



ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina



## Alternativas para el aprovechamiento de la vinaza como subproducto de la actividad sucroalcoholera



# Alternativas para el aprovechamiento de la vinaza como subproducto de la actividad sucroalcoholera

M.Sc.  
**Miguel Mornadini**  
Sección Suelos

M.Sc.  
**Eugenio Quaia**  
Sección  
Ingeniería y Proyectos

La vinaza es un líquido derivado de la destilación del vino resultante de la fermentación de jugos o mieles de caña de azúcar. Se trata de un líquido de pH ácido, con alto contenido de materia orgánica, que si no se trata adecuadamente, puede ser contaminante. Por tal razón, la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de la provincia ha prohibido explícitamente el volcado de vinaza a cursos naturales de agua.

Diferente es el caso si se considera que la vinaza es un sub producto con una utilidad que le confiera valor, ya sea para su reutilización en el proceso fabril (ahorro en el consumo de agua industrial), bien para la obtención de subproductos que tengan valor comercial, o aplicándola en suelos agrícolas para aprovechamiento de sus constituyentes.

El nuevo paradigma entonces debe ser: "La vinaza es un subproducto de la destilación del alcohol etílico que se convierte en contaminante cuando se dispone inadecuadamente en el suelo o en cursos de agua".

La EEAOC ha estudiado, desde hace más de 25 años, alternativas para el aprovechamiento de la vinaza, véase, por ejemplo, trabajos sobre características y concentración de la vinaza de Cárdenas, Ruiz, Díaz Lozano, Delfini, Yocca y Aralde de 1.985. Hoy se estudian y ensayan, tanto en campo, como a nivel laboratorio, alternativas de uso agrícola como riego y compostaje, biodigestión anaeróbica para la obtención de biogás y la concentración para su posterior quema en calderas o bien su uso como fertilizante.

La transformación de la vinaza puede realizarse de distintas maneras,

mediante procesos que podemos llamar primarios y que, en sí mismos, no llegan a resolver todo el problema. Por este motivo se hace necesario la combinación de dos o más de ellos para lograr convertir a la vinaza en subproductos.

A continuación se describen las alternativas primarias para el tratamiento que ya se encuentran en aplicación o han sido ensayadas y luego se analizan las combinaciones destacadas que llevan a la conversión total de la vinaza; para estas combinaciones, también se incluyen los diagramas de flujo con valores de caudales, concentraciones y producción para una destilería de 100 m<sup>3</sup> de alcohol por día, por último, se presenta un cuadro resumen de las combinaciones.

## Aprovechamiento agrícola

Las alternativas de aprovechamiento agrícola de la vinaza son hoy las de mayor aplicación, no solo en nuestra provincia, sino también en el mundo entero, incluso han sido incorporadas a las legislaciones ambientales. Particularmente en Tucumán, la Secretaría de Estado de Medio Ambiente ha reconocido, basándose en informes técnicos de la EEAOC, estas prácticas como ambientalmente sustentables emitiendo una resolución oficial. Son las alternativas que menor costo de inversión representan y se necesita contar con suficiente tierra disponible para realizarlas. El retorno de la inversión es bajo o nulo. Las posibilidades de aplicación en suelo de vinaza se analizan a continuación:

- Aplicación en surco de vinaza diluida: la dilución se realiza con agua en una relación 1:10 a 1:30. Se trata de un sistema de fácil implantación, bajo costo,

baja eficiencia y que se viene aplicando desde hace unos 15 años en la provincia.

- Aplicación por aspersión de vinaza pura (sin diluir): este método no requiere de agua de dilución pero se hace necesaria una planificación. Este sistema tiene mayores costos, tanto fijos como variables. Se realiza desde el año pasado en campos de un ingenio de la provincia.

- Aplicación por chorreo de vinaza cruda o concentrada: Consiste en una aplicación direccionada sobre el surco de la vinaza cruda o previamente concentrada mediante algún otro proceso. Se realiza con camiones cisterna.

Disposición en suelos improductivos: Consiste en el agregado de vinaza pura en dosis específicas a suelos salinos y salinos sódicos. En aquellos salinos sódicos se puede llegar a modificar su composición química y procurar luego de aplicar determinadas técnicas, su recuperación. Requiere de superficies de suelos salinos y salinos sódicos, y su aplicación es limitada.

## Tratamientos biológicos

Compostaje: Es una opción relativamente económica, que implica principalmente costos de transporte y requiere importantes superficies de terreno.

El biocompostaje consiste en un proceso aeróbico en el que la materia orgánica se descompone por la acción de microorganismos. En la agroindustria sucroalcoholera se utilizan distintos residuos orgánicos, cachaza, ceniza de lavado de gases de chimenea, bagazo, RAC, en mezclas donde se puede incorporar proporcionalmente hasta un 30% de la vinaza producida. También se

puede agregar a las mezclas la vinaza previamente concentrada. Pueden ser utilizados microorganismos adicionales (inóculos) preparados para acelerar el proceso.

Durante la aplicación de la vinaza se deben mezclar las pilas para homogeneizar la vinaza, el resto de componentes y el inóculo con el objeto de mantener disponible la materia orgánica para los microorganismos, proporcionar el aire requerido, remover calor, vapor de agua y gases atrapados en el material.

El producto final puede ser usado como enmienda orgánica en campos agrícolas con el aporte de nutrientes como el potasio en cantidades importantes o nitrógeno en menor cantidad.

Como antecedentes de esta alternativa pueden mencionarse los compostajes de la industria sucroalcoholera colombiana, el realizado por los ingenios del Norte argentino (Tabacal, San Isidro) y los que están haciendo algunas empresas tucumanas desde el año 2012.

Reactores biológicos: La reducción por acción de agentes biológicos de la materia orgánica de la vinaza es otra alternativa de tratamiento que brinda la posibilidad de un retorno económico, ya sea debido al biogás que se produce por reacciones anaeróbicas o bien por el lodo producido en las reacciones aeróbicas que tiene un interesante valor como fertilizante. Es también una forma de neutralizar el pH de las vinazas (pasarlos de 4 a 7) y de equilibrar su relación Carbono/Nitrógeno, mejorándola como fertilizante.

A la salida del tratamiento biológico, el efluente puede ser concentrado con el fin de utilizarlo en aplicaciones agrícolas, como fertilizante.

### **Concentración**

La idea de concentrar la vinaza, y en consecuencia reducir su volumen, es bastante antigua. Los problemas que presenta para su puesta en práctica son la corrosión de los equipos y la formación de incrustaciones. Actualmente estos problemas han sido superados por la tecnología y existen en funcionamiento numerosos modelos de concentradores de vinazas.

El porcentaje de sólidos puede

elevarse desde 5-8% hasta 60%. La vinaza concentrada es un jarabe que puede transportarse con menores costos que la original. En una etapa posterior, es posible deshidratarla completamente, hasta obtener un polvo fino que conserva sus características de fertilizante orgánico. La vinaza concentrada puede usarse como fertilizante, quemarse en calderas o como insumo para ración animal. La concentración de vinaza se puede realizar de diferentes maneras:

- Evaporación o secado natural: consiste en la evaporación natural a cielo abierto del agua de la vinaza. Se realiza en piletas de grandes superficies en las cuales se dispone la vinaza en finas capas (gran relación superficie/volumen). Este tratamiento se encuentra restringido a zonas donde los ciclos hídricos tienen balance negativo, durante la época de zafra. Además no se requieren grandes consumos de energía (solo para el transporte de la vinaza al lugar de evaporación).

- Evaporación en múltiple efecto: es un método basado en la operación de evaporadores en serie, utilizado para incrementar la concentración de sólidos de soluciones líquidas por eliminación del solvente por ebullición. La concentración de vinaza es factible en batería de evaporadores de intercambiador externo. Con este método es posible recuperar alrededor del 90 % del agua que contiene, mientras que por el fondo se obtiene vinaza concentrada a 60° Bx. Una limitación de esta aplicación es el problema de las incrustaciones.

- Tecnologías de membranas: El principio de la nano y ultrafiltración es la separación física de dos corrientes, una con alta concentración de sólidos disueltos y la otra con una baja concentración de sólidos disueltos. Es el tamaño de poro de la membrana lo que determina hasta qué punto son separados los sólidos disueltos.

- Secado de vinaza: También puede llegarse a la desecación de la vinaza lográndose un polvo con baja humedad factible de ser utilizado en campo como fertilizante, quemado en calderas como combustible con bajo poder calorífico o bien en la formulación de alimento para ganado. El procedimiento de obtención de las vinazas en polvo transcurre consiste en la introducción de vinaza líquida concentrada en un secador

por aire caliente. La vinaza líquida concentrada es pulverizada, atomizada, o convertida por cualquier método en pequeñas porciones que se secan al contacto con el aire caliente. El sólido obtenido posee una humedad entre 1 y 8 %.

### **Otros procesos**

Existen operaciones de transformación de la vinaza en cualquiera de sus estados y que asociadas con otras de las antes mencionadas pueden conformar un proceso para resolver el problema. Estas son:

Quema en caldera de vinaza concentrada: Esta operación se lleva a cabo a partir de vinaza ya concentrada (aproximadamente hasta 60 ° Brix) por algún otro medio.

La vinaza de estas características es susceptible de ser quemada como un fluido líquido de bajo poder calorífico, generando vapor vivo y cenizas potásicas comercializables como fertilizante. Se necesitan sistemas de combustión especializados.

Sedimentación por adición de coagulantes y floculantes: El agregado de coagulantes y floculantes en determinados momentos del proceso permiten la reducción de sólidos presentes en la vinaza. Se pueden agregar a la vinaza cruda, luego de un tratamiento biológico, antes de un sistema de membranas para mejorar el afluente, antes de una concentración de cualquier tipo. Ensayos en el laboratorio de investigaciones ambientales de la EEAOOC reportan resultados interesantes en la aplicación en vinaza cruda y efluentes de plantas biológicas, lográndose hasta un 30% de reducción de la carga orgánica expresada como DQO.

Concentración por corriente de aire: En el laboratorio de investigaciones ambientales de la EEAOOC se están llevando a cabo ensayos de evaporación para la concentración de vinaza por contracorriente de aire. Se espera encontrar una relación entre los caudales de líquido y de gas que proporcionen una buena eficiencia en la evaporación.

Producción de proteína unicelular: La levadura *Candida utilis* crece, se reproduce y se adapta en la vinaza, obteniéndose un producto con alto contenido de proteína. En Cuba se

realiza la producción industrial de estas levaduras desde hace tiempo. En nuestro país tanto el INTI como la EEAOC realizan investigaciones relacionadas al tema.

### Alternativas de tratamiento para la vinaza

La solución para el tema de la vinaza no pasa por una operación sola y ningún proceso de los vistos puede por sí mismo resolver todo el problema. Se analizan a continuación las distintas combinaciones de tecnologías existentes, en aplicación, ensayadas o bien en proyecto, además se desarrollan los diagramas de flujo explicativos de cada alternativa con algunos números de interés.

Las alternativas que aquí se presentan son válidas para vinaza proveniente de la fermentación de melazas; en caso de que el origen sea de jugo o mieles, pueden variar las características de los procesos y productos.

**a) Aplicación en suelos agrícolas:** La EEAOC evalúa ensayos de aplicación de vinaza en suelos agrícolas desde hace unos años y con la información sobre los resultados obtenidos ha generado documentos técnicos. La Secretaría de Estado de Medio Ambiente, SEMA, ha tomado los documentos técnicos relativos a esta

práctica publicados por la EEAOC como base para establecer por resolución oficial esta alternativa reconociéndola como sustentable para el manejo de la vinaza. La mayoría de las empresas han aplicado estos métodos durante las zafas 2011 y 2012. De las alternativas disponibles, esta forma de disposición de la vinaza es una de las de más baja inversión, se requiere una importante logística para distribución del producto, con escaso o nulo retorno económico y un balance energético negativo, pero se logra resolver la totalidad del problema si se cuenta con tierra suficiente. En otros países, Brasil, se realiza desde hace tiempo. La tecnología se puede aplicar de distintas maneras, a saber:

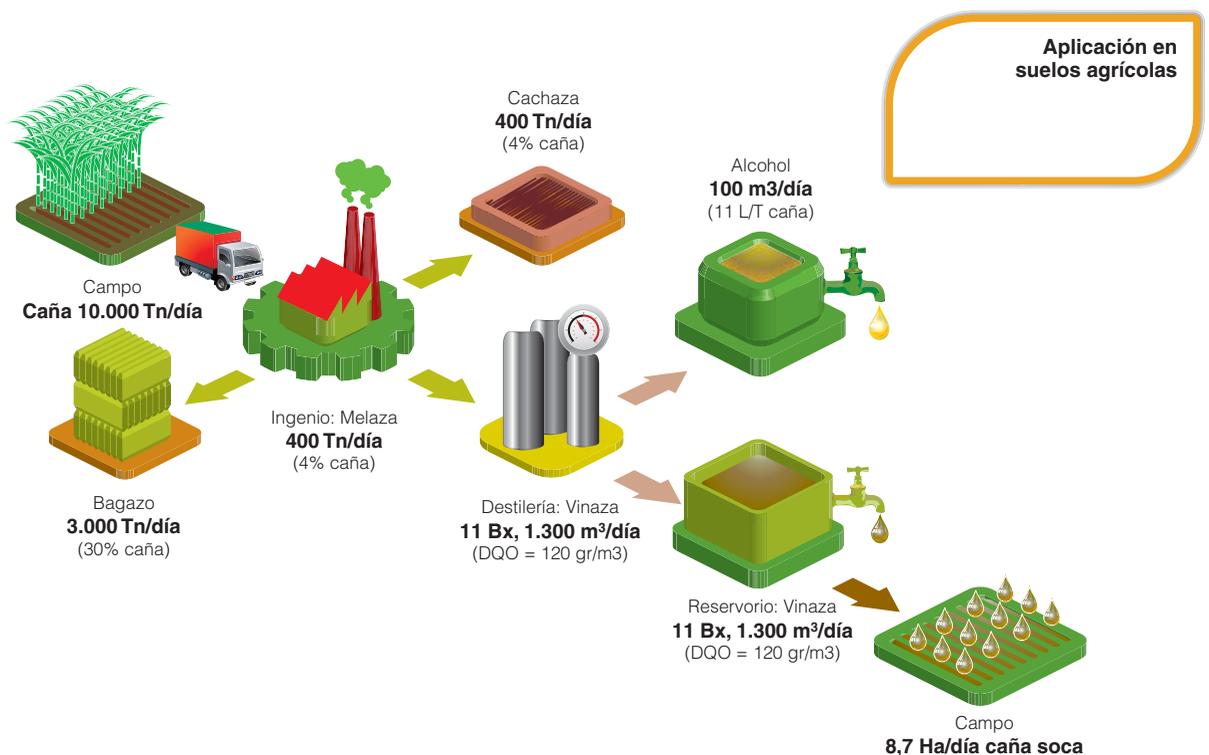
- i. Aplicación en surco de vinaza diluida: la dilución se realiza con agua en una relación 1:10 a 1:30; se trata de un sistema de fácil implementación, bajo costo y baja eficiencia.
- ii. Aplicación por aspersion de vinaza pura: este método no requiere de agua de dilución pero se hace necesaria una planificación; este sistema tiene mayores costos, tanto fijos como variables.
- iii. Aplicación por chorreo de vinaza cruda: Consiste en una aplicación

direccionada sobre el surco de la vinaza cruda o previamente concentrada mediante algún otro proceso; se realiza con camiones cisterna.

### b) Aplicación en suelos improductivos:

Consiste en el agregado de vinaza pura en dosis específicas a suelos salinos o salinos sódicos. Requiere de superficie suficiente de suelos bajo estas condiciones, y su aplicación es limitada por la capacidad de absorción y evaporación. También es una de las alternativas de más baja inversión, se requiere una importante logística para distribución del producto, con escaso o nulo retorno económico y un balance energético negativo, pero se logra resolver la totalidad el problema si se cuenta con tierra suficiente.

Acompañado de otras medidas puede ser útil en la recuperación de suelos. La EEAOC ha realizado ensayos durante las zafas 2011 y 2012 en campos de empresas privadas y existe información que está siendo evaluada por los técnicos de la institución. La SEMA, ha tomado los documentos técnicos relativos a esta práctica publicados por la EEAOC como base para establecer por resolución oficial esta alternativa reconociéndola como sustentable para el manejo de la vinaza.



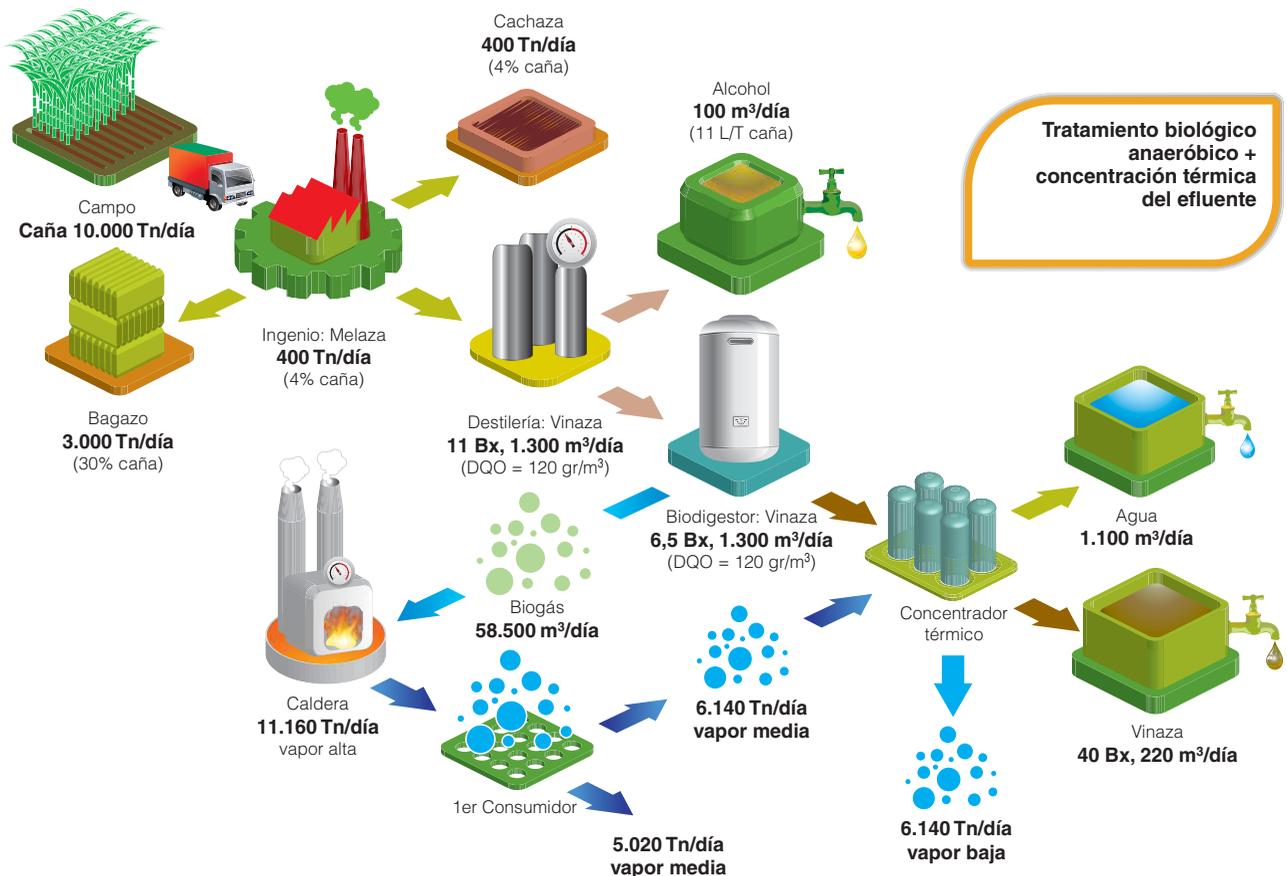


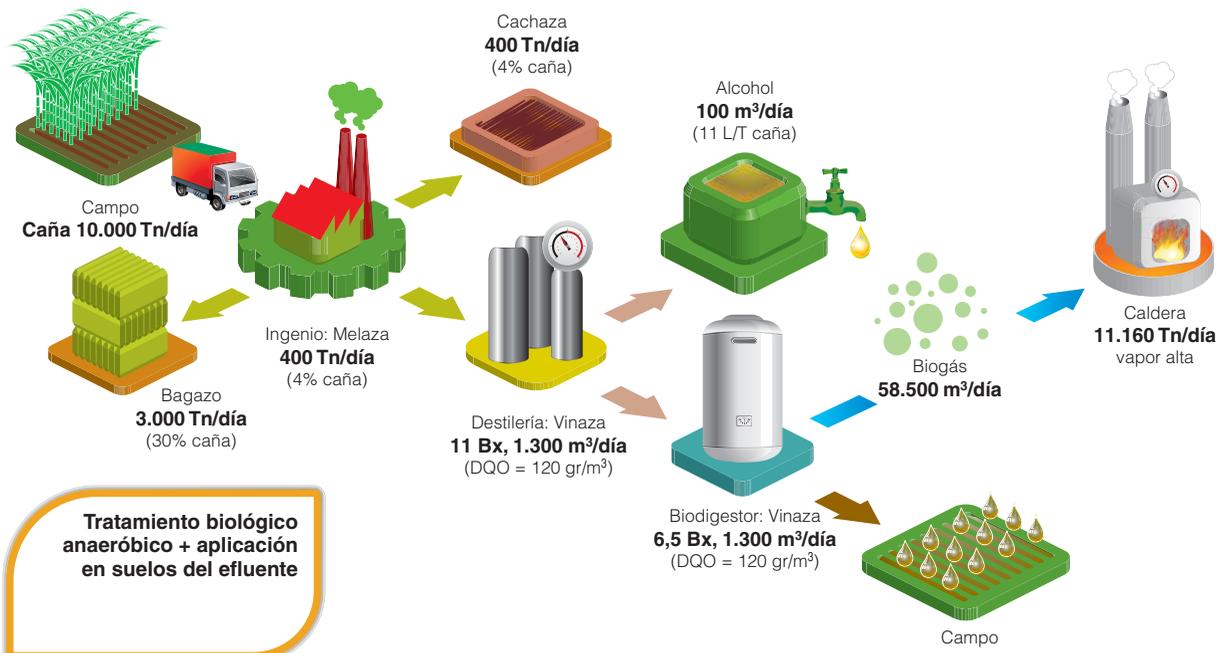
**c) Tratamiento biológico anaeróbico + concentración térmica del efluente:**

Consiste en la eliminación de la fracción orgánica de la vinaza por la acción de microorganismos anaerobios que la transforman produciendo un biogás rico en metano de gran valor energético. El volumen del efluente permanece invariable, pero se reduce la carga orgánica hasta en un 80 %. Los bioreactores donde se produce la transformación tienen un bajo consumo de energía, son compactos, trabajan mejor a temperaturas de 30 – 35 °C, y los efluentes tienen mal olor. Para completar el tratamiento se necesita un paso adicional. En este caso, la evaporación en múltiple

efecto es utilizada para incrementar la concentración de sólidos de soluciones líquidas por eliminación de disolvente por ebullición. Los productos de esta alternativa son vinaza concentrada y agua de condensación. Con este método es posible recuperar alrededor del 90 % del agua que contiene la vinaza, mientras que por otro lado se obtiene vinaza concentrada a 40° Bx. Las incrustaciones en las etapas del concentrador pueden representar un problema. La inversión económica es importante, varias veces la necesaria para las tecnologías de aplicación en campo. El balance energético de esta

combinación resulta positivo, el biogás generado alcanza para producir el vapor necesario para la concentración en el múltiple efecto y sobra energía. Tanto el escaso lodo que se genera en el biorreactor como el efluente concentrado pueden disponerse aplicándolos directamente en el campo en dosis controladas. No se conoce aplicación práctica hasta ahora.

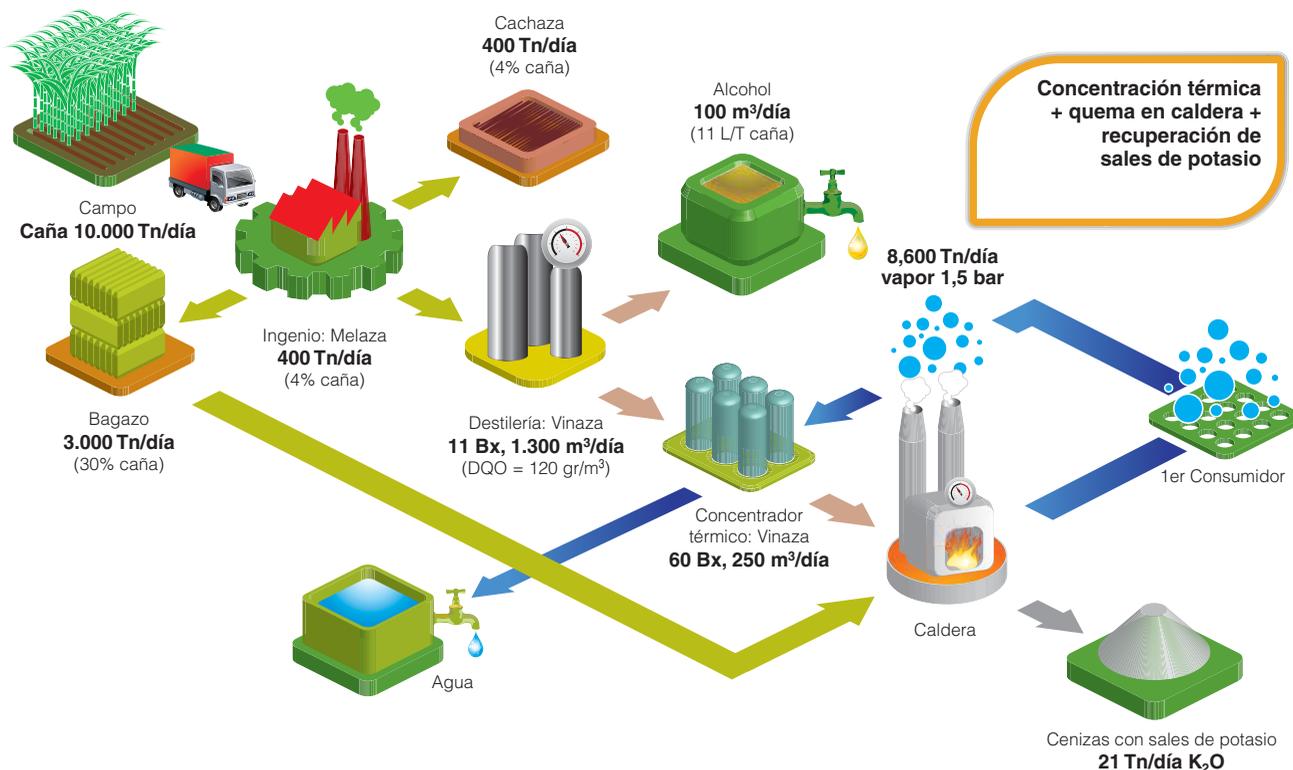




**d) Tratamiento biológico anaeróbico + aplicación en suelos del efluente:** El tratamiento biológico anaeróbico, como ya se explicó, consiste en la eliminación de la fracción orgánica de la vinaza por la acción de microorganismos anaerobios produciendo un biogás rico en metano de gran valor energético. El Balance energético resulta positivo, solo se utiliza una pequeña parte de biogás obtenido para el mantenimiento de la temperatura del biorreactor y el resto puede ser utilizado para otras operaciones dentro del mismo establecimiento o para generar energía eléctrica para la venta. Como en

casos anteriores, se debe disponer de suficiente tierras para la distribución del efluente del tratamiento biológico. No se conoce aplicación de esta tecnología para la vinaza en la Provincia de Tucumán, pero si hay antecedentes de su utilización en San Pablo Brasil y en Nicaragua. Se conoce aplicación práctica para efluentes de otras agroindustrias en la Provincia, con el respaldo legal de resoluciones emitidas por la SEMA, basadas en informes técnicos de la EEAO, y que establecen las condiciones para la disposición adecuada de los efluentes tratados biológicamente en campos productivos.

**e) Concentración térmica + quema en caldera + recuperación de sales de potasio:** La vinaza ya concentrada (aproximadamente hasta 60 ° Brix) es susceptible de ser quemada como un fluido líquido de bajo poder calorífico, generando vapor vivo y recuperándose las cenizas con alto contenido de potásico que puede aprovecharse como fertilizantes. Para la combustión se necesitan sistemas de quemadores especializados. Existe un proyecto provincial llamado "Concentración y combustión de vinazas", ampliamente difundido, que promete un importante retorno económico.

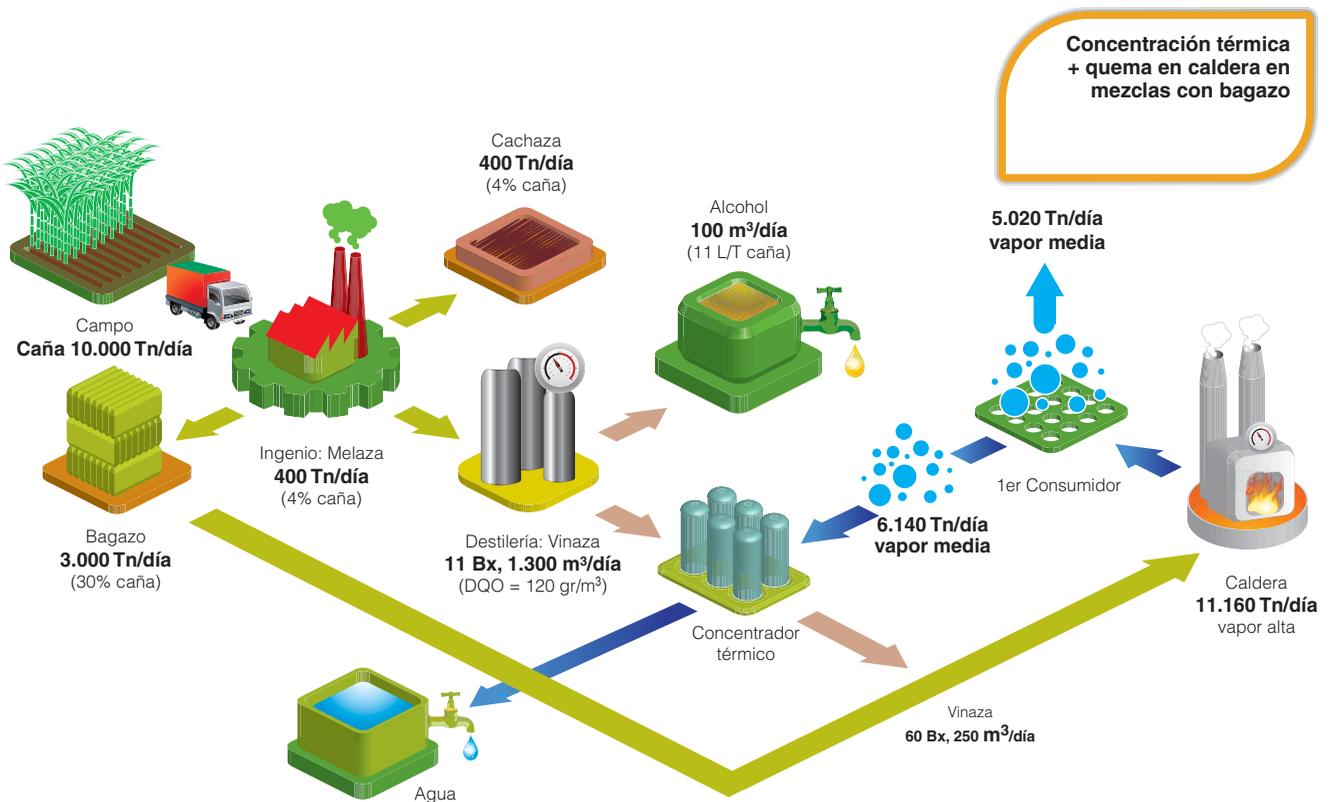


**f) Concentración térmica + quema en caldera en mezclas con bagazo:**

La idea de concentrar la vinaza cruda, y en consecuencia reducir el volumen a utilizar, es bastante antigua. Los problemas que se presentan para su concentración térmica son la corrosión del equipo y la formación de incrustaciones. El porcentaje de sólidos se eleva desde 5-8% hasta 60%. La vinaza concentrada es un jarabe que puede transportarse con más facilidad. La operación en un evaporador de múltiple efecto minimiza el consumo

de energía ya que el vapor extraído en el primer efecto se utiliza como medio de calentamiento del efecto siguiente y así sucesivamente, hasta que el vapor generado en el último efecto se envía al condensador. Los productos de esta alternativa son vinaza concentrada y agua. El paso posterior, en este caso, consiste en agregar la vinaza de unos 60 Bx al bagazo combustible de calderas. El balance energético debería ser positivo aunque no se conoce a ensayo a nivel piloto o aplicación industrial que corrobore

esta teoría, sino solo alguna prueba aislada realizada con la presencia de técnicos de la EEAOC. Se resuelve el problema de la la disposición total de la vinaza, pero pueden aparecer problemas de corrosión en la caldera, incrustaciones por las sales en la grills y emisiones de partículas de origen mineral por la chimenea. La inversión es importante y no se aprecia retorno, salvo en el saldo positivo energético. La vinaza concentrada puede quemarse en caldera en mezclas con bagazo y también con RAC.

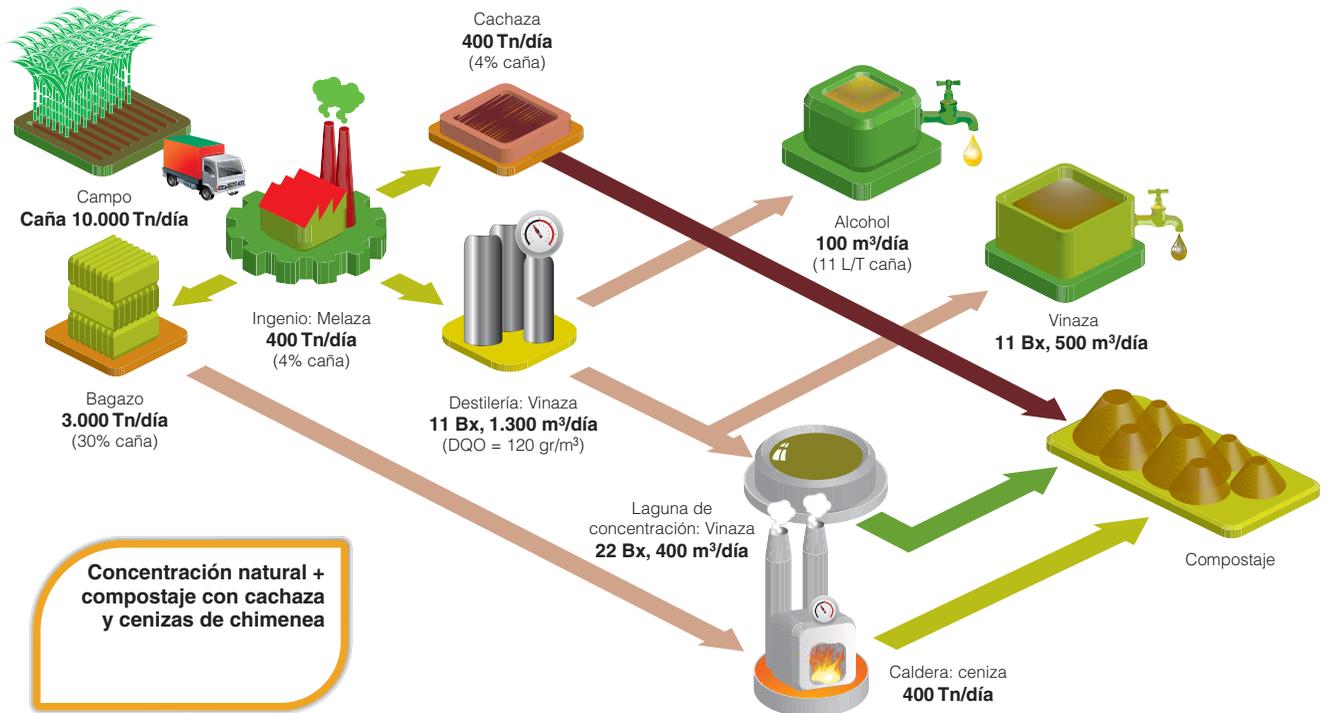


**g) Concentración natural + compostaje con cachaza y cenizas de chimenea:**

La concentración natural consiste en la eliminación de gran parte del agua, distribuyendo la vinaza en extensiones de tierra, a razón de 2.000 m3 por ha. y aprovechando la evaporación natural. Se llega a concentraciones que pueden superar los 30 Bx según las condiciones climáticas. Luego esa vinaza se utiliza

para refrigerar, humedecer y enriquecer un compost realizado con cachaza y ceniza de chimenea. No se consume energía adicional, salvo la utilizada para el transporte del efluente. Se puede resolver la disposición de toda la vinaza si se logra concentraciones adecuadas, pero el alto contenido de sales compromete la calidad del producto final. Los costos operativos son relativamente bajos comparados

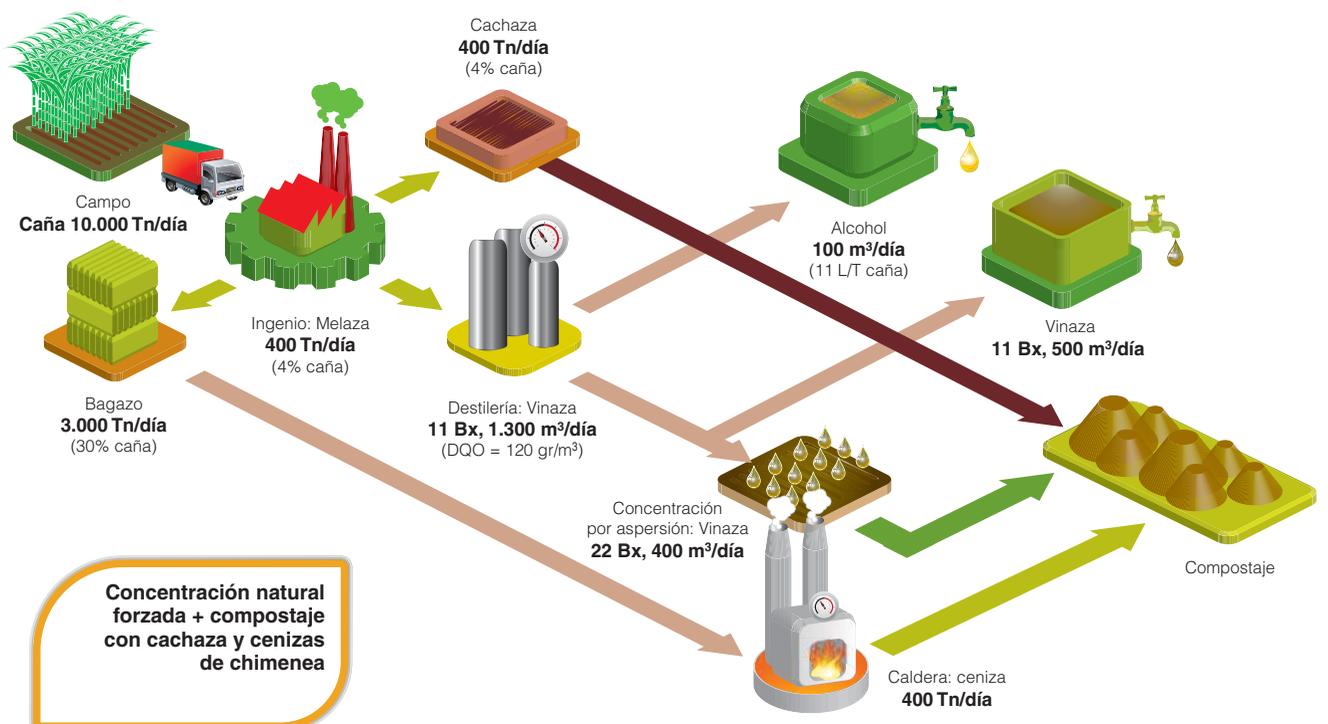
con otras tecnologías y, si se dispone de la tierra, la inversión también es baja; esta forma de disposición provoca la ocupación de gran superficie de tierra. Es necesaria una importante logística para traslado de los insumos, preparado del compost y distribución del producto. Un ingenio del Norte resuelve parcialmente el tema de esta manera desde hace unos años.



**h) Concentración natural forzada+ compostaje con cachaza y cenizas de chimenea:** En este caso la evaporación natural es ayudada por una aspersión a una determinada altura sobre el suelo lo que permite una mayor eliminación del agua, lográndose mayores concentraciones

en menos tiempo y disminuyendo la necesidad de tierra para la operación. Se necesita menos tierra que en la evaporación natural. Consumo de energía para aspersión. Un ingenio del Norte cuenta con un campo destinado a esta tecnología y un ingenio de la Provincia de Tucumán ha realizado

durante el año pasado ensayos de esta alternativa, con el fin de reducir la superficie de tierra necesaria para la concentración por evaporación natural, logrando resultados positivos, encontrándose el producto final en etapa de análisis para determinar su calidad.

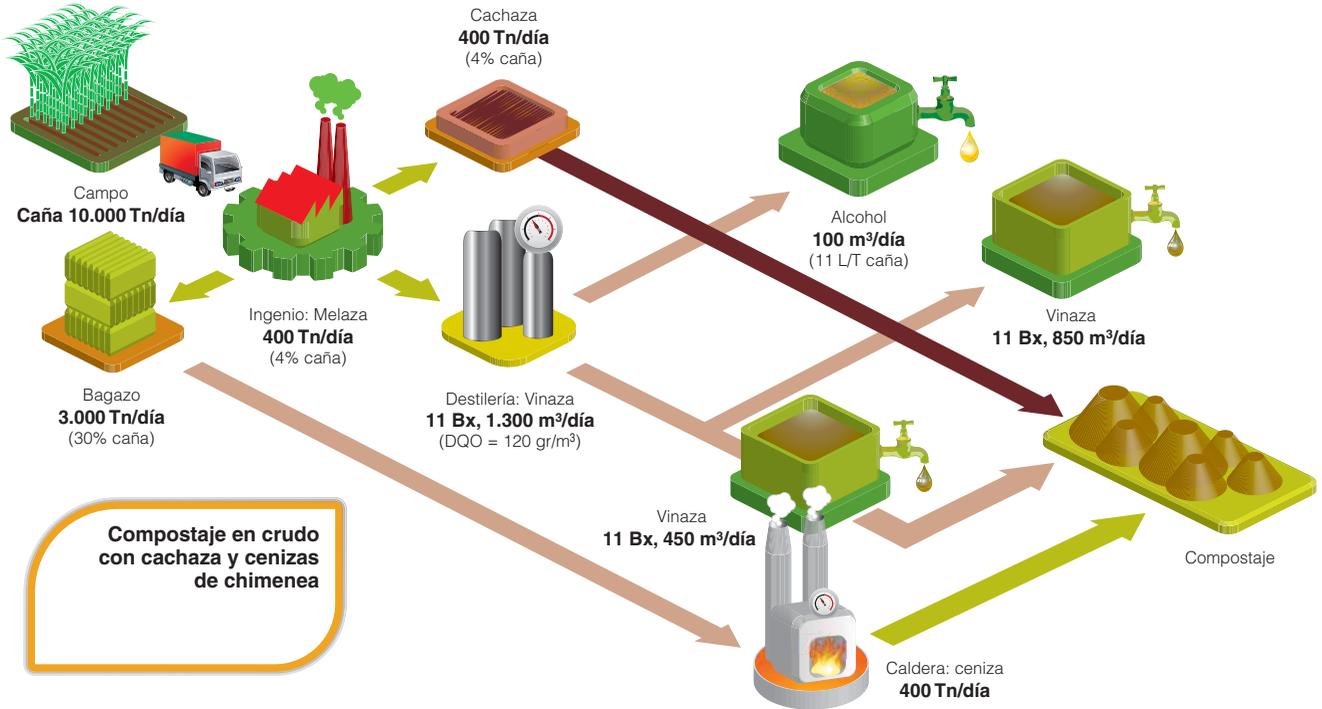


**i) Compostaje en crudo con cachaza y cenizas de chimenea:**

Al ser el compostaje un gran evaporador, reduce el volumen de líquido de la vinaza de manera importante. Las mezclas que pueden hacerse con cachaza y cenizas solo pueden absorber solo un 30% de la

vinaza producida por una destilería que consume la melaza equivalente a la producción de aquellas. El producto puede incorporarse en los suelos con beneficios para la agricultura. Los costos operativos bajos y las inversiones menores, pero es necesaria una importante

logística para traslado de los insumos, preparado del compost y distribución del producto. Desde el año 2012 un par ingenios de provincia resuelven parcialmente el tema de esta manera, mientras que en el Norte ya se utiliza esta tecnología en varios ingenios desde hace unos años.

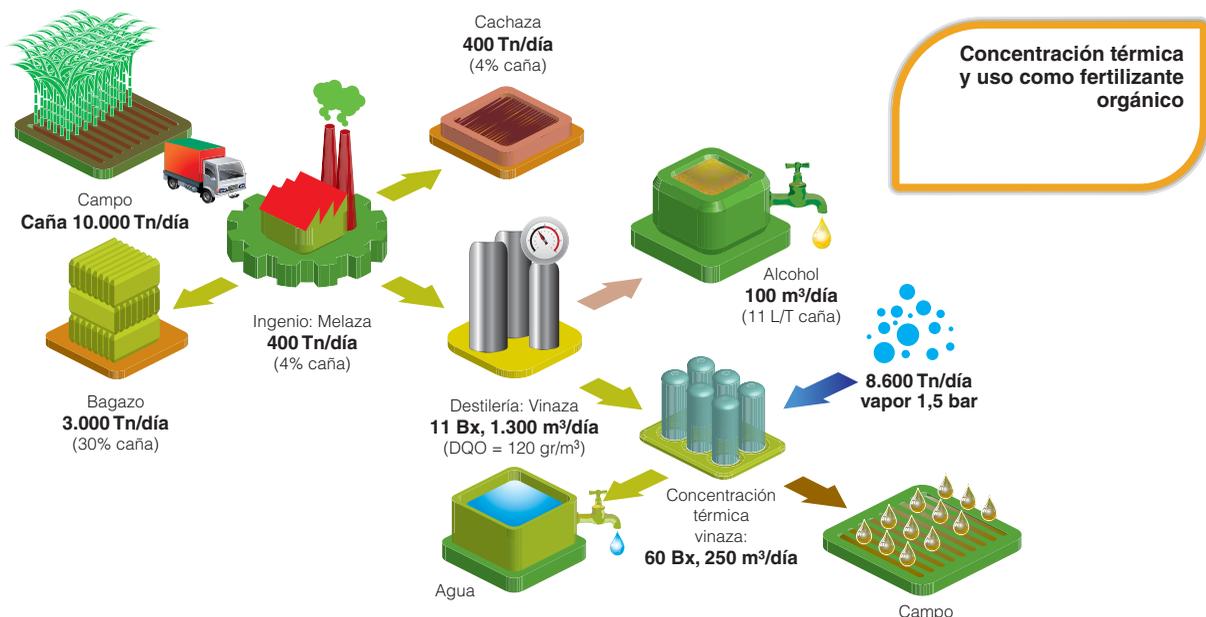


**j) Concentración térmica y uso como fertilizante orgánico:**

Los pormenores de la concentración térmica ya se desarrollaron más arriba. La disposición de vinaza concentrada en campos permite una mejor dosificación y control de la dosis en la aplicación. Si bien los costos de distribución son menores las inversiones son

importantes y se necesita establecer la logística para distribución del producto. Se conoce la aplicación en campos cañeros de vinazas concentradas térmicamente en destilerías de etanol en San Pablo Brasil, la normativa ambiental de este estado prohíbe el traslado de vinaza sin concentrar a más de 50 Km del punto de origen.

En la República Argentina, una empresa dedicada a la producción de levadura, concentra hasta 60 Bx sus efluentes en un evaporador múltiple efecto y lo comercializa como fertilizante orgánico, aprobado por el SENASA; el efluente de estas fábricas son de características similares a las vinazas de las destilerías de etanol.

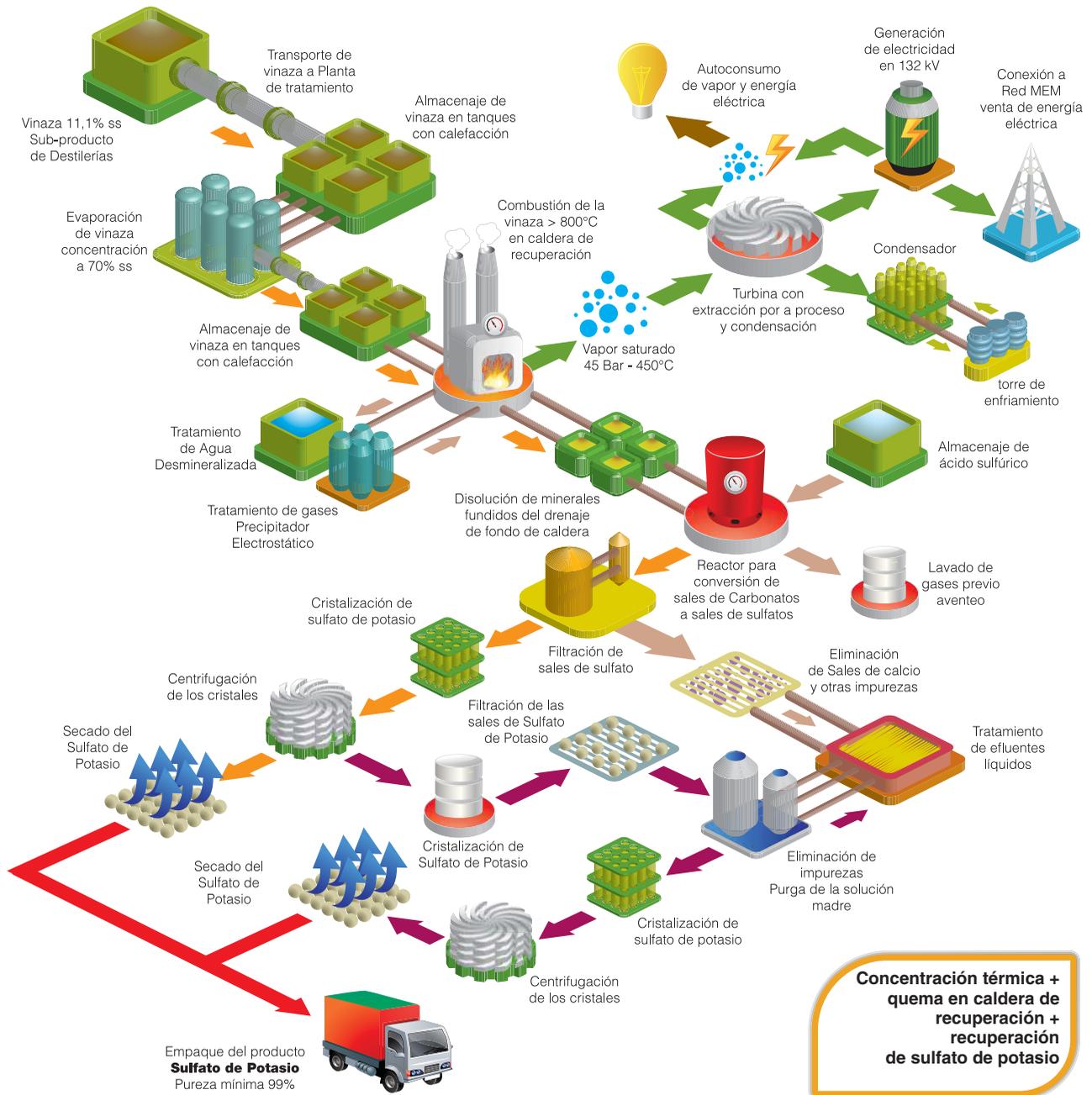


**k) Concentración térmica + quema en caldera de recuperación + recuperación de sulfato de potasio:**

Esta tecnología ha sido propuesta a los empresarios sucro alcohólicos de Tucumán por una consultora nacional y consiste en concentrar la vinaza hasta el 70% de sólidos secos mediante evaporación de múltiple efecto y luego utilizada como combustible en una caldera especial. Las cenizas

producidas se recuperan como una masa fundida en el fondo de la caldera vertiéndola a un tanque con agitación para tener una solución de sales. Esta solución se trata con Ácido Sulfúrico en un reactor a efectos de convertir a Sulfato de Potasio y por cristalización separarlo con una pureza no menor a 99%. En la caldera la combustión de los sólidos orgánicos produce vapor de alta presión suficiente para

generar energía eléctrica, descontado el autoconsumo de la instalación queda un remanente que pueden ser comercializados. Se necesita un mínimo crítico de vinaza para que el proyecto sea rentable y esto involucra a varias destilerías (como mínimo el volumen de vinaza a procesar no debe ser inferior a 1.200.000 m<sup>3</sup>/año). El siguiente esquema es parte de la presentación realizada por la consultora:



**Concentración térmica + quema en caldera de recuperación + recuperación de sulfato de potasio**

El Proyecto propuesto requiere el tratamiento centralizado de la vinaza producida en las destilerías en una única instalación, para ello dada la distancias que separan a las destilerías se construiría una cañería que colectara las vinazas y por bombeo las desplazara hasta la planta de tratamiento. Las inversiones son altas Existe un mercado reconocido para productos y se suponen altos valores de retorno de la inversión. No se conocen antecedentes de aplicación industrial de esta tecnología en vinaza, pero si en la industria papelera.

**I) Secado térmico de vinaza concentrada:**

Consiste en secar con calor y vacío la vinaza previamente concentrada por cualquier método. Se produce un sólido que contiene todas las sales y materia orgánica original. Se obtiene un producto fácil de manejar. Con interesante retorno económico. Inversión importante. Existe un proyecto de una empresa de Buenos Aires

que ha realizado ensayos piloto en un ingenio de Tucumán. No se conoce aplicación a nivel industrial.

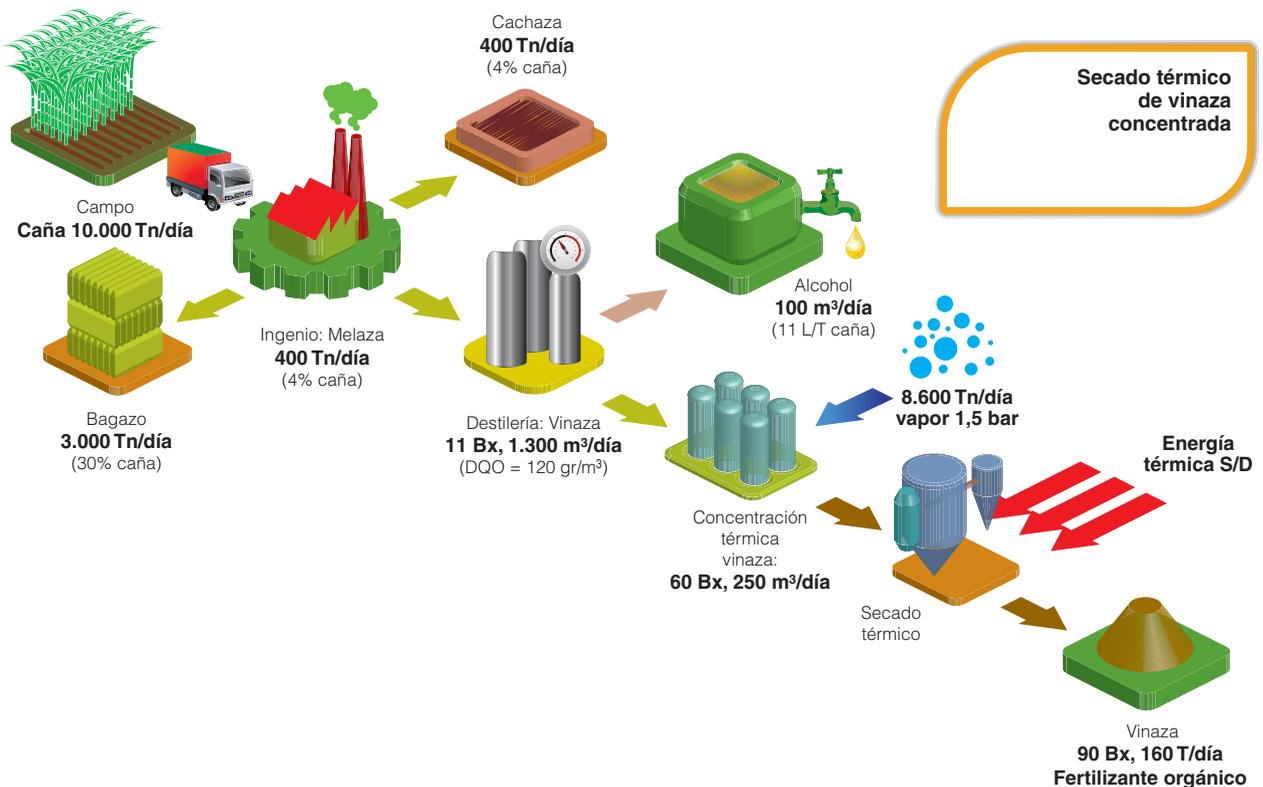
**Conclusiones**

Las posibilidades de combinar distintos procesos para convertir a la vinaza en un producto de utilidad son variadas y las inversiones van desde cientos de miles de pesos (disposición en campos, compostaje) hasta varios millones de dólares (Proyectos integrales).

Prácticamente todas las destilerías han adoptado en Tucumán las alternativas de disposición en suelos, productivos o salinos. En algunos casos se vienen aplicando ya desde hace tiempo, pero recién se ha comenzado a evaluar sus efectos en la EEAO hace unos pocos años.

En la actualidad, el compostaje, para su disposición en suelos agrícolas, se presenta como la mejor alternativa para evolucionar en la búsqueda de

soluciones que den un mayor valor agregado a la vinaza, cachaza y cenizas de lavado de gases de calderas (hollín). Esta variante ha sido aplicada con éxito en otros lugares (Colombia; Brasil y Norte de Argentina) y en Tucumán hay empresas que ya han comenzado, desde el año 2011, con resultados alentadores. Las técnicas y equipos de aireado y humectado, las formulaciones de mezclas y los controles de proceso son conocidos y sencillos. Los inconvenientes que presenta esta metodología son la importante logística de traslado y almacenamiento de los componentes, la logística de distribución del producto y la superficie de tierra necesaria para realizar las mezclas. Una manera de reducir la superficie necesaria es acortando los tiempos de maduración del compost (90 días en el mejor de los casos), mediante la utilización de inóculos (microorganismos especiales) que pueden acelerar el proceso de compostaje.



## Resumen de las alternativas de tratamiento para la vinaza

A modo de resumen en el cuadro siguiente se muestran las distintas combinaciones de tecnologías existentes, en aplicación, ensayadas o bien en proyectos:

