

Usos alternativos de las Vinazas de Acuerdo con su Composición Química

Gonzalo Berón Medina*

La vinaza al 55% de sólidos tiene sales minerales entre 8% y 12% más cationes y aniones muy valiosos como nutrientes de las plantas además de encontrarse en un medio orgánico propicio para el intercambio iónico y probablemente en forma de quelatos que hacen solubles a estos últimos.

Según Underkofler y Hickey esta materia orgánica interpolando en una vinaza de 55% en sólidos podría estar distribuida, aproximadamente, de la manera siguiente: (1) Azúcares entre 6% y 7%, (2) Proteínas + aminoácidos entre 5% y 7%, (3) gomas entre 11% y 12%, (4) ligninas y compuestos de estructura fenólica entre 9% y 11% y (5) compuestos de bajo peso molecular entre 9% y 10%. No obstante, haber sido concentrada hasta un 55% contiene compuestos muy volátiles.

Las gomas son mucílagos que se utilizan como agente de espesamiento y adhesivo. En el caso de las vinazas éstas son utilizadas como pegantes en la fabricación de tableros aglomerados de bagazo de caña.

Los ácidos orgánicos pueden actuar como solubilizadores de materia mineral, además de que actúan como vehículos para el transporte de micronutrientes catiónicos al sistema radicular de la planta.

Las ligninas sulfonadas y neutralizadas tienen mucho uso como dispersantes en diferentes industrias químicas, incluyendo la formulación de fertilizantes. Parte de esta materia orgánica está en forma coloidal la cual juega un papel importante en el intercambio iónico del suelo.

Usos de los componentes de bajo peso molecular de la vinaza

Para el uso racionalizado de las vinazas es de primordial importancia conocer sus

componentes químicos. Los resultados aquí presentados están basados en resultados obtenidos en el estudio de Sucromiles S.A.: 'Identificación de compuestos orgánicos en vinaza' por Angélica Morales A. y Heriberto Victoria M. de Sucromiles S.A, Alonso Jaramillo A. de la Universidad del Valle y Jesús E. Larrahondo de Cenicaña.

Los resultados de este estudio mostraron la siguiente composición de la vinaza (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunos compuestos orgánicos de la vinaza.

Compuesto	Concentración (% m/m)
2,3 butanodiol	0.01
2-metil -1,3 butanodiol	0.20
Glicerol	2.70
Sorbitol	1.40
Acido láctico	1.30
Acido succínico	0.70
Acido málico	0.23
Acido aspártico	0.05
Acido aconítico	1.80
Acido cítrico	0.80
Acido quínico	0.70
fructofuranosa	0.50
glucopiranososa	0.30
Sacarosa	0.20
Trehalosa	0.30

Otro estudio importante es: 'Low molecular weight organic composition of ethanol stillage from sugarcane molasses, citrus waste, and sweet whey' (J. Agric. Food Chem. 1994),

* Ing. Químico.

cuyos resultados muestran que la vinaza contiene: 0.77% de ácido láctico, 0.58% de glicerol, 0.38% de etanol y 0.15% de ácido.

Los compuestos químicos en el Cuadro 1 suman aproximadamente 9.5% de una vinaza al 55% de sólidos en base húmeda. Se puede observar que, los cuatro primeros de estos compuestos son alcoholes polihídricos siendo los más importantes la glicerina y el sorbitol que tienen usos muy diferentes; los siete compuestos químicos que siguen son de bajo peso molecular y generan enlaces coordinados con iones metálicos, o sea, son de carácter secuestrante y pueden ser utilizados como agentes quelantes de cationes en muchos procesos químicos ya que forman complejos metálicos solubles con cationes bivalentes y trivalentes de gran utilidad en la agricultura y en química industrial en general, igualmente, los ácidos orgánicos forman sales solubles con muchos metales que son nutrientes y facilitan su absorción por las plantas; los cuatro últimos compuestos son carbohidratos del tipo monosacáridos y disacáridos de utilidad en procesos de fermentación y también tienen carácter quelante.

Neutralización de la vinaza y recuperación de los alcoholes polihídricos (glicerina y sorbitol)

Desde el punto de vista agroindustrial es importante la neutralización de la vinaza para obtener un producto sólido que facilite la mezcla en fase sólida con los abonos corrientemente utilizados.

También es interesante recuperar la mezcla de sorbitol y glicerina, ya que es muy

difícil su recuperación por separado debido a que ambos tienen un punto de ebullición muy cercano cuando el primero se encuentra en fase líquida. En la Figura 1 se presenta el esquema y la comparación de las propiedades de los alcoholes polihídricos de bajo peso molecular contenidos en la vinaza.

Desde hace varios años se ha tratado de recuperar la glicerina de las vinazas de melaza y remolacha. Algunos de los procedimientos aparecen en: 'Levaduras y alcoholes y otros productos de la fermentación. Manual de la técnica de la fermentación incluyendo los aparatos correspondientes y las nuevas normas de análisis'. Este proceso deja un residuo sólido útil para la agricultura que básicamente son ácidos orgánicos contenidos en la vinaza los cuales al ser tratados con cal se convierten en sales insolubles en alcohol. Esta pasta que se ha formado después del tratamiento con cal se extrae con etanol aprovechando la propiedad de la solubilidad de los alcoholes polihídricos en etanol. La pasta se puede utilizar como fuente de calcio bien sea para enmienda de suelos o fertilizante. Finalmente se destila el alcohol quedando una solución de glicerina y sorbitol en agua que se puede concentrar con arrastre de vapor al vacío, un método convencional para recuperar la glicerina.

Para las vinazas de remolacha se utilizan otras variantes de este método que consiste en neutralizarlas con cal y después se agregan floculantes minerales u orgánicos. En un recipiente de clarificación se deja decantar las sustancias que se encontraban en suspensión en la vinaza, se separa este residuo sólido del fondo que se puede utilizar

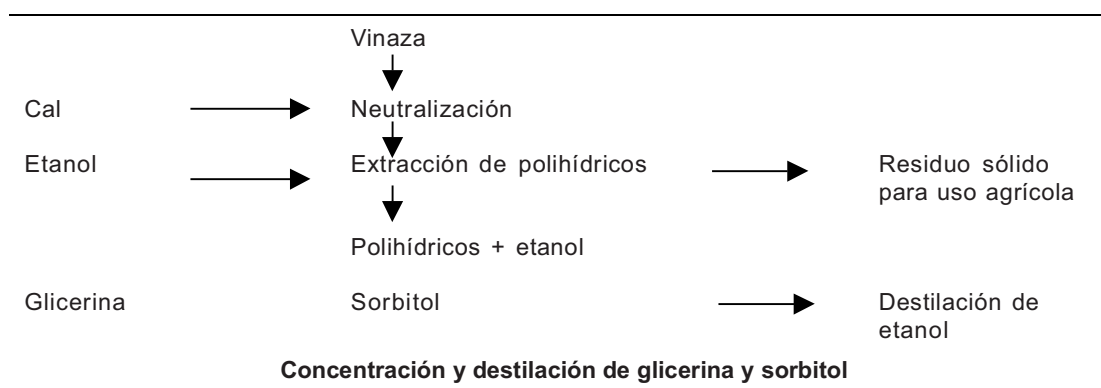


Figura 1. Esquema de neutralización y extracción de alcoholes polihídricos de vinaza.

como fertilizante y la parte líquida que contiene los alcoholes polihídricos (glicerina, sorbitol y otros) se destila al vacío concentrándolos.

Usos de la vinaza por la acidez de los compuestos orgánicos y las características coloidales

Los ácidos orgánicos y los coloides orgánicos que contiene la vinaza tienen una gran facilidad para formar enlaces de coordinación con cationes y dispersantes cuando esta se neutraliza con hidróxido de sodio o con hidróxido de potasio (el sodio y el potasio son cationes que tienen características dispersantes).

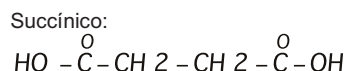
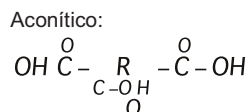
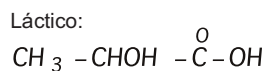
El color limita el uso de la vinaza como dispersante en la industria de recubrimiento y de limpieza, no obstante, se han hecho ensayos para mejorarlo utilizando peróxido de hidrógeno, con resultados parcialmente buenos.

La vinaza como extractante de elementos secundarios para uso agrícola

Calcio y Magnesio

Es conocido el uso de carbonato de calcio para tratamiento de suelos ácidos o sea el proceso conocido normalmente como encalamiento. Este compuesto es de lenta solubilidad en el suelo, lo que retarda su efecto. Otras sales de calcio como el yeso (sulfato de calcio) son más solubles y aportan iones sulfato al suelo. La cal viva y el hidróxido de calcio igualmente tienen las mismas limitaciones.

Actualmente se está investigando el uso de sales de calcio más solubles para enmiendas de suelos sódicos y salino-sódicos, entre ellos, nitrato de calcio y acetato de calcio.

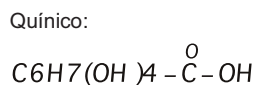
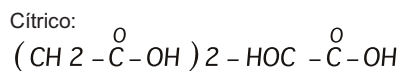


Los ácidos orgánicos que contiene la vinaza y sus aminoácidos al reaccionar con el calcio producen sales que son solubles en agua, estos ácidos además son de carácter quelante y el producto en total contiene los polímeros floculantes de la vinaza que lo hacen muy apto para la enmienda de suelos ácidos y básicos.

Si el suelo es sódico estas sales de calcio solubles pueden desplazar el sodio del complejo del intercambio iónico, y si tiene buen drenaje este sodio se puede lavar. En suelos ácido-aluminicos puede desplazar el aluminio del complejo de intercambio iónico.

Una gran extensión del territorio colombiano se encuentra constituido por suelos ácidos caracterizados por una baja fertilidad natural. En este tipo de suelos el crecimiento de las plantas se puede ver afectado por toxicidad de aluminio, hierro, manganeso y algunos casos cromo y níquel y deficiencias de calcio, magnesio, fósforo y azufre; o por alta concentración de iones de hidrógeno y baja disponibilidad de otros elementos como nitrógeno y potasio.

Para obtener calcio y magnesio soluble a partir de los ácidos orgánicos de la vinaza se puede hacer reaccionar está con la correspondiente sal u óxido que puede ser cal dolomítica, óxido de magnesio, cal agrícola, yeso, cal viva e hidróxido de calcio. Se debe anotar que por su estructura química los ácidos de la vinaza tienen condición buffer, es decir, que al agregarles el neutralizante el pH no cambia bruscamente si no lentamente por lo tanto se puede regular adecuadamente el pH final, y de esta manera se pueden obtener una gama de productos de distintas consistencias. La estructura de los ácidos orgánicos que contiene la vinaza es la siguiente:



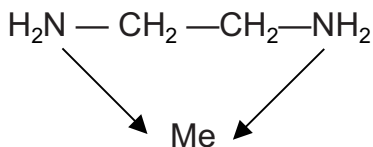
Dependiendo de la cantidad de sales de calcio o magnesio que se hagan reaccionar con la vinaza se obtendrán productos de consistencia líquida, pastosa y sólida y con un pH superior a 7. El producto sólido es muy pegajoso e incompatible con los fertilizantes que se mezclan en las máquinas abonadoras.

Las vinazas y los micronutrientes

La mayoría de los compuestos químicos contenidos en las vinazas son de carácter quelante por tener grupos aminos, diácidos e hidroxílicos.

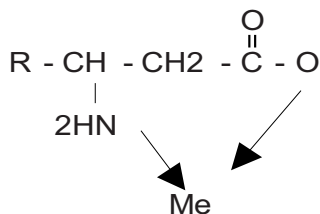
Generalmente, y para evitar que se precipiten en forma de sales insolubles, los micronutrientes se suministran a las plantas en forma de quelatos, compuestos en los cuales las uniones se efectúan por compartimiento de pares de electrones. Entre los compuestos más simples y comunes que forman complejos de coordinación se encuentra el amoníaco, que tiene dos electrones que puede compartir con iones metálicos formando una serie de complejos amoniacales (NH₃) con diferentes metales.

La etilendiamina, cuya fórmula aparece a continuación, es uno de los primeros quelantes que fue estudiado.



Cuando ambos pares de electrones interaccionan con el mismo metal se forma una configuración del metal atrapado por los dos grupos aminos.

Así mismo los aminoácidos también interaccionan con el mismo metal y forman una configuración en la que queda atrapado el metal, de la forma siguiente.



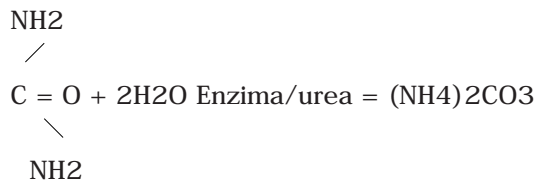
Para preparar micronutrientes en forma de quelatos, el ácido que más se utiliza es el aminopolycarboxílico EDTA (Etilendiamino tetracético) o sus sales. Los compuestos químicos que más se utilizan son los sulfatos de hierro, manganeso, cobre y zinc que son rápidamente solubles en la vinaza.

La vinaza se puede utilizar no solamente como 'secuestrante' de estos cationes sino también para producir sus sales orgánicas haciendo que reaccione en caliente con óxidos de hierro, zinc, manganeso y borax.

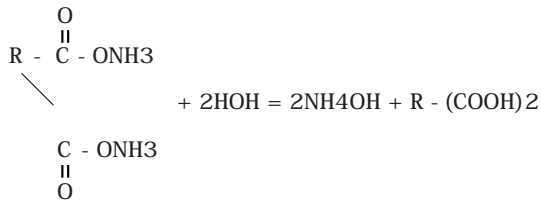
La vinaza en caliente se puede utilizar para extraer micronutrientes residuales de la industria metalmeccánica o de fundición, como escorias Thomas. También es posible ensayar el ataque de las vinazas a minerales como sulfuros de hierro y zinc con el objeto de liberar cationes micronutrientes.

Reacciones de la vinaza con urea

Como fuente de nitrógeno el producto más conocido es la urea, cuando se aplica al suelo su primer paso consiste en que por las enzimas ureasa forma carbonato de amonio, la solución de agua en el suelo sube a un pH de 8.5 y esta reacción se completa en 48 horas. El carbonato de amonio es un compuesto muy inestable y si no se retiene en el suelo se volatiliza y se pierde en la atmósfera antes de que se formen nitritos y nitratos asimilables por la planta.



Para evitar las pérdidas de urea se están usando resinas urea formaldehído que regulan el suministro de amonio al suelo. Por otra parte, la urea es una base débil que reacciona con la acidez de las vinazas formando sales orgánicas de amonio que son más estables que el carbonato de amonio. Estas sales también se hidrolizan por la humedad del suelo pero forman compuestos más estables que el carbonato de amonio con menos pérdidas el suministro de amonio al suelo.



Los aminoácidos de la vinaza en fertilización foliar

Las proteínas y los aminoácidos de la vinaza pueden jugar un papel muy importante en la fertilización foliar. La vinaza se puede hidrolizar para que la mayor parte de la proteína se fragmente a aminoácidos. Estos no solamente son quelantes sino que están siendo utilizados como bioestimulantes, es decir, estimulan el proceso de la fotosíntesis. Actualmente se están utilizando en fertilización foliar junto con micronutrientes. Una vinaza hidrolizada, neutralizada y mezclada con urea puede ser un excelente fertilizante foliar. En el proceso de hidrólisis los compuestos de alto peso molecular de la vinaza se fragmentan dando compuestos de menor peso molecular y con mejor capacidad quelante, lo que permite una fácil translocación de la fase acuosa del suelo a las raíces de la planta. La molécula de urea es muy eficiente para ser absorbida por las hojas de la planta o también se pueden utilizar hidróxido de potasio para neutralizar la vinaza.

La vinaza como extractante del ion fosfato

La roca fosfórica es la principal fuente de fósforo para producir ácido fosfórico. Para liberar el anión fosfato de la roca fosfórica se hace reaccionar con ácido sulfúrico o con ácido nítrico con lo que se obtiene libre el ion fosfato y como residuo fosfato de calcio o nitrato de calcio, respectivamente, según sea el caso.

En suelos ácidos el fosfato puede ser absorbido por los óxidos de hierro o de aluminio contenidos en las arcillas de tal manera que no es disponible para las plantas; en suelos básicos se puede neutralizar con el calcio formando fosfato de calcio insoluble.

La roca fosfórica reacciona también con los ácidos orgánicos de bajo peso molecular contenidos en la vinaza liberando el anión fosfato y quedando como residuo sales orgánicas de calcio. Por otra parte estas sales orgánicas de calcio son más solubles que las sales minerales y por este motivo más eficientes en el suministro de calcio a las raíces de la planta o en la neutralización de suelos ácidos. Esta reacción de ácidos orgánicos con roca fosfórica ocurre cuando los microorganismos que actúan sobre la materia orgánica generan ácidos que atacan los minerales fosfatados del suelo y cuando en el laboratorio para analizar fosfatos se extraen estos usando ácido cítrico.

En muchos estudios se ha comprobado la necesidad de la materia orgánica en los suelos para evitar que el ion fosfato se precipite. Al hacer reaccionar la vinaza en exceso en caliente con la roca fosfórica no solamente se libera este ion sino que en el producto final queda toda la de materia orgánica contenida en la vinaza que evita que el ion precipite y facilita el intercambio aniónico. Además queda el calcio en forma de sal orgánica de calcio soluble. Para conseguir liberar ion fosfato es importante hacer la reacción con un exceso de vinaza.

Uso de la vinaza como extractante de residuos calcáreos

Los residuos de conchas marinas o de cáscaras de huevo reaccionan con los ácidos orgánicos de la vinaza produciendo no solamente un calcio soluble sino también iones fosfatos y otros cationes importantes para la agricultura. En el caso de la cáscara de huevo este material no solamente contiene carbonato de calcio sino también proteína de la película que reviste la cáscara en su interior, esta proteína se convierte en amoníaco, nitritos y nitratos.

La harina de huesos obtenida por molienda y tratamiento con vapor es muy valiosa por su contenido de fosfato cálcico y por los iones fosfatos que pueden ser más disponibles para las plantas cuando se trata con vinaza.