



## ■ Caña de Azúcar

# Manejo sustentable de residuos de la caña de azúcar. Elaboración y empleo de compost en suelos cañeros

Carolina Sotomayor\*, Cecilia Esquivel\*\*, María Eugenia Garnica\*\*\*\*, Hugo Rojas Quinteros\*\*\*, Marcelo Ruiz\*\*\*\*\*, Agustín Sanzano\*, Eugenio Quaia\*\*\*\*\*, Dora Paz\*\*\*\*\* y Mariano Abregú\*\*\*\*

\* Ing. Agr. Sección Suelos y Nutrición Vegetal \*\*Lic. Biotec. Sección Ing. y Proyectos Agroindustriales \*\*\*Lic. Qca. Sección Suelos y Nutrición Vegetal \*\*\*\* Lic. Qca. e Ing. Agr. Ingenio Leales \*\*\*\*\*Ing. Qco. Sección Química de Productos Agroindustriales y Sección Ing. y Proyectos Agroindustriales. csotomayor@eeaoc.org.ar

**U**no de los caminos más importantes que marcó el último Congreso de Tecnólogos de la Caña de Azúcar, desarrollado en 2019 en nuestra provincia, es el del manejo eficiente de los residuos originados durante los procesos de producción de azúcar y alcohol, los cuales poseen

un elevado potencial como fuentes de energía y/o nutrientes para los cultivos ya que constituyen importantes fuentes de materia orgánica, nitrógeno, potasio y fósforo.

Una buena práctica de manejo sustentable de los residuos debería satisfacer tanto los requerimientos

del cultivo como los de la industria y del medioambiente. En este sentido, la elaboración de compost constituye una muy buena práctica de manejo y aprovechamiento a tener en cuenta, ya que mediante un proceso biológico, controlado, es posible obtener un producto de alto valor comercial y nutricional.

La Sección Suelos y Nutrición Vegetal y el Área de Medio Ambiente de la EEAOC, en conjunto con el ingenio Leales, han trabajado en el marco del Proyecto Biorrefinería Sustentable, basado en un modelo escalable, con el fin de lograr el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, donde se encuentran incluidos el azúcar y el alcohol y cuyos resultados compartimos en este trabajo.

## ■ Compostaje

**E**l compostaje se define como el proceso biológico por el cual los microorganismos utilizan el material orgánico como fuente de alimentación, en presencia de aire (proceso aeróbico), obteniéndose como producto final un material estable y uniforme con características beneficiosas para el suelo y los cultivos. Requiere de la presencia de bacterias y hongos, cuyo desarrollo depende de las condiciones de temperatura, humedad, nutrientes, pH y concentración de oxígeno desde el inicio de la mezcla hasta la maduración del compost.

El proceso de compostaje consta de tres fases:

### Fase I. Descomposición

**mesófila:** esta etapa se inicia a temperatura ambiente, la cual va en aumento hasta los 45°C. Existe predominio de microorganismos mesófilos, bacterias (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus* y *Enterobacter*) y hongos. Los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor.

La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta entre 4,0 y 4,5).

### Fase II. Descomposición

**termófila:** cuando el material alcanza temperaturas mayores a los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (género *Bacillus*) y por actinomicetes. Facilitan la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Asimismo, se crean condiciones para la destrucción de bacterias patógenas.

### Fase III. Descomposición mesófila de enfriamiento y maduración:

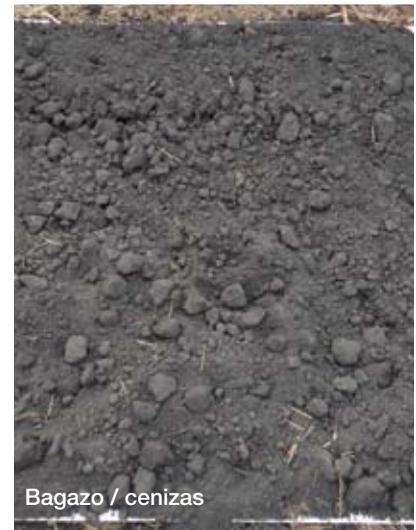
en esta etapa, cuando solo quedan los materiales más resistentes, los actinomicetes son los microorganismos más importantes, y participan en las últimas etapas de formación del humus. En la fase final, el compost se estabiliza a temperatura ambiente y adquiere un olor a tierra característico. Además, el volumen final se reduce considerablemente.

## ■ Materia prima empleada en la elaboración del compost

### ► Bagazo/ceniza

Es un residuo sólido, fibroso, que se obtiene de la extracción del jugo en el proceso de molienda de la caña, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural. Aunque su uso más frecuente es como combustible y

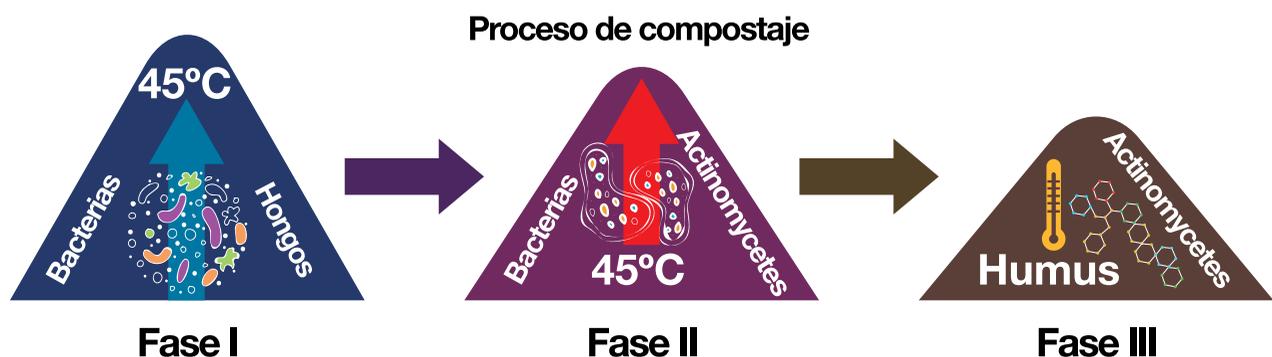
en la producción de papel, se utiliza también en mezclas destinadas al compostaje.



De la quema del bagazo se originan alrededor de 30 kg de ceniza por tonelada de caña, que contienen alrededor de un 20% de materia orgánica, y sales de silicio y calcio entre las predominantes en su composición. En nuestro estudio, el porcentaje en la mezcla destinada a compostaje fue del 30%.

### ► Cachaza

Es un residuo sólido que se obtiene en el proceso de clarificación de los jugos, a razón de 40 kg/t de caña molida con una humedad del 70% aproximadamente. Su composición química puede variar dependiendo de la variedad, de las condiciones agroecológicas y de la eficiencia de la fábrica. De los elementos esenciales para la nutrición de las plantas, el nitrógeno y el fósforo son los que se encuentran en mayor proporción, seguidos del potasio,





Cachaza

aunque también contiene calcio, magnesio y micronutrientes en cantidades regulares, y presenta una importante cantidad de materia orgánica (50%). Fue el componente que en mayor proporción se utilizó en la mezcla destinada a compostaje (70%).

#### ► Vinaza

Es un residuo líquido proveniente de la elaboración de alcohol a partir de melazas o jugos en una relación promedio de 13 litros de vinaza por cada litro de alcohol producido. Su composición química va a depender del mosto empleado en la fermentación: melaza; jugo de caña de azúcar o bien del mosto mixto. Los restos de origen orgánico y sales minerales, presentes en su composición, le otorgan un elevado poder contaminante en los cursos de agua, donde la alta demanda de oxígeno necesaria para



Vinaza

estabilizar química y biológicamente sus compuestos puede eliminar completamente la flora y fauna acuática aerobia. En la actualidad las alternativas para su manejo abarcan la disposición en suelos cañeros como fuentes de potasio y/o nitrógeno, y en suelos salinos y/o sódicos no productivos. Se ha usado en las mezclas para compostaje otorgando la humedad necesaria para que el proceso se cumpla, actuando también como fuente de materia orgánica. La vinaza empleada en esta experiencia fue concentrada a aproximadamente 35° brix.

#### ■ Diseño experimental del compost y su formulación

La formulación de las pilas de compost se realizó con 70% de cachaza y 30% de ceniza. Cada pila tuvo aproximadamente 50 m de longitud, 2 m de ancho y 1,2 m de alto.

**Formulación I:** pila formada por 70% de cachaza y 30% de ceniza y regada con agua.

**Formulación II:** pila formada por 70% de cachaza y 30% de ceniza y regada con 20 kg de vinaza concentrada a 35° brix/t de cachaza.

Las formulaciones tuvieron tres repeticiones cada una. Se realizaron operaciones de volteo y aireación de acuerdo a la humedad y temperatura adquirida por la mezcla durante todo el proceso.

A fin de evaluar dicho proceso se hizo un seguimiento de los parámetros que dominan y

condicionan cada una de las etapas del compostaje, materia orgánica, conductividad eléctrica, pH, nitrógeno y temperatura, entre otros parámetros. Una vez concluido el proceso se ha caracterizado el compost ya maduro.

En la siguiente tabla, se detalla la caracterización inicial de cada componente de la mezcla y el resultado final ya del compost maduro regado con vinaza.

#### ■ Resultados obtenidos del proceso de compostaje

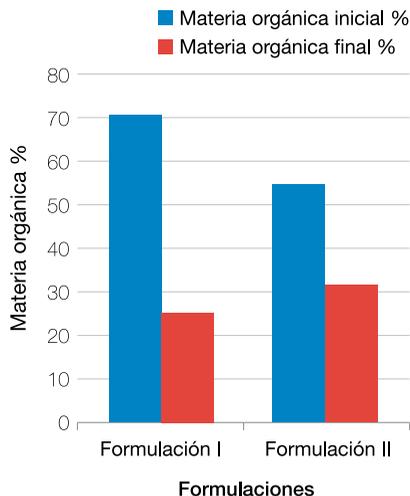
En ambas formulaciones puede observarse una marcada disminución de la materia orgánica así como también en la conductividad eléctrica (Figuras 1 y 2). En las pilas regadas con agua la conductividad final alcanzó valores de 2,43 dS/m, mientras que en la pila regada con vinaza fue de 3,72 dS/m, valor que se encuentra por debajo del límite que se establece según Resolución-264-2011-SENASA para que no existan restricciones para su uso en suelo (4 dS/m). En cuanto al pH, en ambas formulaciones se llegó a valores de 7,09 y 6,71 para la pila regada con agua y la pila regada con vinaza, respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos podemos destacar que, en ambos tratamientos, la evolución del proceso de compostaje fue el esperado de acuerdo a la variación de los parámetros físico- químicos estudiados (materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno, relación C/N, pH y conductividad eléctrica, además de otras variables).

**Tabla 1.** Caracterización inicial de cada componente de la mezcla y del compost maduro.

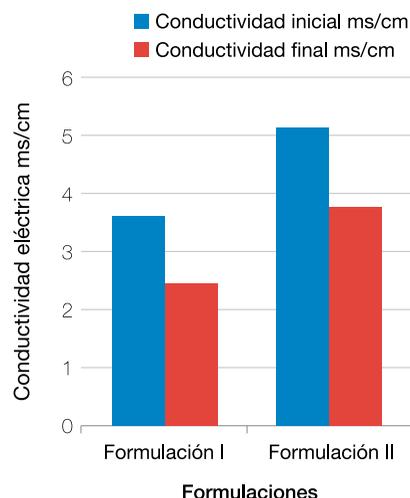
	pH	Salinidad (dS/m)	COT (%)	MOT (%)	P total (%)	K total (%)	N total (%)	Rel C/N
Cachaza	6,9	1,7	35,1	60,5	1,2	0,4	4,6	7,6
Ceniza	8,9	5,3	7,8	14	0,2	0,3	...	...
Vinaza	5,1	46,7	46,7	80,4	...	3,3	1,7	27,8
<b>Compost</b>	<b>6,8</b>	<b>3,72</b>	<b>17,15</b>	<b>29,55</b>	<b>1</b>	<b>0,45</b>	<b>1,5</b>	<b>11,4</b>

## Disminución de materia orgánica en los tratamientos propuestos



**Figura 1.** Disminución de la materia orgánica durante el proceso de compostaje.

## Variación de la conductividad en los tratamientos propuestos



**Figura 2.** Variación de la conductividad durante el proceso de compostaje.

En cuanto a la conductividad, el aumento puede estar relacionado con el agregado de vinaza. Cuanto mayor sea la cantidad de vinaza incorporada a la mezcla, el incremento probablemente será mayor debido a la alta concentración salina que a esta la caracteriza.

### Destino del compost

El compost elaborado puede emplearse en pre-plantación de la caña de azúcar o bien



Carga de compost para posterior aplicación.

en caña ya plantada (planta y soca). En el ensayo llevado a cabo por la EEAOC, las dosis evaluadas fueron de 0, 10 y 20 t/ha, calculadas en función del contenido de nitrógeno del compost, la humedad del mismo y los requerimientos del cultivo. En esta experiencia se ha aplicado el compost formulado con vinaza concentrada en caña planta en un lote del ingenio Leales en donde el rendimiento cultural esperado es medio (60-80 t/ha).

### Resultados preliminares en suelo y caña de azúcar

En un primer año se han evaluado propiedades físico químicas de suelo y rendimiento cultural y fabril en el cultivo de caña de azúcar.

#### Suelo

- Se han detectado incrementos de importancia en el contenido de fósforo disponible, pasando de 70 ppm de contenido inicial previo a la aplicación del compost, a 113 y 151 ppm para los tratamientos de 10 y 20 t/ha, respectivamente.

- Se han determinado incrementos en los contenidos de sales solubles en el suelo de 0,5 dS/m inicialmente a 1,2 dS/m con la dosis de 20 t/ha evaluada. El incremento pudo haberse debido al aporte de la vinaza en la mezcla a compostar. Los valores no llegaron a ser críticos para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

- No se han observados cambios en el contenido de materia orgánica en este primer año, parámetro que se debe seguir evaluando, debido probablemente a que un año no es suficiente para la expresión de alguno de ellos.

#### Caña de azúcar

- Se han observado incrementos en el rendimiento cultural (t/ha) de aproximadamente un 13% a favor del tratamiento en el cual se han aplicado 20 t/ha de compost.

- También hubo incrementos en el rendimiento fabril (cantidad de azúcar recuperada por tonelada de caña molida) de 7 % y 9% superior



Planta de compostaje

al tratamiento que no ha recibido el aporte del compost, como se observa en las Figuras 3 y 4.

### Importante

**D**e acuerdo a esta experiencia podemos destacar la revalorización de los residuos provenientes de la agroindustria cañera como componentes de gran valor nutricional y energético de las mezclas destinadas a compostaje, considerando dicho proceso como una muy buena práctica de manejo de los residuos, reduciendo el impacto ambiental respecto del que se produciría si cada uno de estos fuera empleado por separado.

Se considera necesario e importante continuar con la evaluación en el tiempo tanto de las propiedades físico químicas de suelo y del rendimiento de la caña de azúcar, visto que los resultados “preliminares” son alentadores.

Se considera necesario e importante continuar con la evaluación en el tiempo tanto de las propiedades físico químicas de suelo como del rendimiento de la caña de azúcar, visto que los resultados preliminares son alentadores.

### Rendimiento cultural

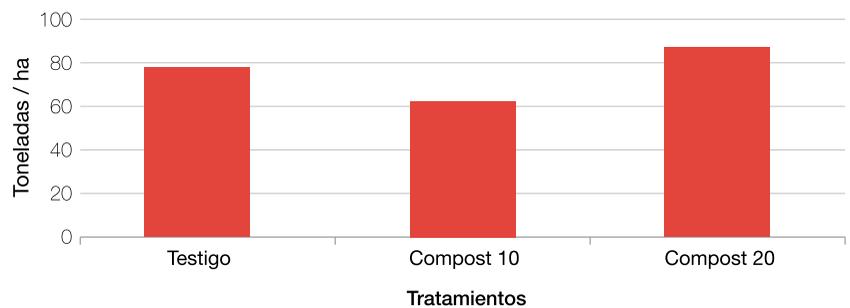


Figura 3. Rendimiento cultural (t/ha) obtenido con los distintos tratamientos evaluados.

### Rendimiento fabril

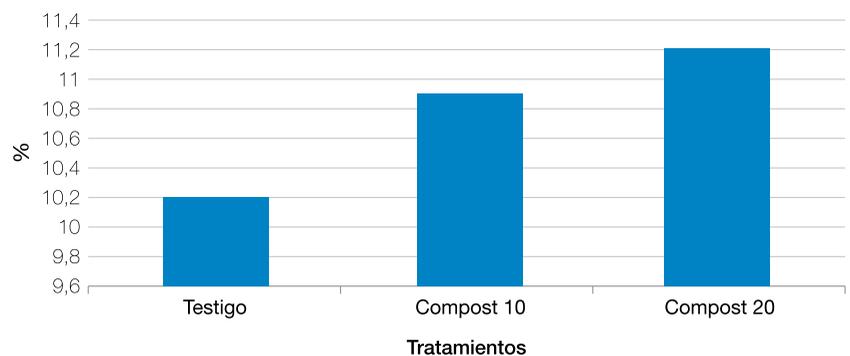


Figura 4. Rendimiento fabril (% azúcar) obtenido con los distintos tratamientos evaluados.

*A nuestro querido compañero y amigo Ing. Miguel Morandini, excelente persona y profesional, quien formó parte de este equipo de trabajo y cuya mirada crítica y, sobre todo, constructiva marcó el rumbo de esta investigación. Hoy plasmamos en esta publicación una parte de todo lo que nos enseñó y dejó.*

EL NOA EN ALERTA

# OJO con el HLB

Enfermedad mortal  
para los cítricos\*

Está cerca

No lo dejemos avanzar

**La prevención es el único camino**

Por eso, es necesario:

Intensificar los monitoreos de posibles síntomas (en Tucumán, identificar la eventual presencia del insecto vector)\*\*

No trasladar materiales cítricos entre fronteras (yemas, brotes, o fruta no autorizada)

Utilizar en las plantaciones sólo material saneado y certificado

Proteger los viveros con mallas antiáfidos.

Eradicar de parques, plazas y jardines la planta ornamental *Murraya paniculata* (conocida como mirto o jazmín naranja)

Seguinos por

 /El Ojo Alerta



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES

Tucumán | Argentina

\* El HLB no ataca a los seres humanos ni a animales

\*\*Envíe muestras sospechosas a cualquiera de los laboratorios de la Red Senasa.

Tucumán dispone del laboratorio de Fitopatología de la EEAOC, integrante de la red.