamino, en la provincia de Buenos Aires, utiliza directamente fardos de ramas provenientes de RP para alimentar un gasógeno de biomasa desarrollado por la firma Ingeniería Agrest SRL.



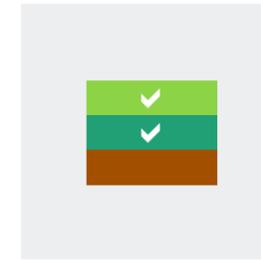
¿Se puede producir biogás (metano) a partir de los RV?

Aunque no es conveniente considerarlo como un insumo único para un biodigestor, los RV sí pueden participar dentro de un mix de materias primas, particularmente las fracciones medias y finas. La Estación Experimental Agropecuaria Esquel del INTA tiene ensayos de laboratorio realizados.

Por otro lado, el biol, subproducto obtenido en las plantas de biogás que usan combinación de excretas de cerdos, maíz y restos orgánicos, se puede combinar con los RV, para producir compost.



Dar disposición productiva



Algunos municipios han acudido a este tipo de destinos cuando no consiguen darle un uso productivo de mayor valor comercial. Aunque son soluciones de compromiso, con bajas ventajas ambientales, son alternativas rápidas para darle un destino útil a un residuo que ha sido recolectado y semiprocesado. Este destino también podría denominarse "válvula de alivio".

Los motivos para elegir estas aplicaciones pueden ser la reducción de riesgo de incendio del material, la falta de espacio para acopio o procesamiento, problemas de vectores, entre otros. Pueden existir distintos niveles de procesamiento, por ejemplo puede ser la fracción media de RP que esté chipecada (chip verde); también la fracción fina de RP y RJ en proceso de compostaje antes de que el material esté maduro habiendo pasado un tiempo de estabilización de la materia orgánica (estabilizado).

POSIBLES DESTINOS DE RV SEMIPROCESADOS		
ESTABILIZADO	Como cobertura de un RS. También para restauración de sitios altamente disturbados (minería, canteras, banquinas y taludes), biorremediación de sitios contaminados con hidrocarburos o quemados.	
CHIP VERDE	Para acondicionar o nivelar caminos de ripio rurales poceados. También se puede aplicar en suelos no agrícolas, como en revegetación de banquinas y taludes.	

IV. Incorporar pautas para el modelo de gestión

Disponer de conceptos e ideas claras al momento de definir el modelo de gestión de los RV en el territorio es necesario para encarar un proyecto que sea sostenible en el tiempo. A continuación se presentan algunas ideas-fuerza que se sugiere usar como disparadores al momento de diseñar el modelo de gestión.

Reconocer las jerarquías ambientales



Apoyar el reciclado en el hogar



Identificar ahorros en la recolección



Apalancar la diversidad de iniciativas



Proyectar con enfoque de "Cadena inversa"



Considerar los esfuerzos operativos



Fortalecer la prevención de la generación



Fortalecer el compromiso compartido



Considerar oferta y demanda en un territorio



Priorizar proyectos de triple impacto



Desarrollar asociaciones público-privadas para proyectos



Valorar la tecnología según el propósito



Reconocer las jerarquías ambientales

La gestión municipal de los RV debería organizarse siguiendo como referencia una jerarquía de tipo piramidal (invertida) en donde las opciones que se encuentran en su parte superior son las más deseables. Los primeros eslabones, relacionados con la prevención y el reciclado hogareño son los más importantes, considerando que "el residuo que no se genera no requiere ser gestionado"; para lograr beneficios ambientales contundentes es preferible prevenir la generación de residuos.

La valorización material y la recuperación de energía de los RV tienen el potencial de mejorar el desempeño ambiental de la gestión. Los efectos ambientales positivos están relacionados con la sustitución de materiales vírgenes o energías fósiles (por ejemplo, electricidad, fertilizantes, etc.) y pueden llegar a compensar la carga ambiental de la recolección y el tratamiento. Finalmente, aunque algunas modalidades de disposición final son preferidas a otras, en todas sus formas tienen un pobre desempeño ambiental.

	FINA	MEDIA	GRUESA
PREVENIR (evitar la generación)	<ul style="list-style-type: none"> Plantaciones adaptadas a la ecorregión y el uso urbano. Buenas prácticas de poda y jardinería. 		
RECICLAR EN EL LUGAR (usado por el generador)	<ul style="list-style-type: none"> Ciclado césped y hojas. Compost. Mulch. 	<ul style="list-style-type: none"> Maderables. Leña. Mulch. 	
APROVECHAR MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> Compost. Mulch. Estabilizados. 	<ul style="list-style-type: none"> Madera reconstituida. Fibras (pulpa y papel, materiales compuestos). Chips para insumos productivos. 	
RECUPERAR ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> Fardos como BCS. 	<ul style="list-style-type: none"> Leña y fardos como BCS. Chips procesados como BCS. Briquetas procesadas como BCS. Pellets procesados como BCS. 	
DISPONER	<ul style="list-style-type: none"> Disposición productiva (para cobertura, restauración o biorremediación). Enterramiento sin geomembrana (con permiso autoridad de aplicación de la jurisdicción). Quema controlada (con permiso autoridad de aplicación de la jurisdicción). Enterramiento en RS. 		

• Jerarquía ambiental de los destinos de los residuos verdes en un municipio.



Fortalecer la prevención

La planificación y la gestión del arbolado urbano y el fomento de las buenas prácticas de jardinería en espacios públicos y privados tienen el potencial de prevenir la generación de residuos verdes.

■ SOBRE LOS DE RJ (FRACCIÓN FINA).

El mantenimiento de parques y jardines públicos y privados es la fuente de generación. Para reducirlos, en el largo plazo es conveniente implantar especies priorizando las autóctonas y perennes sobre las exóticas y anuales; también incorporar prácticas de ciclado del césped y hojas (dejar el



● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

material en el suelo). En la misma línea, si el municipio dispone de espacios verdes al costado de rutas o de vías férreas, para generar menos RV y mantener corredores con biodiversidad, conviene cortar lo mínimo posible las especies silvestres, llamadas comúnmente yuyos o malezas.

■ **SOBRE LOS RP (FRACCIÓN GRUESA).**

Es recomendable la incorporación y sostenimiento de buenas prácticas de poda por parte del municipio. Por eso, capacitar a los podadores y jardineros periódicamente puede representar ahorros significativos en la gestión municipal. La competencia técnica, tanto de directores como de personal operativo, sumada a la capacitación, en el marco de un proceso de mejora continua, deberían ser pilares fundamentales en un modelo de gestión.

Existe **oferta de cursos de formación** en poda de arbolado orientados a promover la formación de criterios para la poda racional; también hay **manuales** que orientan las buenas prácticas. Para esto se puede revisar la oferta en instituciones como facultades de agronomía de universidades públicas, del INTA o en organismos provinciales.

Aunque la gestión del arbolado urbano requiere de un abordaje holístico, la promulgación de **procedimientos basados en la aplicación del conocimiento científico**, de aspectos anatómicos y fisiológicos de las especies leñosas, disipa las dudas en la interpretación por parte de los operarios. Para esto la creación de una comisión asesora conformada por expertos en la materia puede ser una herramienta útil.

Jerarquizar el arbolado público en la ciudad por sobre el aprovechamiento que se pueda hacer de los recursos que se extraigan, siempre es recomendable. A continuación se presentan sugerencias del Ing. Agr. Tuculet, capacitador en podas y forestación urbana, para disponer de ejemplares maduros, sanos, fuertes y longevos.

- **Plantación.** Es recomendable la selección de los ejemplares con criterios urbanísticos más que paisajísticos y económicos. Esto contribuye a evitar, por ejemplo, la formación de "copas" artificiales a alturas inconvenientes sobre fustes de bajo diámetro y sección uniforme que prontamente causan interferencias con los servicios urbanos al tiempo de requerir soportes. La selección de especies autóctonas suele tener ventajas sobre las exóticas en la adaptación, requerimientos de agua, relaciones ecológicas con otras especies animales y vegetales, etc.
- **Conducción.** El árbol debería crecer y desarrollarse hasta su madurez sin mayores eventualidades durante un período de entre veinte a cuarenta años en promedio. Una estrategia RACIONAL de poda debe contemplar intervenciones TEMPRANAS tales que emulen las fuerzas modeladoras que operan en la naturaleza hasta alcanzar la madurez del individuo. La poda temprana no tiene que ser en el invierno, sino en la primavera-verano, cuando surgen los brotes; de esta manera es preventiva, evitando que prosperen ramas no deseadas.
- **Mantenimiento.** La poda tiene que ser hecha para extender la vida del ejemplar. Cuando se poda mal, se lastima a las ramas y se facilita que ingresen hongos que colonizan el interior del tronco. Así comienza la degradación, aunque el daño en la planta se evidencie tardíamente, por ejemplo, cuando en una tormenta las ramas del árbol se quiebran.



Acompañar el reciclado en origen

La gestión municipal primero necesita comprender los obstáculos sociológicos y las motivaciones de la población al momento de gestionar los RV que genera (ahorro de tiempo, hábitos, placer de quemar, falta de alternativas, etc.) para poder ofrecer soluciones adaptadas. Algunas de las herramientas accesibles por los municipios son:

■ **COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN SOSTENIDAS.**

Visibilizar las consecuencias negativas del mal manejo de los RV y los beneficios asociados a su buen manejo y valorización. Comunicar a los vecinos, por ejemplo, los impactos negativos de la quema, la normativa vigente y las alternativas para su gestión sustentable, favorecen la toma de conciencia.

ADEME, la Agencia francesa para la transición ecológica, en 2018 difundió en la población de Francia la guía de sensibilización **Alternativas a la quema de residuos verdes; las comunidades se están movilizando. Guía de buenas prácticas***. En este documento se indica que superar la resistencia al cambio por parte de la población es una de las claves del éxito de este tipo de iniciativa municipal. Para esto es necesaria una comunicación educativa teniendo en cuenta las limitaciones y los diferentes perfiles de los habitantes, sus motivaciones y sus puntos de fricción.

■ **ORDENANZAS REGULADORAS.**

Pueden servir para reconocer las responsabilidades de los actores y asignar preferencias en la gestión y herramientas que la faciliten. Con estas, se puede restringir la recolección de RV puerta a puerta para que los domicilios reduzcan la cantidad de residuos que sacan a la calle o capacitar a los podadores y jardineros sobre técnicas adecuadas para la preservación de los espacios verdes. También se pueden crear incentivos económicos o reconocimientos sociales por ejemplo a quienes separen en origen y dispongan según lo establecido por el municipio.



El Partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires, que a través de la Ordenanza N° 9956 de 1995, dicta un curso de podador urbano artesanal, para capacitar sobre técnicas adecuadas de preservación forestal, de poda e implantación de nuevas especies adecuadas a cada espacio público otorgando una matrícula municipal habilitante de podador urbano.

■ **CAPACITACIÓN SOBRE TECNOLOGÍAS APROPIADAS Y APROPIABLES.**

Es de valor para la comunidad conocer la disponibilidad y los modos de usar tecnología para valorizar los RV.

* Alternatives au brûlage des déchets verts; les collectivités se mobilisent. Guide des bonnes pratiques.

● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

- Para la fracción fina se puede ver más en la sección “RECICLAR EN ORIGEN” sobre la tecnología del compostaje hogareño.
- Para las fracciones media y gruesa se puede ver la sección “MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS” para manipulación, reducción y acondicionamiento.

■ **CONSTRUIR MODELOS DESCENTRALIZADOS DE PROCESAMIENTO.**

Para lograrlo se pueden considerar la entrega, alquiler o préstamo de herramientas de procesamiento de RV a la comunidad.

La mejor energía es la que no se usa. La Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC) ofrece cursos de formación sobre “eficiencia energética en municipios de América Latina”. Por su parte, la Fundación INVAP a través de la **plataforma Bioenergía Andina**, en alianza con el BID Lab, busca estimular el uso eficiente de la biomasa forestal para calefacción en la Patagonia Andina. Por otro lado el INTI ha participado de una experiencia piloto en la ciudad de Rosario sobre etiquetado de eficiencia energética en viviendas, cuyo objetivo fue clasificar y catalogar un inmueble en función de su consumo energético, de manera análoga a como se hace con los electrodomésticos y gasodomésticos.

Fortalecer el compromiso compartido

La gestión de los RV requiere compromiso y trabajo compartidos de la gestión municipal con la comunidad. Para que se dé una separación efectiva en origen de los RV, los generadores, es decir la comunidad, requieren de indicaciones precisas, atendiendo la posibilidad de:

- Ordenar el modo y época para separar y disponerlos en las veredas.
- Restringir la recolección solo a los meses de invierno.
- Reducir los días de recolección (y reubicar el personal en plantas de procesamiento).
- Enfardar o chipear in situ antes de recolectar y transportar.

Experiencias municipales que funcionan en otros países muestran distintas estrategias para los diversos tipos de residuos y tamaño de los generadores, como se ejemplifican a continuación:

RJ	RP
<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores de hasta 100 litros • En bolsas compostables de hasta 25 kg 	<ul style="list-style-type: none"> • Parvas de hasta 2 m³ • Ramas de hasta 150 cm largo y 8 cm de diámetro

Cuando el volumen de RV supera los límites indicados, el generador pasa a la categoría de “gran generador”, sus residuos necesitan ser recolectados por un servicio especial que el generador debe solicitar y, en algunos casos, afrontar los costos adicionales.

SEPARACIÓN DE FRACCIONES.

La separación en fina, media y gruesa puede realizarse:

- En domicilio. Los residuos de hojas y césped vienen embolsados por separado.
- En recepción, durante la descarga antes de la etapa de clasificación.
- Después del chipear/triturado, a través del tamizado del producto obtenido.

FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN

Los municipios suelen diseñar diferentes modalidades. Por ejemplo:

- A demanda del vecino.
- Días y recorridos programados.
- En determinados puntos de disposición inicial (ej. puntos verdes).

En la ciudad de Bariloche el servicio de chipear de RP está manejado con comisiones barriales. Una vez que el material está chipear, los vecinos tienen dos posibilidades: retenerlo en la vivienda (para varios fines, como compost, mulch, cobertura caminos, combustible, etc.) o solicitar el retiro al municipio.



Identificar ahorros en la recolección

Los ahorros potenciales en la recolección pueden estar dados por la frecuencia del servicio puerta a puerta, por la distancia que se traslada el material, pero también por el modo en que se lo hace sobre los camiones. Las tecnologías de reducción del volumen contribuyen a esto. En la sección **DE ACONDICIONAMIENTO** se presenta la oferta comercial de varias de ellas, pero aquí se presentan el testimonio de dos municipios que eligieron tecnologías diferentes, aunque ambas apuntadas a facilitar la logística de recolección y traslado de los RP.



Municipio de Magdalena , Buenos Aires

La capacidad del equipo de enfardado es de 15-20 t RP/día; un poco más rápido que la velocidad de una cuadrilla de poda. Permite disminuir la cantidad de viajes de recolección hasta 5 veces.



Municipio de Guaymallén, Mendoza

Los RP son procesados en el mismo lugar donde se generan. Para esto un camión se acerca con una chipear móvil que procesa el material (reduciendo el volumen de 7 a 1) y lo deposita en la caja del camión.

Antes y después de introducir una enfardadora de RP del arbolado público en el municipio de Gral. Viamonte, provincia de Buenos Aires. El caso de estudio fue realizado por la empresa Lignis durante dos años. Se recuperaron 1000 t RP y el servicio de recolección pasó de 20 viajes de camión a dos carros por día.



La empresa Lignis define a la biocuenca como un sistema integrado por oferentes y consumidores de biomasa (RV en el caso de los municipios), apoyado por una serie de servicios conexos (tecnología, logística servicios, etc.) dentro de un territorio dado que no necesariamente se encuentra circunscrito a límites jurisdiccionales, pudiendo estar en varios municipios e inclusive distintas provincias.

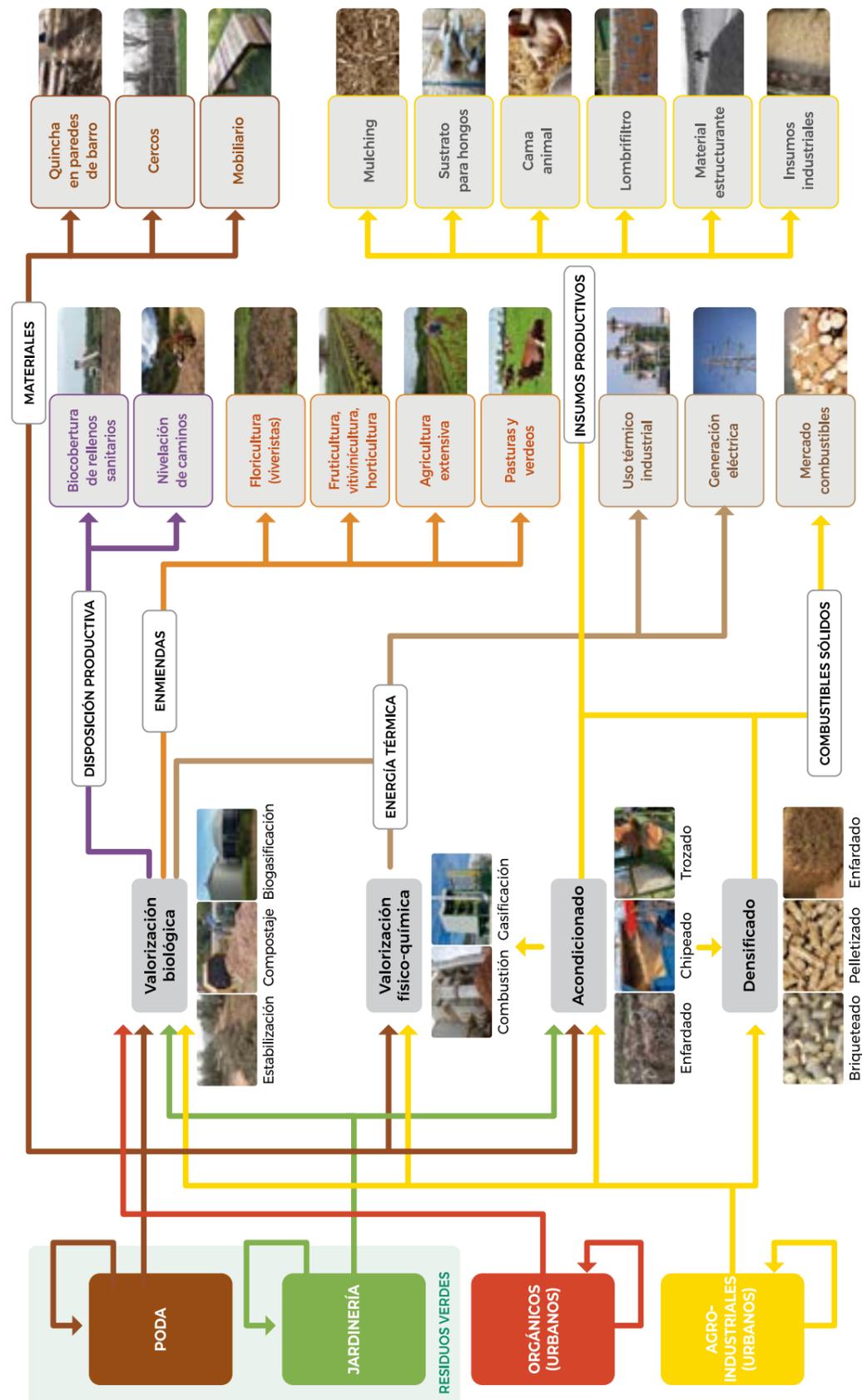
La empresa plantea que primero hay que entender órdenes de magnitud de oferta y demanda potencial y conectar problemáticas. Las biocuenca funcionales requieren cambios tecnológicos en procesos productivos, acceso a información, interacción entre distintas actividades productivas que se vuelven interdependientes y el fortalecimiento de actores intermedios que pasan a ser sus operadores y gestores.

La oportunidad de colocación de los RP en el ámbito industrial y agropecuario es grande y lejos está de saturar a la demanda existente. La cantidad de energía que se podría producir a partir de los RP municipales no es significativa en comparación con los volúmenes que consumen industrias con requerimientos térmicos. Por ejemplo, la industria aceitera del Área Metropolitana de Rosario (provincia de Santa Fe) consume 600 000 t/año de biomasa, y la poda de la ciudad de Rosario apenas podría proveer 60 000 t/año.

Considerar oferta y demanda en un territorio



El sistema productivo industrial y agropecuario puede complementarse con las necesidades de los municipios. Para esto, es clave pensar a los RV en el contexto del territorio y **estudiar los proyectos de oferta y demanda en el marco de su biocuenca.**



• Destinos productivos posibles de los RV recolectados de manera diferenciada en una ciudad.



Fomentar la diversidad de iniciativas

Apoyándose en un modelo de gestión público-privado, podrían valorizarse los RV a mayor escala. La tasa de generación diaria, la presión por el uso del suelo cada vez más escaso, los riesgos de incendios y sanitarios, los costos de traslado crecientes y los ejemplos exitosos que ya funcionan, muestran que la “bioeconomía circular” en esta fracción de los residuos ofrece una oportunidad de innovación.

Es importante tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, no es necesario aplicar un solo tratamiento sino un sistema de tratamientos que combinen iniciativas privadas, cooperativas y públicas de diversidad de escalas y anclaje territorial.

En pequeñas localidades o barrios organizados existen sociedades de fomento/agrupaciones vecinales que realizan recolección de RV. Es el caso de un **barrio de la ciudad de Chascomús**, Buenos Aires, en el que los vecinos trabajan en coordinación con el municipio para dar aviso de dónde se acumulan RP y coordinar con el capataz de la recolección municipal un recorrido especial.



Fomentar proyectos de triple impacto

En esta guía se hace hincapié en el concepto de “bioeconomía circular” y “balance ambiental” para tener en cuenta los impactos ambientales y el uso racional de recursos. También se recomienda no descuidar el balance económico para que el proyecto que se desarrolle sea sustentable, reasignando recursos económicos, distribuyendo la carga de los costos con los generadores e impulsando proyectos productivos que generen productos con valor en el mercado.

Para completar la sustentabilidad de la propuesta es importante también tener en cuenta el aspecto social, fundamentalmente, por la generación de empleo genuino local al momento de la valorización de este recurso. Una propuesta superadora es un proyecto de triple impacto; que sea sustentable en lo económico, en lo ambiental y en lo social.

Las empresas sociales de triple impacto, mediante de un modelo productivo sustentable para el tratamiento y la gestión de los RV, beneficioso para la comunidad y el ecosistema, transforman RV municipales en recursos. Algunos ejemplos son las empresas que operan en plantas municipales, a través de convenios de cooperación:

- En la **ciudad de Unquillo**, Proyecto Hormiga
- En la **localidad de Salsipuedes**, el emprendimiento Biomama

Mediante trituración o chipeado obtienen el primer producto comercializable (chip verde) y a su vez la materia prima para la elaboración de compost.

Proyectar con enfoque de “cadena inversa”



Algunas experiencias municipales son más exitosas en el procesamiento de los RV, a veces hasta multiplicando el personal afectado o las inversiones en equipamiento, pero se enfrentan con el desafío de darle un destino comercial a los productos que generan (chips, compost, etc.) o para cumplir con las condiciones que solicitan los potenciales clientes (por ejemplo el chip requiere ser clasificado y secado si se usa en calderas) y muchas veces no pueden dar continuidad al procesamiento de los RV.

Es preferible comenzar seleccionando el enfoque de la gestión municipal desde el final de la cadena y luego retroceder a opciones lógicas y más eficientes con respecto a los tratamientos y a la recolección de RV asociada. Es decir, antes de iniciar acciones de tratamiento y valorización es conveniente desarrollar o identificar el usuario a quien irá dirigido el producto. Con un mercado o colocación garantizados, la puesta en marcha de una iniciativa productiva es mucho más sencilla.

• Enfoque de gestión de cadena inversa



Así como en los centros de clasificación y acondicionamiento de materiales secos reciclables se requieren vínculos con el mercado comprador para acordar precios y condiciones de entrega (cantidad, calidad, frecuencia, etc.), cuando se proyecta procesar RV es necesario un enfoque similar.

• Necesidades a compatibilizar al momento de proyectar la producción de BCS a partir de RP

DEL MUNICIPIO	DEL MERCADO
<ul style="list-style-type: none"> Recolectar los RP del arbolado urbano: <ul style="list-style-type: none"> - en forma rápida, eficiente, práctica - sin molestar a los vecinos. Disponerlos de manera ambientalmente correcta. Recolectar y disponer con el menor costo posible. 	<ul style="list-style-type: none"> Condiciones del material: <ul style="list-style-type: none"> - sin contaminantes - seco - homogéneo Servicio de abastecimiento: <ul style="list-style-type: none"> - previsible en el tiempo - precio competitivo

Para esto es necesario crear y **fortalecer un área municipal específica que se enfoque en el desarrollo comercial de los recursos provenientes de residuos** y en la creación de alianzas público-privadas que faciliten la incorporación de los productos obtenidos en el mercado. A su vez, es conveniente que el municipio busque adaptarse a requerimientos técnicos y comerciales de los eventuales interesados-compradores que le garanticen un flujo continuo del material procesado.

¿Cuáles son los destinos posibles de los BCS en el ámbito industrial?

Se pueden utilizar para producir energía térmica, eléctrica o, a veces, una combinación de ambas. La tecnología que puede hacer uso de ellos es:

COMBUSTIÓN DIRECTA	GASIFICACIÓN	PIRÓLISIS
<p>Este proceso se realiza en calderas. El vapor producido se puede utilizar térmicamente, o para transferir energía mecánica a un sistema de generación de electricidad.</p> <p>La tecnología más difundida es la tradicional de parrilla para potencias de hasta 5 MW.</p>	<p>Es un proceso termoquímico que convierte un BCS, por oxidación parcial a elevada temperatura, en un gas portador de energía.</p> <p>Las astillas (chips) y los pellets son las formas principales de combustible.</p>	<p>Al igual que la gasificación, es un proceso termoquímico que convierte un BCS, en ausencia de oxígeno y a altas temperaturas, en combustibles líquidos o gaseosos.</p> <p>Las astillas y los pellets son las formas principales de combustible.</p>

Las adaptaciones necesarias de la industria que usan energía térmica, para cambiar el tipo de combustible que usan, son técnicamente viables. La mayoría de los fabricantes de calderas nacionales poseen opciones para el uso de biomasa como BCS. Disponen comercialmente de gran variedad de tecnología en sistemas de combustión (grillas fijas, grillas móviles, gasificadores, etc.) e, inclusive, hay opciones de adaptación de calderas existentes en todas las escalas.



Desarrollar asociaciones público-privadas

En algunos casos es posible lograr que la operatoria de la planta municipal de tratamiento de RV acondicione las fracciones y al mismo tiempo las transforme en un producto intermedio o final (tipo commodity). Sin embargo, es importante tener en cuenta que suelen ser procesos de evolución a largo plazo, con requerimientos de inversiones y personal, lo que muchas veces dificulta su concreción. En esos casos, conviene poner el foco en pasos cortos pero concretos, como separar las fracciones fina, media y gruesa para facilitar luego los tratamientos diferenciados tercerizados.

Al momento de evaluar la posibilidad de desarrollar emprendimientos público-privados, de acuerdos de un municipio con terceros, aparecen múltiples modelos por ejemplo:

- Privados entregan chiperas a municipio a cambio de chips obtenidos.
- Municipio recolecta RP y privado recibe ramas en predio municipal (idealmente en el predio contiguo) para acondicionarlo o procesarlo según su destino previsto.

¿SE PODRÍAN PRODUCIR PELLETS BARATOS DESDE UN MODELO PRODUCTIVO PÚBLICO-PRIVADO?

El aserradero Bajda dice que sería interesante lograr un chip a partir del cual hacer pellets baratos (mezclas de residuos verdes, cortezas y maderas), con localizaciones de pequeñas plantas de producción. Las máquinas para pequeñas plantas pelletizadoras ya están comercialmente disponibles. Serían pellets de menor calidad, a los requeridos por las normas extranjeras, pero que igualmente tendrían valor de uso. Al mismo tiempo sería necesario adaptar hogares en la zona para que consuman ese pellet. Adaptar los hogares a este combustible es factible, ya que también existe oferta técnica y comercialmente consolidada de equipamiento.



Considerar los esfuerzos operativos

Si se proyecta valorizar los RV no se los puede acopiar "tal cual", ya que poseen muy baja densidad y no puede ser apilados eficientemente. Sin adecuar, cualquier movimiento de la masa de RV determina que se genere un entramado denso que dificulta su remanejo. Por ejemplo, para el caso de la fracción media de los RP, la adecuación más frecuente es el chipeo o el empaquetado.

▪ **LIMITACIONES DE ALCANCE.** El chipeado de los RP no suele ser un modelo efectivo de aprovechamiento del recurso, aunque sí puede serlo para reducir volumen. Algunos municipios tienen capacidad de procesamiento limitada del RP (absorben una pequeña fracción de todo lo que se genera). Han invertido en una chipeadora que, al ponerla en funcionamiento, a pesar del importante esfuerzo de personal y costos operativos procesan solo una parte del volumen recolectado. Al no resolver el problema de disposición, ya que se sigue acumulando RV no procesados en BCA, terminan abandonando la iniciativa.

▪ **LIMITACIONES OPERATIVAS.** Los municipios que practican el chipeo de los RP suelen identificar las siguientes dificultades al usar la maquinaria:

- Consume mucho combustible.
- Requiere de mucha mano de obra entrenada para operarla de manera adecuada y en condiciones seguras.
- Requiere mantenimiento de las cuchillas que se desafilan o se rompen y de las piezas que se desueldan o se rompen por las vibraciones o los traslados.

- Cuando se realiza como servicio puerta a puerta, genera polvo, ruidos y vibraciones, también dificultad de traslado. Además se "ocupa" un camión solo para dicho servicio.
- Es necesario un lugar con espacio para el acopio del material y que a la vez se pueda guardar la maquinaria con seguridad.

• Valoraciones del proceso de chipeado de los RP

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> • Densifica el material, mejorando su transportabilidad y acopio. • Permite su manejo de forma sencilla con palas frontales. • Homogeniza el material. • Favorece el proceso de descomposición e incrementa la superficie de ataque para hongos y bacterias, lo que simplifica el compostado del material. • Da como resultado un material valioso como soporte o estructurante para el compostaje con otros residuos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez chipeado se reduce la tasa de pérdida de humedad y se compromete la posibilidad de perder el agua intracelular debido a la mala aireación en la pila y a la destrucción de las estructuras vegetales. • El chip húmedo se ve sometido a procesos de descomposición exotérmica, con el riesgo de generar incendios por autoignición. Este fenómeno se conoce como ardido. • La actividad biológica en las pilas de chip suele ser alta, lo que determina procesos de putrefacción y pérdida de carbono acelerados disminuyendo su valor como BCS. • Requiere un almacenamiento semicubierto cuando se lo usará para compostar combinado con residuos orgánicos.



Valorar la tecnología según el propósito

La maquinaria y los procesos posibles de aplicar para adecuar los RV son variados; en el país la oferta se ha desarrollado en los últimos años. Sin embargo, cada municipio tiene una situación particular, y tiene que sopesar la alternativa que mejor se adecue a sus posibilidades y propósito. A continuación, se presenta una breve comparativa de los aspectos técnicos de las tres metodologías de reducción de volumen para RP.

	EMPAQUETADO (25 HP)	CHIPEADORA (100 A 200 HP)	MEGACHIPERA (500 HP)
DESCRIPCIÓN	Bajo porte. Mejora recolección, transporte y gestión en planta.	Bajo porte. Mejora recolección, transporte y gestión en planta.	Semi-móviles de gran porte y potencia con alta capacidad de procesar residuos con baja clasificación.
ESCALABILIDAD	Sistema escalable. Es económicamente viable a partir de las 500 t/año. Un equipo procesa hasta 2500 t/año.	Existen equipos de gran diversidad de tamaños. Cuanto menor es el equipo mayor el costo operativo por unidad procesada. Por requisitos operativos los equipos están sobredimensionados.	Muy alto costo de inversión y de funcionamiento (150 L gasoil/h), inviable en municipios de menos de 15000 a 25000 t/año.
ANTECEDENTES	Tecnología nacional. Implementada en varios municipios.	Tecnología nacional. Implementada por gran cantidad de municipios, aunque en muchos casos en desuso.	Tecnología importada, utilizada en varias municipalidades grandes a muy grandes.
VALORIZACIÓN	Generación BCS de alta calidad. Normalmente los ahorros en costos de gestión son mayores a los beneficios de comercialización del producto.	Sistema de gestión de baja escala sin valorización - o con valorización muy por debajo de los costos operativos (generación de compost o de chip ornamental para jardinería).	El producto generado se entierra o se utiliza para compostaje. Hasta el momento casos con valorización poco relevante.
OPERACIÓN	Sencilla. El equipo es de bajo porte, bajo costo operativo y bajo mantenimiento.	Compleja. Tienen un alto costo operativo, genera ruido en la calle y requiere mantenimiento diario (afilado y reemplazo de cuchillas).	Sencilla. Relativamente poca cantidad de equipos y personal. Mayor riesgo de rotura por falta de clasificación de material y mayor costo operativo.



El uso de megachipeadoras por municipios no es frecuente. En el país se conocen tres casos:

- Ciudad de Buenos Aires
- Berazategui, Buenos Aires
- Quilmes, Buenos Aires



INSUMOS PARA DESARROLLAR PROYECTOS DE VALORIZACIÓN

En este capítulo se ofrece información sobre las tecnologías disponibles para los RV, que puedan servir de insumo al municipio para pensar la cadena de valor que se pretenda desarrollar.

Primero máquinas y herramientas, tanto de uso urbano como de uso industrial, útiles para el tratamiento doméstico, la higiene urbana, el acopio transitorio, como el acondicionamiento.

También se ofrece información sobre los principales procesos industriales que pueden usarse para la valorización de los RV.

Finalmente se incluyen algunas pautas y ejemplos sobre qué incluir en un análisis de viabilidad económica de un proyecto industrial y elementos a considerar en un análisis de riesgos e impactos ambientales de la cadena de valor que se pretenda desarrollar.

I. Máquinas y herramientas

Existen tecnologías disponibles comercialmente, tanto máquinas como herramientas, factibles de utilizar en los distintos eslabones de una cadena de valor de los RV.



Tratamiento doméstico



Higiene urbana



Acopio transitorio



Procesamiento



De tratamiento doméstico

Entre las herramientas de uso doméstico para el manejo de los RV, algunas son muy simples y bien conocidas; otras en cambio más modernas que involucran motores de combustión o eléctricos. A continuación, se presentan algunos ejemplos.

MANIPULADORAS	
MOTORIZADAS	MANUALES
 SOPLADORES, ASPIRADORAS	 ESCOBAS, RASTRILLOS
DENSIFICADORAS	
DE HOJAS Y CÉSPED	
MOTORIZADAS	MANUALES
 TRITURADORA	 CORTADORA
DE RAMAS Y TRONCOS	
MOTORIZADAS	MANUALES
 MOTOSIERRAS	 CHIPEADORAS
 SERRUCHOS	 TIJERAS
 HACHAS	 MACHETES

De higiene urbana

El equipamiento de higiene urbana también es bien vasto, y el mercado de oferta, orientado fuertemente a municipios y empresas de servicios, está bien consolidado.



MANIPULADORAS			
PARA PODA			
MOTORIZADAS		MANUALES	
MOTOSIERRA	PODADORA DE ALTURA	SERRUCHO	TIJERA/SERRUCHO
PARA JARDINERÍA			
MOTORIZADAS		MANUALES	
SOPLADORA, ASPIRADORA, TRITURADORA DE HOJAS	CORTADOR DE CÉSPED	GUADAÑAS	MACHETE
MOTOGUADAÑA	SOPLADORA ASPIRADORA	BARREHOJAS	BARRECALLE

RECOLECCIÓN Y TRASLADO		
VOLQUETEROS	COLA DE PATO	ROLL OFF
CAJA CON GRÚA RECOLECTORA	CAJA ABIERTA	



De acopio transitorio

Las ventajas de infraestructura con una distribución de espacios adecuada son muchas: reducción de movimientos del material, menores riesgos de incendios, de atracción de vectores y de accidentes personales, mejor aprovechamiento del lugar y aumento de los plazos que puede almacenarse el material sin que se deteriore.

	FRACCIÓN FINA	FRACCIÓN MEDIA	FRACCIÓN GRUESA
SIN PROCESAR	JARDINERÍA	PODA	EXTRACCIONES
PROCESADO	CHIPS VERDES, PASTO Y HOJAS	RAMAS RECORTADAS	LEÑOS TROZADOS



De acondicionamiento

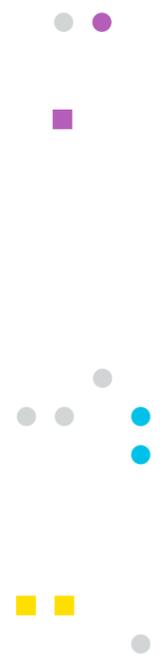
Este tipo de tecnología suele ser de uso industrial, aunque también existe equipamiento, incluso con proveedores locales, para procesar material a baja escala.

REDUCTORAS		
EQUIPOS FIJOS PARA REDUCIR TRONCOS		
SIERRAS FIJAS	TRITURADORAS	TROCEADORAS
EQUIPOS MÓVILES PARA REDUCIR TRONCOS		
TRITURADORAS	GUILLOTINAS	TROCEADORAS
EQUIPOS PARA REDUCIR RAMAS		
CHIPEADORAS	ENFARDADORAS	DESRAMADORAS
EQUIPOS PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE HOJAS Y CÉSPED		
	BARREDORAS	



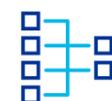
El INTI realizó el diseño y la ingeniería de detalle de una trituradora de RP, que supera la performance de las chipeadoras disponibles en el mercado local. El prototipo fue fabricado por la firma IMEGEN de la localidad de Tancacha, Córdoba.

Se trata de una trituradora capaz de reducir el volumen en un 85 %, con un ritmo de producción de 2500 kg/h, para procesamiento de RP limpia con ramas de hasta 10 cm de diámetro, que incluye sistema de protección contra obturaciones de materiales extraños, tolva de alimentación superior para recibir el material directamente desde el camión, entre otras ventajas. Se instalará en la localidad de Villa Allende, provincia de Córdoba.



II. Procesos industriales

En esta sección se presentan las principales operaciones de una planta de clasificación y acondicionamiento de RV y luego los procesos de transformación industrial que se pueden usar para obtener productos estandarizados.



■ PROCESO DE CLASIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO

- Fracción fina
- Chips verdes y chips marrones
- Ramas con verde y ramas limpias
- Fardos de ramas
- Tocones, troncos y maderables
- Poda sucia (scrap, impropios)



■ COMPOSTAJE

- Estabilizado
- Compost



■ BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

- Chips
- Briquetas
- Pellets



CLASIFICADORAS



TROMMELS



ZARANDAS

MANIPULADORAS DE COMPOST



VOLTEADORAS

DENSIFICADORAS PARA PRODUCIR BCS NORMALIZADOS



PELLETIZADORAS



BRIQUETADORAS



COMPACTADORAS

Clasificación y acondicionamiento

Como los RV son diversos, y los posibles actores que hagan uso de lo producido también, es probable que un proyecto industrial implique la necesidad de procesar las fracciones diferenciadas que den lugar a nuevas corrientes de materiales y productos con valor agregado.

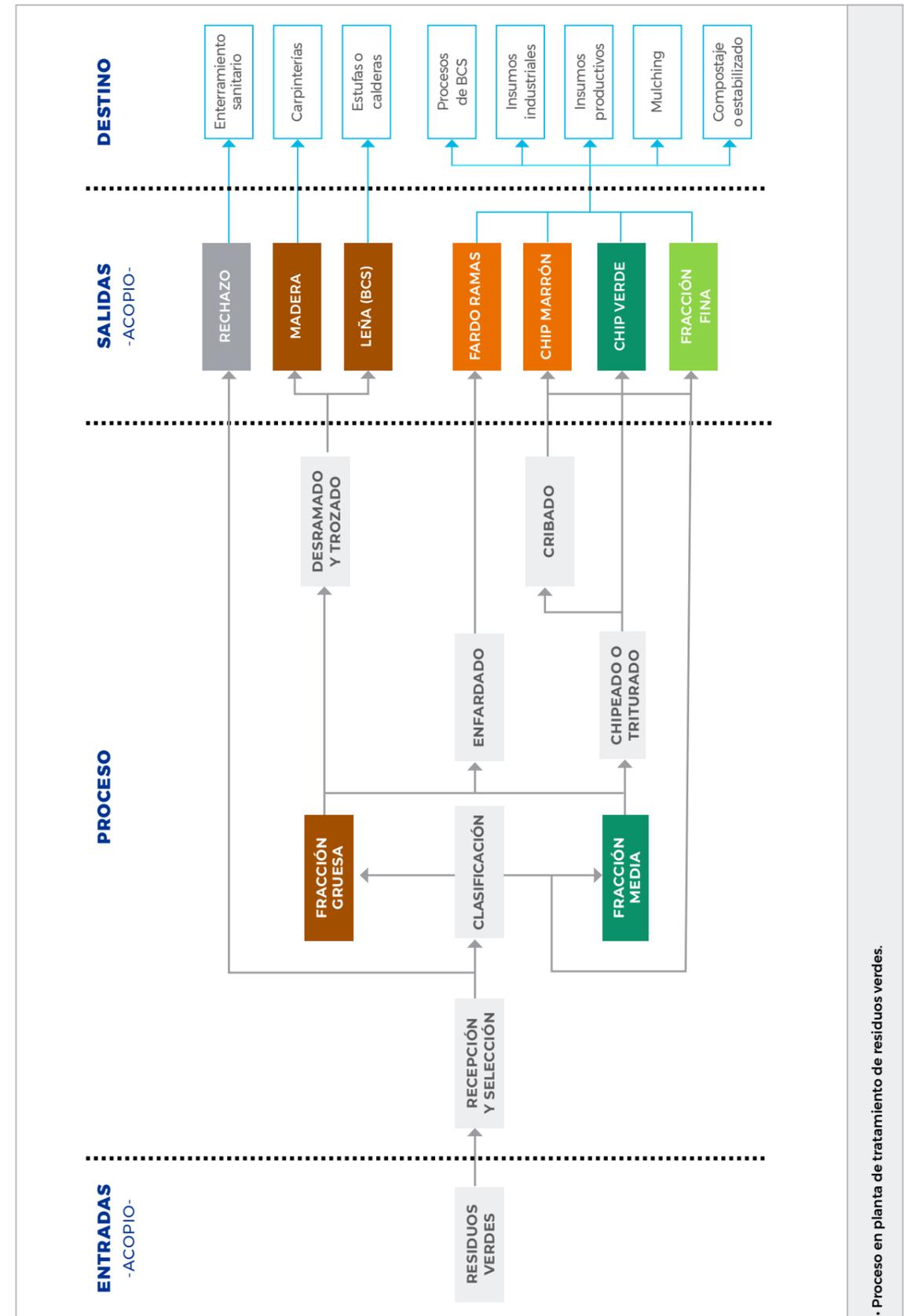
Por eso, una vez que los RV llegan a la planta de tratamiento, deben inspeccionarse para verificar sus características y eventual admisibilidad o rechazo. Si son de poda (RP) no pueden ser procesados directamente; deben seguir una serie de operaciones que permitan su clasificación y ordenamiento en fracciones. En cambio, si provienen de la jardinería (RJ) entonces sí podrán enviarse directamente a la planta de compostaje.

A la planta pueden ingresar RV enfardados, chipeados y también poda entera y jardinería "tal cual". Las operaciones que se realizan al material recibido son las siguientes:

- Los residuos impropios, como metales, plásticos, vidrios u otros, se extraen y se disponen como rechazo en un contenedor para su traslado a un RS.
- La poda limpia, fracción gruesa, se puede desramar y los troncos se trozan y acopian como leña social o tocones para uso industrial. La fracción media que haya entrado suelta se puede enfardar y acopiar para que se seque antes de entregarse a terceros como producto intermedio destinado a BCS.
- Las ramas de menor diámetro, fracción media, se pueden triturar o chipear y el material producido, clasificar según el destino previsto. Por ejemplo se puede zarandear el material chipeado para clasificar en chips (marrones) y finos (verdes).
- En caso de querer obtener un chip marrón apto como BCS puede ser necesario clasificar ramas medias y finas con hojas. Cuando el destino sea mulching o compostaje no hace falta la separación de hojas (chip verde).

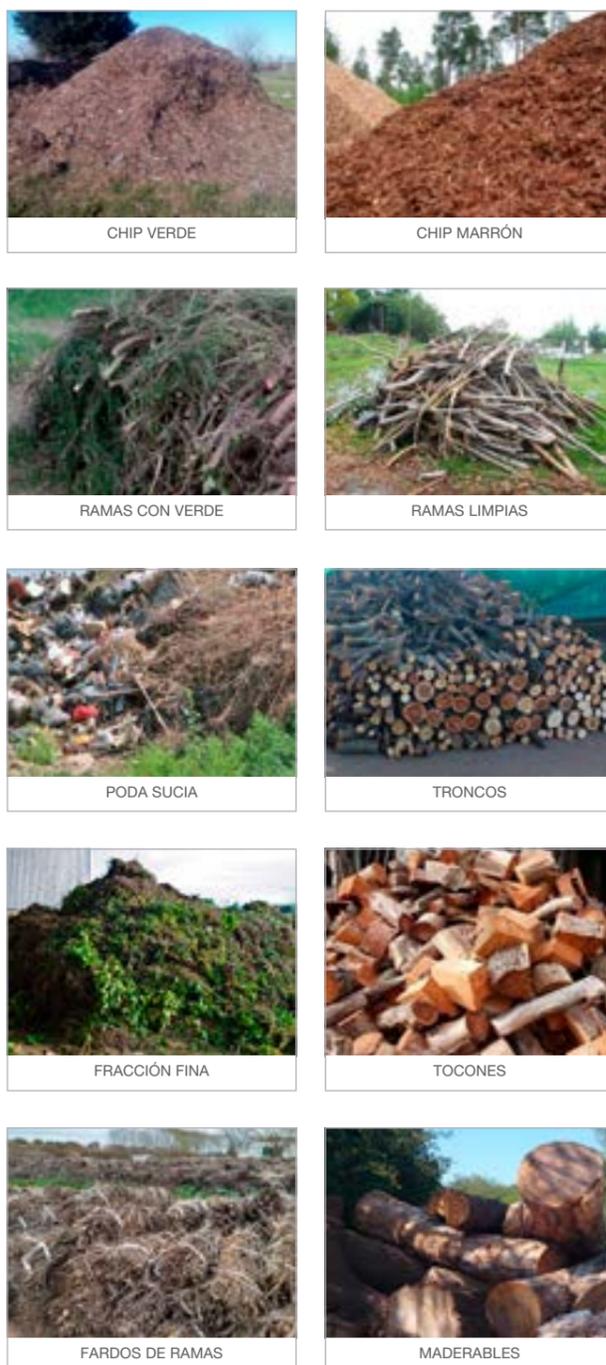
¿HASTA QUÉ DIÁMETRO CHIPEAR?

Dependiendo del equipamiento disponible, pero también del destino del material, el límite puede ser 5, 10 o 15 cm de diámetro de las ramas. En las estufas de masa de uso doméstico, de portes diversos, las ramas a partir de 5 cm de diámetro pueden usarse como combustible.



• Proceso en planta de tratamiento de residuos verdes.

• Productos (finales o intermedios) de una planta de tratamiento de residuos verdes.



Compostaje

Si bien el proceso es conocido por muchos municipios, gestionar adecuadamente esta práctica y obtener una enmienda orgánica de calidad de forma regular, lleva su tiempo y muchas veces no es el objetivo final. En algunos casos, estabilizar la materia orgánica para reducir olores y atracción de vectores puede ser el desafío. En el diagrama de flujo que se presenta a continuación se proponen dos alternativas que pueden realizarse en paralelo según destino: producir enmiendas orgánicas o dar destino productivo a fracción fina y media de los RV.

La fracción fina y media de los RV se puede mezclar con la fracción orgánica de los RSU, residuos agroindustriales o lodos cloacales (siempre y cuando los contenidos de elementos potencialmente tóxicos y patógenos sean inferiores a los que establecen las normativas vigentes).

La norma IRAM 29556-1 detalla los principios y buenas prácticas del proceso de compostaje de RV utilizando sistemas abiertos en plateas. En cambio, como referencia para la calidad final del compost se puede tomar Resolución SCyMA-SENASA 01/2019.



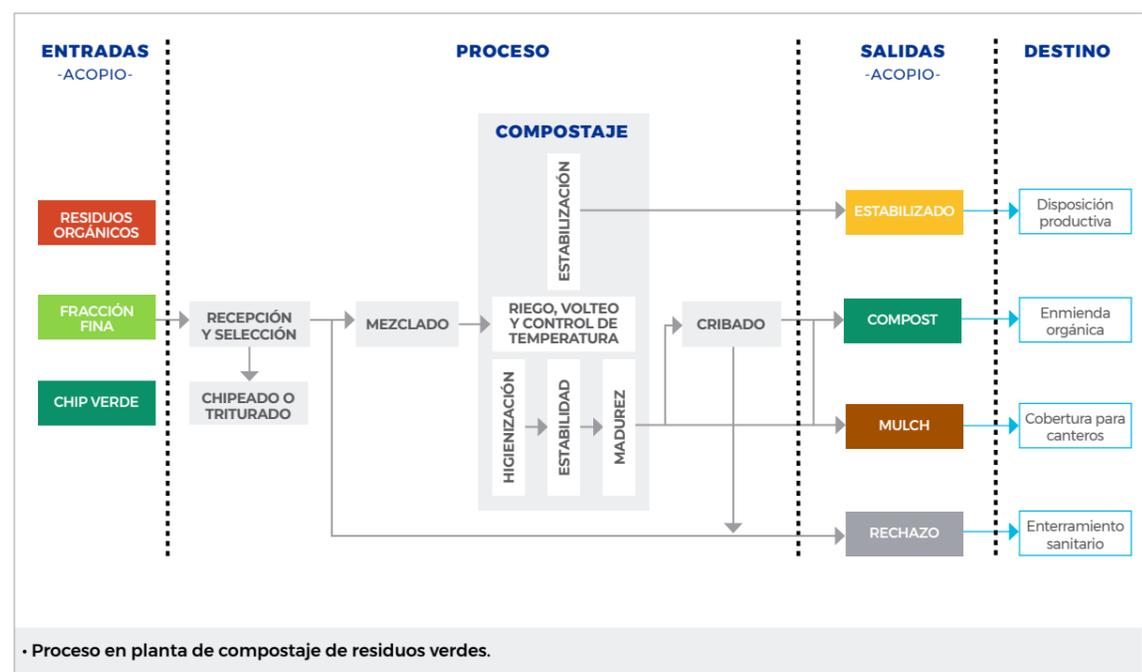
Un relevamiento de gestión de podas y acciones de compostaje de la provincia de Buenos Aires, realizado por el Organismo Provincial para el Desarrollo sostenible (OPDS) en 2020, identificó que el **municipio de Villarino** tiene certificación de planta y producto (según Resolución SENASA 264/2011) del compost que produce en su vivero municipal. La Cooperativa Obrera de Consumo y Vivienda y la Cooperativa Foresta Ltda. comercializan el compost que se produce en el vivero de esa localidad.

DEFINICIONES DE INTERÉS DE LA RESOLUCIÓN SCYMA-SENASA 01/2019.

El compostaje es un proceso controlado de transformación biológica de la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas y termófilas. Por acción microbiana deben transcurrir tres etapas diferentes y en el orden enunciado: 1) primera etapa mesófila; 2) etapa termófila; 3) segunda etapa mesófila (o de maduración).

La higienización es un proceso que involucra el o los tratamientos tendientes a la disminución del contenido de agentes patógenos por debajo de los límites establecidos, con el objetivo de proteger la salud pública y el ambiente.

La maduración (o segunda etapa mesófila) es la fase del proceso de compostaje durante la cual la temperatura desciende hasta valores similares a la ambiental, aún en condiciones de humedad y aireación óptimas. Durante esta fase el producto se estabiliza y madura alcanzando los valores de estabilidad y madurez recomendados.



EL CAPÍTULO 3 DEL LIBRO "BIOENERGÍA: Fuentes, conversión y sustentabilidad" (Martínez Reyes et al., 2013), brinda una orientación sobre tecnologías y procesos para la adecuación y transformación de la biomasa para ser aprovechada como combustible.

CHIPEADO

Es el proceso por el cual la fracción gruesa o media de los RP se convierte en chips (también conocidos como astillas). Aunque en el lenguaje coloquial se usa los términos "chipeado" y "triturado" indistintamente para las normas ISO e IRAM son dos tratamientos mecánicos diferentes.

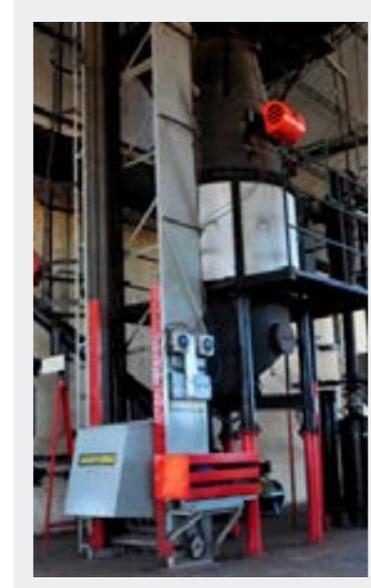
El chipeado (o astillado) se hace con herramientas filosas como cuchillas de disco que, trabajando a muchas revoluciones, cortan piezas tridimensionales con un tamaño definido. Mientras que el triturado se lleva a cabo con herramientas como rodillos, cadenas o máquinas fragmentadoras para producir piezas de tamaño y forma variables. Para este último proceso existen muchos diseños de máquinas, pero por lo general son de bajas revoluciones.



Biocombustibles sólidos



Como ya se mencionó, los RP se pueden someter a operaciones de chipeado, secado y densificación, que sirven para ajustar la humedad y mejorar su manejo y almacenamiento. Estos procesos de conversión física pueden orientarse, siguiendo la familia de normas IRAM 17225, a la producción de BCS con diversos destinos.



El Laboratorio de Biocombustibles del INTI en la provincia de Tucumán da soporte en ensayos y análisis de las propiedades mecánicas y el potencial de aprovechamiento térmico de material biomásico. También a través de la Red de Biomasa, articulada con técnicos en todo el país, se coordinan actividades de asistencia a terceros. En paralelo se integra una red de actores, tanto generadores de biomasa como fabricantes de equipos, con capacidades técnicas para experimentar y materializar innovaciones. Además cuenta con publicaciones y un curso online sobre **Introducción a la gasificación de biomasa en sistemas Downdraft.**



Los **chips de RP** pueden utilizarse como BCS en calderas industriales. Para ello es necesario:

- Clasificarlos por zarandeo para seleccionar la granulometría y además cumplir con requerimientos de calidad como porcentaje de cenizas o tierra y humedad.
- Acopiarlos en contenedores para comercializarlos a terceros.
- Sostener la operatoria y los estándares de calidad en el tiempo.

SECADO

• **Natural:** para el caso de los atados o fardos de ramas, se los puede estabilizar en un predio a cielo abierto para lograr una humedad que facilite el chipeo posterior.

• **Forzado:** para el caso del chip producido durante la poda, sería necesario un secadero rotativo o de corrientes ascendentes.





PR chipeados del arbolado público de la **localidad de Camilo Aldao** en el año 2016, caracterizados por INTI para determinar su potencial energético.

Existen industrias como lácteas, maniceras, cementeras, aceiteras, frigoríficos, entre otras con potencial de consumir de forma directa los paquetes de ramas o el material previamente chipeado de los RP. Dos ensayos realizados por la empresa Lignis para fardos de RP muestran valores prometedores.

Ensayo de humedad. Fardos estacionados a la intemperie en provincia de Buenos Aires, mostraron que esta variable descendió en forma continua, alcanzando 15 % en 70 días. Este resultado implica que en dos meses se puede obtener una biomasa de alto poder calorífico.

Ensayo térmico. Se alimentó una secadora con materiales de fardos 0-15, 30-45 y 45-60 días de estacionamiento y por otro lado se utilizó leña de eucalipto como testigo. Mientras que el consumo diario de la planta es de 3,5 t/día de leña, y el de fardos de RP fue 2 a 2,5 t/día.

■ PELLETIZADO

Es un método estándar para la producción de BCS de alta densidad a partir de las astillas de madera u otras fracciones lignocelulósicas. Los equipos para la fabricación de pellets están disponibles en distintos tamaños y escalas. Para más información se puede consultar el Manual introductorio a la tecnología del pelletizado del INTI.



• Operaciones del proceso de pelletizado



Una planta de chipeado y/o pelletizado con destino comercial empieza a ser económicamente viable a partir de las 5000 t/año. Pero antes es necesario asegurar la viabilidad técnica del proyecto. Para esto existe la planta experimental de producción de pellets, ubicada en la **ciudad de Bariloche**, provincia de Río Negro.

La planta fue construida con aportes del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación y el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. También se avanza en un laboratorio de evaluación de la calidad de BCS.

■ BRIQUETEADO

Los sistemas de fabricación de briquetas transforman el aserrín, las virutas y las astillas de madera u otros materiales lignocelulósicos en un BCS densificado.



• Operaciones del proceso de briqueteado

Las briquetas o leñetas comerciales para uso residencial tienen propiedades mecánicas definidas en las normas técnicas de referencia, no así las que se producen para autoconsumo.

A veces los municipios impulsan emprendimientos de producción de briquetas que puedan consumirse en estufas domésticas del lugar. Sin embargo, si estas iniciativas utilizan materia prima con alta humedad o se sustentan en procesos semiindustriales o manuales sin estandarización, suelen encontrar dificultades para cumplir los requerimientos de las normas. Por eso, antes de comenzar con la producción, se recomienda revisar si la materia prima es apta y validar el proceso.



Comunas del Gran Mendoza recolectan entre 9 y 64 t/día de hojas en época de otoño. En la misma provincia, San Rafael levanta cada otoño 22000 t de hojas, lo que implica 5400 viajes para trasladarlas hasta la BCA a 18 km. Este destino está revisándose.

En la provincia se conocen iniciativas de producción de BCS a partir de este material; es el caso de la Escuela Especial 2040, que produce briquetas de hojas de álamo y otros desechos.

Otro ejemplo es el de un emprendedor que ganó financiamientos público-privados para adquirir equipos que producen briquetas de RV (poda y hojas) y algo de papel residual, por medio de una briqueteadora de tornillo, a una tasa de 80 kg/h (160 briquetas).

Una ventaja de las briquetas respecto a los chips y pellets, es que pueden quemarse en cualquier estufa a leña, por lo que su elección como combustible densificado no implica reemplazar el parque de estufas existentes en la localidad. Sin embargo, las estufas metálicas pueden verse afectadas con este BCS. Si el municipio quiere insertar las briquetas en su localidad debería incluir un plan de relevamiento de las viviendas y mejoras de los usuarios para prevenir accidentes en la operación o daños en las estufas.

III. Análisis de riesgos e impactos

Es necesario identificar, tanto los riesgos asociados a la seguridad e higiene como los impactos ambientales, tanto actuales por la falta de gestión como de los futuros que incluirán operaciones de logística y procesamiento. Con la asistencia de especialistas se puede realizar la identificación, dimensionamiento y análisis de riesgos e impactos ambientales.



Análisis de riesgos



Balances ambientales



Análisis de riesgos

Analizar los riesgos operativos vinculados a la seguridad e higiene también es necesario. Estos son ejemplos de riesgos que podrían presentarse:

- **MECÁNICOS.** Los riesgos existen en las operaciones de manipulación, triturado y densificado. Para el manejo de los materiales se requiere capacitar operadores y disponer de elementos de protección personal.
- **INCENDIO.** Los riesgos siempre están presentes ya que la carga de fuego cuando el material comienza a acumularse y tiene poca humedad, es considerable.
- **SANITARIOS.** Los riesgos se dan debido a la atracción y anidación de vectores.
- **VIALES.** Los riesgos en el transporte de la recolección, descarga y movimientos internos de materiales también están presentes.



En el año 2019 los RV aún sin procesar acopiados en la planta procesadora de la ciudad de Cosquín, Córdoba, se incendiaron espontáneamente. El fuego se propagó por el material apilado. Los bomberos del lugar tuvieron que acudir para sofocar el incendio.

Aunque en este caso el incendio se inició en las parvas de RV sin procesar, también hay riesgo de incendio en las pilas de chips verdes (liberan calor aumentando el riesgo de autoignición).



Balances ambientales

Para dimensionar el esfuerzo público de invertir en el tratamiento de RV se necesita tener una idea aproximada de los costos ambientales de la operatoria y los beneficios al ambiente que reportará el aprovechamiento del material procesado.

Este análisis se puede hacer mediante una contabilidad ambiental de parámetros individuales a lo largo de la cadena de valor (se conoce como análisis de ciclo de vida). Sobre la base de la definición de los límites de la cadena de valor, se calcula el balance ambiental por unidad de producto. Se pueden hacer balances contables de la huella de carbono o energéticos; también se puede contabilizar alguna categoría de impacto que sea sensible a la población del municipio donde se pretenda radicar el proyecto.



● ● Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.

Los servicios de poda y de gestión de los residuos utilizan equipos pesados como grúas, trituradoras, astilladoras, elevadores aéreos y camiones; sin embargo **la gestión de los RV no genera impactos ambientales significativos en comparación con los aportes un árbol urbano que hace durante su ciclo de vida**. Por ejemplo para la categoría "emisiones de gases de efecto invernadero" asociadas a la plantación y mantenimiento de árboles, estudios identificados sugieren que son relativamente pequeñas, menos del 10 %, respecto a la absorción por almacenamiento biogénico.

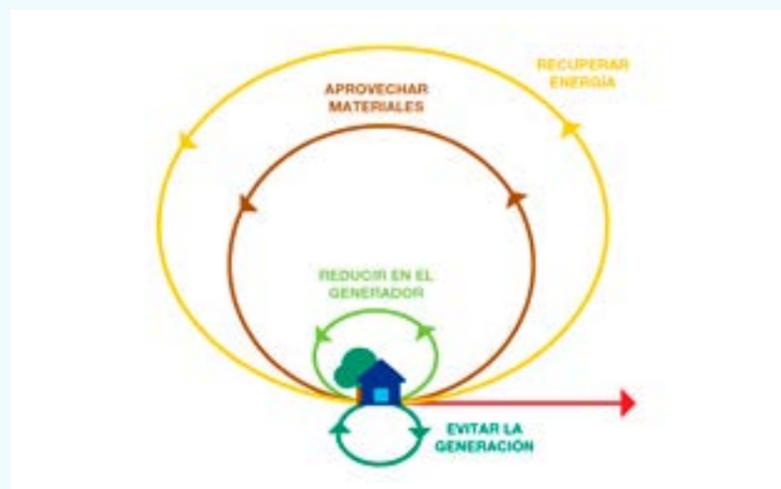
El INTI brinda asistencia, a través de la metodología de análisis de ciclo de vida, a los municipios que busquen conocer las implicancias ambientales de estas iniciativas. Pero aquellos municipios que lo deseen, pueden empezar identificando los impactos y asignándoles valores cualitativos apoyados en metodologías ágiles. Por ejemplo, en un balance energético se deberían contabilizar:

- **ENTRADAS:** combustibles fósiles para cosechar, procesar y transportar.
- **SALIDAS:** recursos biomásicos que aportan valor químico, material o poder calorífico.

La **bioeconomía circular** se enfoca en la valorización recurso-eficiente y sostenible de la biomasa en cadenas productivas multiproductos integradas, haciendo uso de sus residuos y optimizando el valor de la biomasa en el tiempo a través del efecto cascada.

Mientras la cadena sea más corta, es decir con menos transporte, manipulación y procesamiento de los RV, entonces los aportes ambientales de la iniciativa serán mayores.

En el caso de los RV se incorpora el concepto de reducción en la generación, ciclado de nutrientes y aprovechamiento en el lugar, y luego recién el aprovechamiento material o energético en una planta municipal con el propósito de disminuir drásticamente la disposición final.



- El enfoque de "bioeconomía circular" ayuda a planificar la gestión municipal de los RV dentro de los límites de la sustentabilidad que permite la biocapacidad del planeta.

Usar la poda urbana para generar energía residencial local podría generar un gran impacto social y ambiental. Solo en el **conurbano bonaerense** se producen más de 200000 t/año de RP. Implementando un modelo de valorización, desde el punto de vista energético, se puede disponer al equivalente de 3 millones de garrafas de GLP de 10 kg.

PONDERACIÓN AMBIENTAL DEL TRANSPORTE Y EL TIPO DE APROVECHAMIENTO.

Un factor para tener en cuenta es la disponibilidad regional de plantas de tratamiento, tanto en tipo, distancia y capacidad. Por ejemplo, una instalación con capacidad de procesamiento donde se incineran residuos sin recuperación de energía, pero a corta distancia, puede tener ventajas ambientales sobre un incinerador con un alto rendimiento de recuperación de energía ubicado a larga distancia.

Los proyectos industriales también suelen requerir estudios de impactos ambientales específicos. Esto depende de cada jurisdicción. El PROBIOMASA UTF/ARG/O20/ARG, menciona tres situaciones básicas de proyectos bioenergéticos:

- **"PEQUEÑOS"** que solo requieren una presentación administrativa básica, o no requieren presentación alguna,
- **"INTERMEDIOS"** donde se solicita una declaración de impacto ambiental (DIA) emitida por la autoridad ambiental,
- **"GRANDES"** donde se requiere un estudio de impacto ambiental (EIA) propiamente dicho.

IV. Análisis de viabilidad económica

Las iniciativas que reduzcan costos económicos respecto al modelo de gestión anterior, y además logren reducir riesgos en la operatoria y los impactos ambientales de la gestión asociada y, eventualmente obtener algún ingreso por el material que se comercializa, harán que el proyecto sea más fácil de concretar.



Inversión y costos operativos

- Recolección
- Tratamiento



Beneficios económicos

- Ventas
- Ahorros
- Externalidades



Inversión y costos operativos

Conocer la factibilidad económica de realizar la inversión y de sostener los costos operativos, es uno de los puntos centrales al momento de tomar una decisión sobre un proyecto de valorización de RV.

Lo primero que hay que **conocer, o al menos estimar, son los costos operativos que tendrá el municipio**, no solo del procesamiento de los RV sino también del sistema de gestión asociado.

La planta municipal de procesamiento de RV de la ciudad de Cosquín, provincia de Córdoba, en abril de 2019, que producía leña social, chips verdes y compost tenía un costo de operación de 7 USD/m³ de RV, entre combustible, personal, pala mecánica y otros.

Análisis comparativo de tres alternativas de tratamiento para los RP de la localidad de Los Toldos, municipio de General Viamonte, provincia de Buenos Aires. Caso demostrativo realizado con el apoyo de PROBIOMASA UTF/ARG/O20/ARG.

ANTES:	ALTERNATIVA 1:	ALTERNATIVA 2:
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN EN BCA	CHIPEO Y TRANSPORTE	EMPAQUETADO Y TRANSPORTE
USD/AÑO: 110 000	USD/AÑO: 80 000	USD/AÑO: 50 000

Beneficios económicos

Lo segundo que se debe conocer son los valores de mercado que se pueden obtener por los productos que se vayan a comercializar.

- Si la iniciativa es de un privado, el proyecto tiene que analizarse con un precio del material al que llegaría con un mercado maduro. Si se hace una evaluación del proyecto a costo cero de la materia prima, es probable que en el futuro esa realidad cambie y el proyecto deje de ser económicamente viable.

• **Valores económicos -orientativos- de mercado en 2020 de distintos productos.**

	BCS	COMPOST	INSUMO INDUSTRIAL
CHIP VERDE	Para acceder a un mercado debe garantizarse granulometría homogénea y que esté libre de otros residuos. Por su humedad y heterogeneidad tiene escaso valor de mercado. Rinde: 1 t RP genera 0,75 t de BCS.	Se puede obtener una enmienda orgánica de buena calidad como estructurante físico de suelos pero con poco valor como fertilizante químico. Se comercializa de 5 a 15 USD/t. Rinde: 1 t de RP genera 0,5 t de compost.	No tiene valor de mercado. No es apto para usar como madera de molienda para el mercado de la pasta celulósica o de confección de tableros de astillas.
FARDOS RAMAS	El valor de mercado es de 2 – 3 USD/MMBTU (25 -37 USD/t con 25 % de humedad relativa). Considerando costos de carga, descarga y flete a 100 km, en origen puede valer 10 a 22 USD/t.	--	--
CHIP MARRÓN	Dependiendo de la calidad granulométrica, en destino puede valer 3 – 4 USD/MMBTU (37 – 50 USD/t con 25 % de humedad relativa). Considerando costos de carga, descarga y flete a 100 km, en origen puede valer 22 a 35 USD/t.	--	--

Adicionalmente, se pueden monetizar las implicancias ambientales y sociales para la nueva cadena de valor. Sumadas a los ingresos económicos por ventas del material, el resultado neto puede significar una reducción de los costos para la comunidad.



REASIGNAR RECURSOS ECONÓMICOS

Los municipios tienden a destinar muchos recursos económicos, personal y equipamiento para mantener limpia la ciudad y asegurar la recolección domiciliar de RV. Sin embargo, podrían delegarse más responsabilidades a los generadores, por ejemplo, destinando menos días para recolección domiciliar o estableciendo puntos de acopio comunitario o municipal, lo que permitiría disminuir la carga operativa de la recolección diaria. Estas iniciativas habilitarían la reasignación de recursos municipales para fomentar emprendimientos productivos a partir de este recurso.



GLOSARIO ● ●

■ **Basural a cielo abierto (BCA):** sitio de disposición donde se lleva a cabo la disposición indiscriminada de residuos sólidos sin control de operación o con medidas muy limitadas para proteger el ambiente circundante. Es muy común que el sitio no haya sido evaluado, tampoco disponga de impermeabilización del suelo, ni el manejo de gases y ni de líquidos provocados por la descomposición. Los residuos depositados tampoco son cubiertos o compactados y quedan expuestos a factores climáticos.

■ **Biocombustible sólido (BCS):** producto derivado de la biomasa sólida susceptible de utilización directa en los procesos de conversión energética y que se obtiene a partir de transformaciones, generalmente de naturaleza física, tales como el astillado, molienda y secado. Ejemplos de BCS son leña, briquetas, chips y pellets. La norma que define los estándares es la IRAM 17225.

■ **Biomasa vegetal:** es la fracción biodegradable de los productos y residuos procedentes de la agricultura, de la silvicultura y de las industrias conexas, así como los residuos biodegradables de los municipios y de la industria en general.

■ **Chip marrón:** material obtenido a partir de los RP, que excluye a la fracción fina (verde). Puede tener distintas calidades según granulometría y humedad.

■ **Chip verde:** fracción fina y media del RP chipeado en verde, ya sea en el sitio de generación o en el de disposición final. Normalmente tiene alta humedad y heterogeneidad.

■ **Compost:** según la Resolución SCyMA-SENASA 01/2019 es un producto higienizado, estable y maduro que resulta del proceso de compostaje.

■ **Energía renovable:** producida o derivada de una fuente indefinidamente renovada (hidráulica, solar, eólica) o generada por combustibles renovables (biomasa producida en forma sostenible). Un recurso biomásico mal gestionado puede volverse no renovable.

■ **Enmienda:** según el Decreto Nacional 4830/73 de la Ley 20466, es toda sustancia o mezcla de sustancias de carácter inorgánico, orgánico o biológico que incorporada al suelo modifique favorablemente sus caracteres físicos, fisicoquímicos, químicos o biológicos, sin tener en cuenta su valor como fertilizantes.

■ **Estabilizado:** material de RV, tanto de RP como de RJ, perteneciente a las fracciones fina y media chipeada (chip verde), que se procesan aeróbicamente. El material no necesariamente ha pasado por una etapa termófila de higienización pero ha iniciado la etapa de maduración alcanzando los valores de estabilización de la Resolución SCyMA-SENASA 01/2019.

■ **Fardos de ramas:** material de RP atados o empaquetados (fracción media) densificado hasta cinco veces el volumen original. El enfardado permite el secado y acopio de material por períodos prolongados. Al ser un material homogéneo y con baja humedad, puede usarse como BCS sin necesidad de un proceso posterior.

■ **Fracción orgánica de los RSU:** residuo orgánico proveniente de los residuos sólidos urbanos susceptible de sufrir transformación biológica.

■ **Mulch:** también conocido como mantillo o acolchado, es la fracción media de los RP chipeados que se aplica sobre la superficie del suelo, principalmente para modificar los efectos del clima local. En agricultura y jardinería se utilizan para conservar la

humedad, mejorar la fertilidad y la salud del suelo, reducir el crecimiento de malezas, mejorar el atractivo visual. Estos se deterioran con el tiempo y son temporales.

■ **Rechazo:** también conocido como scrap o impropios, es la fracción de residuos, tanto RSU como RV en particular, que no puede ser ni reciclada ni valorizada, por lo que necesita trasladarse a un sitio de disposición final.

■ **Relleno sanitario (RS):** también denominado vertedero controlado es un espacio destinado a la disposición final de los residuos sólidos diseñado para no causar riesgo sobre la salud o la seguridad pública, ni perjudicar el ambiente circundante durante su operación o después del cierre. Para ello cuenta con una etapa de planificación que incluye evaluaciones de impacto ambiental. Regularmente se confinan los residuos en un área lo más estrecha posible, compactándose para reducir su volumen y cubriéndose con capas de suelo en forma diaria. Algunos cuentan también con captación, extracción, recolección, depuración y tratamiento de los gases y líquidos producidos por la descomposición de los residuos.

■ **Residuos:** sustancias u objetos de los cuales su poseedor se desprende o tiene la intención u obligación legal de hacerlo.

■ **Residuos agroindustriales:** son los producidos en la actividad que combina el proceso productivo agrícola con el industrial para obtener alimentos o materias primas semielaboradas. Son residuos de naturaleza orgánica y, por generarse en procesos de gran escala, suelen ser homogéneos y considerarse prácticamente clasificados en origen.

■ **Residuos diferenciados:** son los provenientes de una separación en origen y una recolección diferenciada. Es decir, residuos segregados en el sitio en que son generados según categorías que permitan un tratamiento específico de valorización. Es lo contrario a los residuos mixtos, que no son separados en origen o que provienen de una recolección no diferenciada.

■ **Residuos orgánicos:** es cualquier residuo susceptible de sufrir transformación biológica, ya sea aeróbica o anaeróbicamente. También se los conoce como fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Se los asimila a la fracción biodegradable generada por actividades de consumo, como residuos de cocina y restos de frutas y verduras.

■ **Residuos sólidos urbanos (RSU):** desperdicios o desechos que se generan en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia. Pueden ser de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional que no presenten características de peligrosidad, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas. Los residuos verdes quedan comprendidos dentro de este universo.

■ **Residuos verdes (RV):** según la norma IRAM 29556-1 son residuos vegetales como pastos cortados, hojas secas y ramas, que se generan como resultado del cultivo, poda y mantenimiento de jardines, parques, espacios públicos, así como de la conservación de paisajes. Pueden ser herbáceos, arbustivos o leñosos según su grado de lignificación. Se caracterizan por ser una fracción no uniforme, ni en tipología ni en composición, debido a su naturaleza, estacionalidad y origen heterogéneo. En la presente Guía se consideran dos orígenes: de jardinería y de poda.

■ **Residuos de jardinería (RJ):** RV compuestos principalmente por restos de corte de césped, mantenimiento de cercos vivos, canteros, cazuelas y macetas de plantas.

■ **Residuos de poda (RP):** RV compuestos principalmente por restos de poda de árboles, arbustos, también se incluyen las hojas secas. Se la puede denominar también biomasa leñosa.

BIBLIOGRAFÍA ● ●

- ADEME [Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie]. (2018). Alternatives au brûlage des déchets verts, les collectivités se mobilisent - Guide des bonnes pratiques. ISBN: 979-10-297-1010-0.
- Andretich, M. D. y Bertero, J. M. (2014). Potencialidad de la valorización energética de los residuos de poda de la ciudad de Unquillo para su aprovechamiento como BCS. Proyecto integrador para la obtención del grado de ingeniero químico de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Arboit, M. E. (2017). Estimación del índice de vegetación en entornos urbanos forestados consolidados de baja densidad del área Metropolitana de Mendoza, Argentina. Cuaderno urbano. Espacio, cultura, sociedad 23(23):33-60.
- Bioenergía Andina e INVAP. (2019). Compilación integral de datos, bajo metodología WISDOM, en la región de la Comarca Andina Ampliada - Oferta y demanda relativa a cubrir necesidades energéticas. Convenio ATN/ME-16052-AR. BIDLab, INVAP, Bioenergía Andina.
- BS 8001. (2017). Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations - guide.
- Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, Deutschland. (2003). Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV).
- Cardozo, F., Ciliberti, S., Gasparri, N., Gutierrez, J. y Villa, V. (2016). Informe técnico: determinación de la densidad y el poder calorífico superior de la poda de especies leñosas del arbolado urbano de Santa Fe. INTA Oliveros.
- Carvalho, M., Araujo, Y., Gois, M. y Coelho Junior, L. (2019). Urban pruning waste: carbon footprint associated with energy generation and prospects for clean development mechanisms. Revista Árvore 43(4): e430405.
- Decreto Nacional 383 de 2017. Reglamentación de la Ley 27287 del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil. 31 de mayo de 2017. Boletín Oficial N° 33635.
- Decreto 550 de 2005 [provincia de Río Negro]. Reglamento de Quemas de la Ley 2966. 24 de mayo de 2005. Boletín Oficial N° 4318.
- Decreto Nacional 4830 de 1973. Reglamentación de la Ley 20466 de Fiscalización de Fertilizantes y Enmiendas. 6 de junio de 1973. Boletín Oficial.
- Ellen McArthur Foundation (2017). Urban biocycles.
- Gajalakshmi, S. y Abbasi, S. (2008). Solid Waste Management by Composting: State of the Art. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 38(5): 311-400.
- Garrido, G., Silbert Voldman, V., Paradi, C., Suárez, M. y Nicastro, J. (2015). Manual para Municipios y Comunas: Compostaje domiciliario. Una oportunidad para convertir los residuos de hogares en abono orgánico, un mejorador de suelo, útil para las plantas. INTI-Centro Regional Córdoba.
- Garrido, G., Silbert, V., Pettigiani, E. y Mazzeo, N. (2016). Reciclado hogareño. Oportunidades de valorizar en origen los residuos orgánicos. INTI. ISBN 978-950-532-315-9.
- Heinen, K., Lawler, M., McHale, M. y Peterson, N. Urban Wood Waste: A Guide to Managing Your Community's Resource. North Carolina State University. USA.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2020). Mapa de índice de vegetación normalizado (NDVI) para Argentina. http://sepa.inta.gob.ar/productos/indices_de_vegetacion/compuesto_10d/
- IRAM 17225-1 (2019). Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 1 -Requisitos generales.
- IRAM 29556-1. (2012). Calidad ambiental. Calidad de suelo. Compostaje aeróbico. Parte 1: Conceptos básicos, factibilidad del tratamiento y buenas prácticas del proceso de compostaje de residuos verdes.
- IRAM-ISO 17225-2. (2020). Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2 - Clases de "pellets" de madera.
- IRAM-ISO 17225-3. (2020). Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 3 - Clases de briquetas de madera.
- IRAM-ISO 17225-4. (2020). Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 4 - Clases de "chips" de madera (para aplicaciones no industriales).
- Körte, A., González, V., Rey, M. y Piuma, M. (2019). Colección de informes técnicos N° 7, factibilidad del aprovechamiento de la biomasa forestal de campo. UTF/ARG/020/ARG. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Secretaría de Energía del Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación. ISBN 978-92-5-132013-6.
- Ley 12276 de 1999 [provincia de Buenos Aires]. Normas sobre arbolado público (forestación). 23 de marzo de 1999. Boletín Oficial N° 23793.
- Ley Nacional 25916 de 2004. Gestión de Residuos Domiciliarios. 7 de septiembre de 2004. Boletín Oficial N° 30479.
- Ley Nacional 26562 de 2009. Establécense presupuestos mínimos de protección ambiental para control de actividades de quema en todo el territorio nacional.
- Ley Nacional 27287 de 2016. Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil. 20 de octubre de 2016. Boletín Oficial N° 33486.
- Manfredi, S. y Pant, R. (2011). Supporting Environmentally Sound Decisions for Bio-Waste Management - A practical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA). European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. ISBN 978-92-79-21019-8.
- Martínez Reyes A. M., Silva Lora E. E., Venturini, O. J. (2015). Adecuación y transformación de la biomasa como combustible. En: Rincón Martínez, J. M. y Silva Lora, E. E. (eds.), Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad, 1ra. Ed., (p. 89-122). Red de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía. <https://books.google.com.br/books?id=YpnxCAAQBAJ>

- Morris, J., Matthews, S. y Morawsky, C. (2011). Review of LCAs on Organics Management Methods & Development of an Environmental Hierarchy. Sound Resource Management Group, Inc. (SRMG) para Alberta Ministry of the Environment Canada. ISBN: 978-0-7785-9519-9.
- Moscovich, F., Ivandic, F. y Besold, L. (2010). Manual de combate de incendios forestales y manejo de fuego (nivel inicial). INTA.
- Nanami, A., Lambert, A., Tejerina, D., Dabbah, F., Ogara, M., Tedesco, M., Hugón, N., Romero, P., Rotondaro, R. e Ilieff, S. (2014). SARA Estufa social argentina de alto rendimiento: manual para autoconstructores. INTI, CONICET. ISBN 978-950-532-225-1.
- Ordenanza 135 de 2001 [Pilar, Buenos Aires]. Recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos urbanos domiciliarios (R. S. U. D.), en urbanizaciones privadas. Expte. N° 1570/01 - 1500/01. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ordenanza 815 de 2018 [Mendiolaza, Córdoba]. Programa residuos verdes. 29 de octubre de 2018.
- Ordenanza 9822 de 2004 [La Plata, Buenos Aires]. Establece que los tocones de raíces, trozos de troncos y ramas de gran porte, producidos por la poda de árboles realizada por la Comuna o por particulares, deberán ser distribuidos a entidades de bien público, comedores infantiles o unidades sanitarias, para la utilización propia como elementos combustibles. Expte. 37848.
- Ordenanza 11917 de 2012 [Santa Fe de la Vera Cruz, Santa Fe]. Gestión de residuos de manejo especial.
- Peek, R. (s.f.). EU Directives and German Regulations for the Recycling and Disposal of Waste Wood. Peek, R.-D. Federal Research Center for Forestry and Forest Products (BFH). Hamburg, Germany.
- Peralta, E., González, R., von Haefen, G., Comino, A., Gayoso, G., Vergara, S., Genga, G. y Scagliola, M. (2002). Experiencia piloto de compostaje de barros primarios cloacales de Mar del Plata.
- Rearte, M., Abdelhamid, S. y Martínez Pulido, G. (2019). Introducción a la gasificación de biomasa en sistemas downdraft - Módulos I y II. ISBN 978-950-532-269-5- INTI.
- Rearte, M. y Risso, M. (en edición). Manual introductorio a la tecnología del pelletizado. INTI.
- Renda, E., Rozas Garay, M., Moscardini, O. y Torchia, N. (2017). Manual para la elaboración de mapas de riesgos en la ciudad. PNUD, Secretaría de protección civil y abordaje integral de emergencias y catástrofes, Ministerio de Seguridad de la Nación. ISBN 978-987-1560-75-2.
- Resolución N° 01/2019 conjunta de la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SCyMA-SENASA). Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost. 10 de enero de 2019. Boletín Nacional N° 34031.
- Resolución N° 264/2011 [Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)]. Reglamento para el registro de fertilizantes, enmiendas, sustratos, acondicionadores, protectores y materias primas de la República Argentina. 16 de mayo de 2011. Boletín Oficial N° 32150.
- Rizzardi, S. (2011). Arbolado urbano, aportes para su comprensión. II Congreso Internacional de Ambiente y Energía Renovable (pp 627). Editores: Pierantonelli, M.; Rodríguez, M.E.; Tuninetti, L. y Etchegaray Suarez, G. Traducción: Pallier, B. Argentina. ISBN: 978-987-1253-89-0
- Sapino, V., Lacelli, G., Cardozo, F., León, C., Chiavassa, A. y Hueriga, I. (2018). Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa, metodología WISDOM, provincia de Santa Fe. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ministerio de Energía Presidencia de la Nación, Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación. ISBN 978-92-5-130885-1.
- Satti, P., Mazzarino, M. J., Laos, F., Roselli, L. y Crego, P. (2012). Compostaje de materiales de diferente origen: experiencias del Grupo de Suelos del CRUB. En: Compostaje en Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso (pp 77-98). Universidad Nacional de Río Negro. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Argentina. ISBN 978-987-9269-93-7.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2005). Estrategia nacional de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
- Silbert, V., Campitelli, P., Suárez, M.F. y Garrido, G. (2018). Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño. INTI-UNC. ISBN 978-950-532-383-8.
- United States Environmental Protection Agency. (1999). Organic Materials Management Strategies.
- Varnero, M., Quiroz, M. y Álvarez, C. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Información Tecnológica 21(2):13-20. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200003>





ISBN 978-950-532-462-0



9 789505 324620



INTI



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina

 INTIArg

 @INTIArgentina

 INTI

 @intiargentina

 canalinti

www.inti.gob.ar
consultas@inti.gob.ar
0800 444 4004

