

Aspectos de interés general relacionados con la química y su impacto sobre la sociedad. Una primera parte de este artículo apareció en el número de abril de 1997, p. 97.

El café y las vacas muertas

Rubicelia Vargas y Ana Martínez*

Locas se volvieron las cabras cuando en 1440 probaron el café. Muertas se quedan las vacas cuando hoy día se cosecha el grano. Este hecho se ha observado repetidamente a lo largo de los años en la zona del río Amiztlán, el cual recorre parte de los estados de Puebla y Veracruz, en México. El agua de desecho que se produce en los llamados "beneficios húmedos" se vierte precisamente en este río. ¿Cómo está relacionada la muerte de las vacas con el proceso del café? ¿Qué contienen los desechos de aguas residuales que pudiera ocasionar la muerte de las vacas? ¿Qué alternativas hay de solución? Todo esto lo comentábamos en el primer trabajo de esta serie (Martínez, 1997) cuando presentamos lo que podía utilizarse como un material de apoyo para cursos de química que siguiera la idea de plantear una situación real, para analizarla y en lo posible resolverla mediante el uso de los conocimientos de química necesarios. Esta forma de enseñanza se ha desarrollado para los estudiantes del bachillerato, y sigue lo que hemos llamado la escuela del *Chemcom* estadounidense (Shea, 1993). La propuesta de un curso como éste en los primeros niveles universitarios es lo que en el artículo anterior comenzamos a presentar y lo que en esta entrega quisiéramos continuar.

Para ello recordemos la estructura general de un posible tema, misma que se puede ver a manera de índice en la tabla 1. Anteriormente cubrimos el punto titulado ¿De dónde sale el café? En este artículo expondremos ¿Qué contiene el café? y los conceptos listados. Comencemos con la ampliación de la información acerca del problema.

Más información

La semilla del café se procesa en los beneficios húmedos, para lo cual se necesitan grandes cantidades de agua. Pero ¿cuánta agua es mucha? Algunos datos nos ayudarán a tener una idea del tamaño del problema.

Las personas requerimos de cierta cantidad de agua para cubrir nuestras necesidades diarias. Por lo

Tabla 1. El café y las vacas.

¿Cuál es el problema?

Analicémoslo

De dónde sale el café?	Mezclas y métodos de separación Fermentación Equilibrio químico Unidades de concentración Contaminación
¿Qué contiene el café?	Más sobre el equilibrio químico Compuestos orgánicos Ácido-base, pK_a Disoluciones amortiguadoras Equilibrio químico
¿Qué comen las vacas?	Grasas, carbohidratos y proteínas Alimentación Energía y fotosíntesis

¿Qué podemos hacer?

¿Cómo cambiar el agua?	Mezclas y métodos de separación Fermentación Unidades de concentración Equilibrio químico Contaminación Compuestos orgánicos Ácido-base, pK_a Disoluciones amortiguadoras Equilibrio químico
¿Qué más comen las vacas?	Grasas carbohidratos y proteínas Alimentación Energía y fotosíntesis

mismo se generan aguas, con menor o mayor grado de contaminación, que se conocen como aguas residuales domésticas. Podemos comparar la cantidad de aguas residuales generadas durante el proceso del café con las domésticas y así tener más clara la magnitud de la contaminación que se provoca.

En la obtención de una tonelada de café limpio se genera el equivalente a 60,000 galones (ingleses) de aguas residuales domésticas. Esto corresponde a los residuos domésticos de una población de 2,000 habitantes en un día. El beneficio de 1 kg de café produce una contaminación equivalente a la de 45.5 L de aguas residuales domésticas. Esto quiere decir que para tener 3 kg de café beneficiado, se contamina igual cantidad de agua que la generada por una persona al día. ¿Te imaginas cuánto se contamina por cada taza de café? Mejor no te quedes con la duda y calcúlalo.

* Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F.
Correo electrónico: martina@xanum.uam.mx
Recibido: 21 de agosto, 1997. Aceptado: 16 de octubre, 1997.

Desafío

¿Cuántos litros de agua se requieren para producir una tonelada de café limpio? Averigua cuánto café se necesita para preparar una taza. Utiliza la información para calcular la cantidad de agua que se contamina por cada taza de café que se consume.

Como se puede ver en la tabla 2, las aguas residuales del café no contienen la misma cantidad de sólidos que las domésticas. Sólo por recordarlo diremos que en el beneficio del café se reconocen dos aguas, las del despulpado y las del lavado. Esto se puede ver ilustrado en la figura 1. En la tabla se observa que la acidez, medida por el pH, es mayor en las aguas del lavado que en las del despulpado, y éstas a su vez son más ácidas que las residuales domésticas. Para saber el grado de contaminación, y con ello conocer lo que produce la muerte de las vacas, tenemos que precisar qué contiene el café.

¿Qué contiene el café?

Una de las partes del fruto del café (figura 1) que se arrastra con el agua hasta el río Amiztlán es la pulpa. La otra es el mucílago. La pulpa contiene un 6.93% de humedad. El resto es materia que se conoce como seca. La composición de la materia seca se lista en la tabla 3. El mucílago contiene 85% de humedad y 15% de materia seca. El contenido de esta última se lista en la tabla 4. Empecemos a describir las características de los componente más importantes para nuestro estudio. En este caso no nos ocuparemos de la composición del grano del café porque éste no forma parte de los desechos que se vierten en el Río Amiztlán.

Tabla 2. Características y contenidos de las aguas del despulpado, del lavado y de las residuales domésticas.

	Agua del despulpado	Aguas del lavado	Aguas residuales domésticas
pH	5.0	4.4	7.0
Sólidos totales (mg/L)	3,660	2,287	435
Sólidos disueltos (mg/L)	3,211	2,232	246

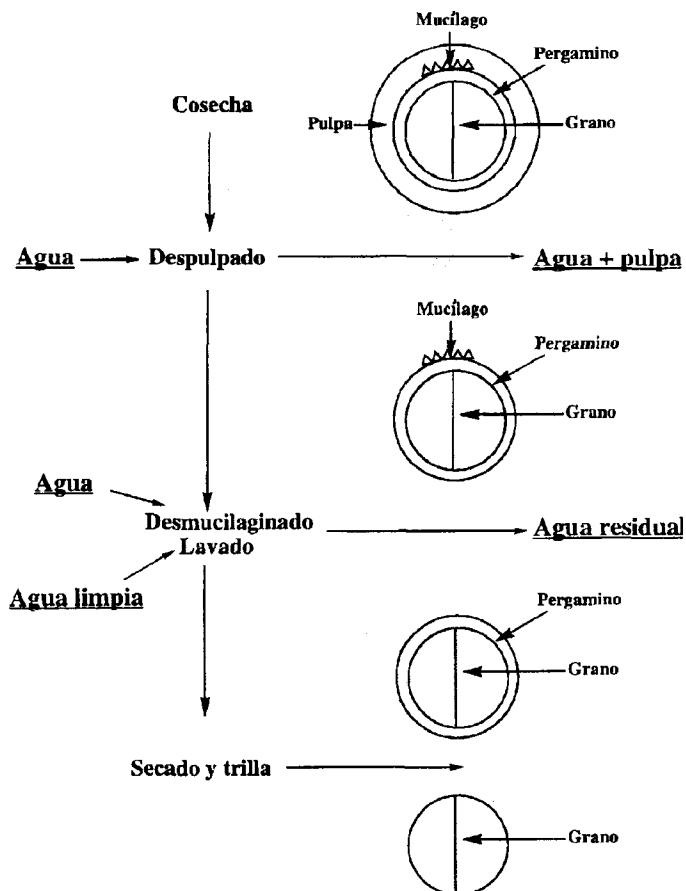


Figura 1. Proceso del café. En cada paso se indica cómo queda el fruto y las aguas de desecho que se producen.

Tabla 3. Composición en porcentaje de la materia seca de la pulpa del café [Roussos, 1989]

Carbohidratos	74.10
Proteínas	8.25
Oxidos metálicos (cenizas)	8.12
Taninos y polifenoles	3.70
Potasio (K)	3.13
Grasas	2.00
Caféina	0.70

Tabla 4. Composición en porcentaje de la materia seca del mucílago (Sivetz, 1985).

Proteínas	60.0
Carbohidratos	27.0
Acido péctico	9.0
Oxidos metálicos (cenizas)	4.0

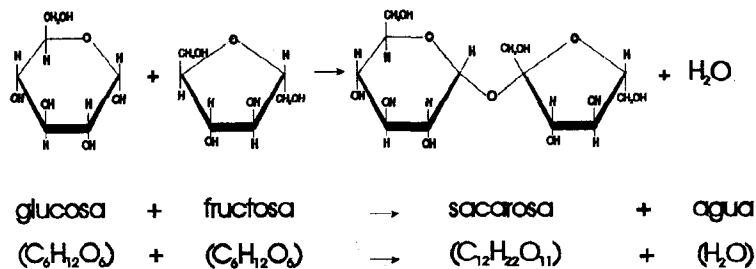


Figura 2. Fórmulas estructurales de la glucosa y la fructosa. Formación de la sacarosa a partir de estos dos compuestos.

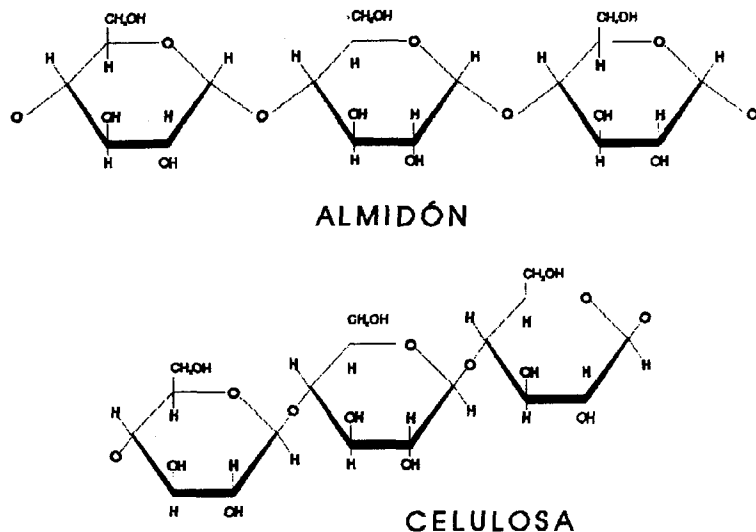


Figura 3. Fórmulas estructurales de la celulosa y el almidón.

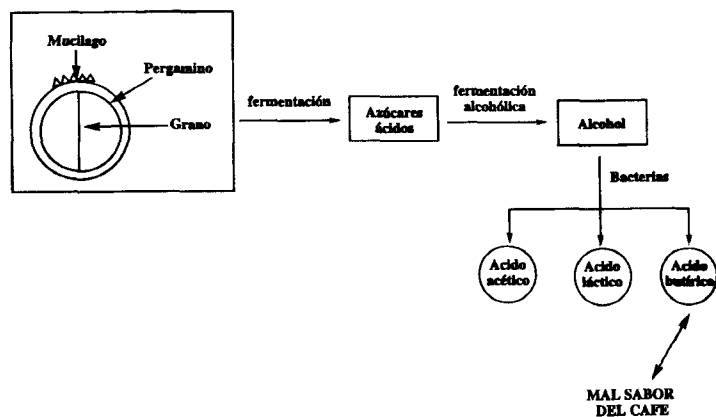


Figura 4. Proceso de fermentación del mucilago.

Grasas, carbohidratos y proteínas

Las grasas y los carbohidratos son compuestos que están formados por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Las proteínas contienen además nitrógeno y azufre. Todos ellos son parte de nuestra alimentación. Uno de los carbohidratos más comunes es la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), cuya fórmula se puede ver en la figura 2. Un isómero de este compuesto es la fructosa ilustrada también en la figura. Cuando estos dos compuestos se unen se forma la sacarosa o azúcar común ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Las moléculas de carbohidratos se unen para formar polisacáridos. La celulosa que forma el tronco de los árboles y el almidón que está presente en granos y tubérculos son algunos ejemplos de polisacáridos que están formados por muchas moléculas de glucosa unidas unas con otras, (figura 3). Los grupos funcionales que aparecen en estas moléculas son el grupo alcohol (OH) y el grupo éter (R-O-R'). ¿Podrías identificarlos en cada una de las fórmulas?

Los seres vivos utilizamos los carbohidratos como fuentes de energía, porque la combustión de estas sustancias produce aproximadamente 4,000 calorías por cada gramo de compuesto que se quema. La energía producida la utilizamos para realizar todas nuestras funciones vitales

Existe un tipo de carbohidratos importante en el problema que estamos tratando. Se llaman azúcares ácidos y su importancia radica en que las sustancias pectínicas que componen al mucilago son de este tipo.

Las sustancias pectínicas son compuestos polimerizados de cadenas lineales de monosacáridos ácidos. Se clasifican como protopectinas (los que tienen masas moleculares grandes), pectinas y ácido péctico (los que tienen masas moleculares pequeñas). Como explicamos anteriormente (Martínez, 1997), el mucilago se separa del grano del café a través de una fermentación en la que participan enzimas. Durante la fermentación del mucilago las enzimas rompen gradualmente los enlaces entre las moléculas, con lo cual se producen compuestos de cadenas cortas hasta llegar a formar azúcares ácidos de una sola molécula. A través de la fermentación alcohólica de los azúcares presentes se obtiene alcohol que sirve como alimento para diversas bacterias. Estas bacterias forman ácido acético, láctico y butírico. Cuando el ácido butírico empieza a producirse, hay peligro de que el sabor del café se deteriore (figura 4). Éste es el momento de parar la fermentación. Todo esto contribuye a que el agua de lavado tenga un pH ácido, como veremos más adelante.

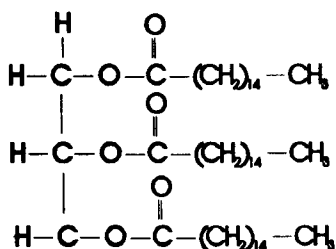
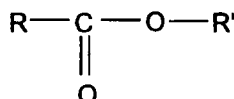
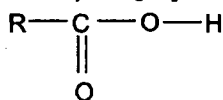


Figura 5. Fórmula estructural de una grasa típica

Las grasas son parecidas a los carbohidratos, con la diferencia de que contienen menos oxígeno. Son excelentes combustibles, pues liberan casi 9,000 calorías por cada gramo que se quema. Los seres vivos las utilizan para almacenar energía. En la figura 5 se observa la fórmula desarrollada de una grasa típica. El grupo funcional que aparece es el grupo éster:



Las proteínas se utilizan para construir los tejidos y las enzimas encargadas de regular el metabolismo que requiere el organismo. Son polímeros naturales formados por la unión de monómeros conocidos como aminoácidos. Los aminoácidos contienen un grupo amino (R-NH₂) y un grupo carboxilo:



Cuando dos aminoácidos se unen se forma un enlace peptídico, como se puede ver en la figura 6. Cada aminoácido se puede unir a otros dos por el grupo amino, o por el grupo carboxilo, o por ambos.

Estos tres compuestos forman parte de los componentes principales de los alimentos y cumplen cada uno una función esencial en el metabolismo

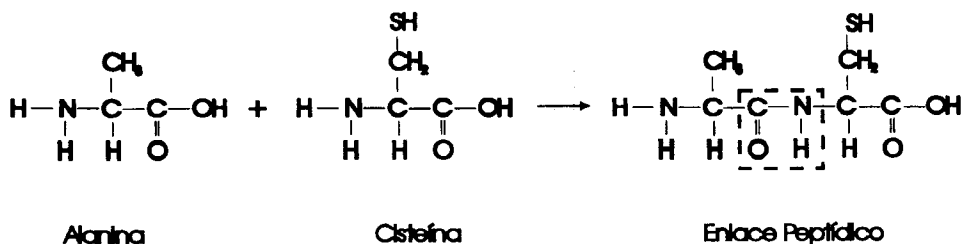


Figura 6. Reacción entre dos aminoácidos para formar un enlace peptídico.

corporal. Los carbohidratos proporcionan energía, las grasas la almacenan y las proteínas se utilizan para la formación de tejidos.

Desde el punto de vista del problema que nos atañe, el de la muerte de las vacas, es difícil suponer que estos compuestos que forman parte de la pulpa y del mucílago, y que por lo mismo son arrastrados por el agua durante el beneficio del café, sean los causantes del problema. Lo que sí podría afectar la salud de las vacas es el cambio en el pH del agua debido a la presencia de estas sustancias. Analicemos los demás componentes para poder tomar una decisión.

Taninos y polifenoles

Los taninos (figura 7) están definidos como sustancias fenólicas complejas de origen vegetal con altas masas molares (500 g/mol). Los más comunes tienen una estructura de nueve moléculas de ácido gálico y una de glucosa. Los compuestos fenólicos contienen anillos aromáticos hidroxilados (fenoles) y tienen la propiedad de precipitar proteínas. Esto se debe a que contienen grupos funcionales que interactúan con los de las proteínas para formar compuestos insolubles. En la pulpa del café se sabe que los taninos se encuentran de esta manera.

Otros compuestos fenólicos, que también se encuentran en la pulpa del café son los ácidos clorogénicos. Estos ácidos son derivados del ácido quínico. En la figura 8 se presenta la fórmula del ácido quínico y uno de sus derivados (el ácido clorogénico). Se llaman compuestos fenólicos porque contienen un grupo fenol en su estructura, y tienen carácter ácido debido a los grupos carboxilo (R-COOH). Su concentración es lo que contribuye a tener un pH menor que siete en las aguas del despulpado. Esta acidez podría ser la causa de la muerte de las vacas. Para tener más información, veamos algunas generalidades de los ácidos y las bases que nos ayuden a analizar el problema.

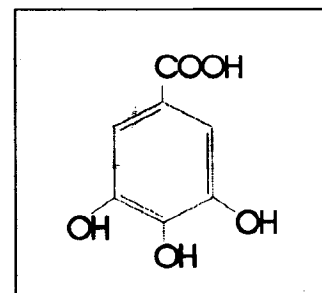


Figura 7. Estructura de los taninos.

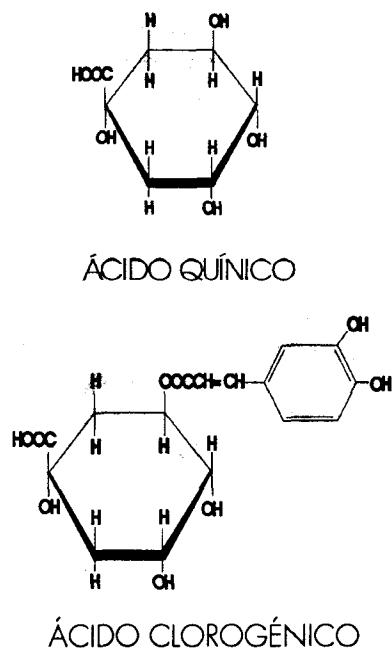


Figura 8. Ácido clorogénico y uno de sus derivados.

Ácidos y bases

La definición de ácidos y bases más conocida es la de Arrhenius (1903), la cual establece que un ácido es una sustancia que en disolución produce cationes H^+ y una base es aquella que genera aniones OH^- . Sin embargo, esta definición no se puede aplicar en todos los casos. Por ejemplo, pensemos en el amoníaco (NH_3). Se sabe que esta sustancia en disolución tiene un pH mayor que siete, es decir, es una base. Si seguimos la definición de Arrhenius esto no parece posible ya que no contiene aniones OH^- que liberar. Como éste hay muchos ejemplos. La respuesta se encontró después de Arrhenius, cuando se desarrolló otra teoría que es más general. En ésta, un

Ya sabes que

El pH se calcula como $pH = -\log [H^+]$. En esta escala, un pH mayor que siete es básico, uno menor que siete es ácido y cuando es igual a siete es porque la sustancia es neutra.

ácido es una sustancia capaz de donar un protón y una base es capaz de aceptarlo. La definición se debe a Brönsted y Lowry (1923) y resulta ser muy útil porque permite clasificar muchas sustancias y nos lleva a pensar que en una reacción siempre existe un ácido y una base.

Si retomamos nuestro ejemplo del NH_3 bajo esta nueva definición, para que sea una base tiene que aceptar un H^+ . ¿Quién se lo da? Si está en disolución acuosa la única sustancia que puede dárselo es el agua. Así, la reacción se puede escribir como

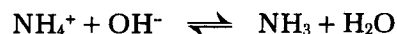


Esta reacción química es una reacción ácido-base, donde la carga y la masa están balanceadas. ¿Entonces quiere decir que el agua es un ácido? Para contestar esta pregunta tomemos otro ejemplo, el ácido acético (CH_3COOH). Si ponemos esta sustancia en disolución acuosa la reacción ácido-base que se presenta es la siguiente:



El ión hidronio (H_3O^+) es el equivalente al catión H^+ de la teoría de Arrhenius ya que es el que nos da el carácter ácido de una disolución. En estos dos ejemplos podemos ver que las teorías no se contradicen: el amoníaco es una base según Brönsted y Lowry, y también Arrhenius, y el CH_3COOH es un ácido bajo ambas definiciones. Sin embargo, en esta reacción parecería que el agua es una base, ya que es el que acepta el protón del ácido acético. Entonces el agua ¿qué es? ¿Un ácido como en el primer ejemplo, una base como en este segundo, o ambos? Con la teoría de Brönsted y Lowry esto se puede explicar, como veremos a continuación.

En las reacciones ácido-base mostradas vemos dos cosas interesantes. Primero, si escribimos la reacción del NH_3 al revés

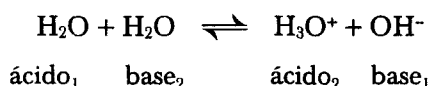


observamos cómo el NH_4^+ le dona un protón al OH^- y, por lo tanto, es un ácido según Brönsted y Lowry. El OH^- acepta el protón y, por lo tanto, es una base. Podemos entonces decir que en una reacción ácido-base siempre se produce un ácido y una base. Cuando la base (en este caso el NH_3) acepta un protón, se forma el NH_4^+ que es un ácido.

Por lo anterior, a esto se le llama un par conjugado ácido-base. El NH_4^+ es el ácido conjugado del NH_3 y viceversa. Por otro lado, el anión OH^- es la base conjugada del agua (H_2O). En la reacción del

ácido acético los pares ácido-base conjugados son H_3O^+ y H_2O , CH_3COOH y CH_3COO^- .

El segundo aspecto interesante es el que responde a la pregunta que nos habíamos planteado acerca de la acidez o basicidad del agua. El agua puede comportarse como ácido o como base, sólo depende de con quién *juegue*. No es la única sustancia que tiene esta propiedad. A todas ellas se les conoce como anfólitos. Pensemos qué podría ocurrir si ponemos a reaccionar agua con agua. La reacción ácido-base según Brönsted y Lowry sería



Los pares conjugados son H_3O^+ y H_2O , H_2O y OH^- , como lo indicamos en la misma reacción, que se conoce como reacción de autoionización del agua.

La doble flecha que hemos puesto en todas las reacciones ácido-base indica que están en equilibrio, y por lo tanto todas ellas tienen asociada una constante de equilibrio. En el caso de la reacción de autoionización del agua, esta constante se llama producto iónico del agua (K_w) y es igual a 1×10^{-14} (a 25°C). Recordemos que la constante de equilibrio para una reacción en general se calcula como:

$$aA + bB \rightleftharpoons yY + zZ$$

$$K_{eq} = \frac{[Y]^y [Z]^z}{[A]^a [B]^b} \quad (1)$$

En el caso del agua sería:

$$K_w = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

$$= 1 \times 10^{-14} \quad (2)$$

Como el agua es el disolvente, se hace la suposición de que su concentración es una constante que se puede incluir en el valor de K_w , con lo cual la expresión queda como

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \quad (3)$$

Si hacemos el cálculo al equilibrio cuando las concentraciones de H_3O^+ y OH^- son iguales entre sí, la ecuación anterior nos lleva a que el valor de la concentración es igual a 1×10^{-7} , por lo que el pH sería igual a 7. De esta constante de autoionización del agua surge el hecho de que una sustancia neutra es aquella que tiene un pH igual a 7, porque es

cuando las especies ácidas y básicas (H_3O^+ y OH^-) tienen la misma concentración en disolución acuosa.

Las reacciones del amoníaco y del ácido acético también tienen asociada una constante de equilibrio, que en este caso se les nombra como K_b para el amoníaco, que es una base, y K_a para el ácido acético.

Ya sabes que

Si el pH se calcula como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ y los cationes H^+ son equivalentes a los iones hidronio H_3O^+ , entonces el pH se puede también calcular como $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$. De la misma forma, el $\text{p}K_a$ es igual a $-\log K_a$.

Los valores de estas constantes indican qué tan fuerte es un ácido o una base, es decir, nos dan una medida de qué tanto se disocian. Cuando los valores son mucho mayores que uno quiere decir que las reacciones están desplazadas hacia la derecha y las sustancias tienen una alta acidez o basicidad. Cuando estos valores son mucho menores que uno lo que se tiene es al ácido o la base muy poco disociados, y por lo tanto su grado de acidez o basicidad es bajo. También existen ácidos y bases que no están en equilibrio. Son tan fuertes que se disocian completamente. Ése es el caso del ácido clorhídrico (HCl) y del hidróxido de sodio (NaOH).

Ya sabes que

Una reacción de neutralización es la que ocurre entre un ácido y una base. En este tipo de reacciones siempre se pueden identificar a los pares ácido-base conjugados.

En general los ácidos orgánicos, aquellos que están formados por átomos de carbono, son ácidos débiles. El pH de las disoluciones formadas con ácidos débiles se puede calcular a partir de la concen-

tración de iones hidronio presentes en el equilibrio. Para esto se necesita el valor de K_a . Así se podría conocer el pH del agua del lavado y el despulpado del beneficio del café, y corroborar los valores que presentamos en la tabla 1. El problema es que necesitaríamos saber las concentraciones del ácido en la disolución y eso es muy difícil de determinar. Sin embargo, esta información será necesaria en el análisis de las posibles soluciones al problema del café y las vacas muertas.

Particularmente, en los mamíferos la acidez juega un papel muy importante. Esto es porque con los cambios de acidez, las proteínas que nos forman se descomponen, o se *desnaturalizan*, como usualmente se dice en el mundo de la bioquímica. Por esta razón el organismo tiene mecanismos que autorregulan el pH y lo mantienen siempre en los valores apropiados. Para esto existen unas sustancias que se conocen como amortiguadores, que no son más que un ácido y su base conjugada que tienen la característica de que el valor del pK_a es cercano al valor de pH que se quiere tener. El pH de estas disoluciones amortiguadoras se puede calcular como:

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{Base}_1]}{[\text{Acido}_1]} \quad (4)$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a \quad (5)$$

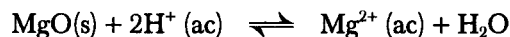
En esta ecuación se utiliza la constante de acidez (K_a) y la relación de las concentraciones del par conjugado ácido-base. La concentración del ácido y la base es casi igual, con lo que la ecuación (4) nos lleva a que el pH es casi igual al pK_a . Si por alguna razón aumenta la presencia de algún ácido o alguna base, éstas se neutralizarán con el ácido o la base conjugada que forman la disolución amortiguadora y el pH prácticamente no variará. Cuando por alguna causa externa aumenta la acidez o la basicidad drásticamente, esos mecanismos de autorregulación no se dan abasto, porque para neutralizar se termina la concentración del ácido o de la base que forman la disolución amortiguadora. Por esta razón, el pH puede variar y ocasionar problemas de salud. Eso es lo que ocurre cuando se producen las úlceras por ejemplo, y podría ser un factor importante en el caso de la salud de las vacas. Sigamos con el análisis de los demás componentes de desecho.

Cenizas

En el análisis de las cenizas se determina la cantidad de material inorgánico contenido en la pulpa y en el

mucílago del café. Este material está formado por óxidos metálicos como CaO, K_2O , P_2O_5 , MgO, Fe_2O_3 y algunos óxidos de cobre. También contiene minerales no combinados de los cuales no se saben las proporciones exactas. Esta información es importante porque da una idea de la nutrición de las plantas.

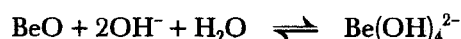
Los óxidos metálicos pueden tener carácter ácido, básico o ambos. Por ejemplo, el CaO es básico, el SiO_2 es ácido y el BeO es un anfólito. Las características de los óxidos se conocen a través de ciertos comportamientos generales. Se sabe que los óxidos iónicos insolubles en agua pueden ser disueltos en ácidos diluidos. Esto quiere decir que se comportan como bases. Un ejemplo es el óxido de magnesio (MgO)



Por otro lado, los óxidos covalentes de los no metales son generalmente insolubles en agua, pero pueden disolverse en soluciones alcalinas, lo que quiere decir que se comportan como ácidos. Así, un ejemplo sería el pentóxido de antimonio (Sb_2O_5)



Los óxidos que son anfólitos se comportan como ácidos frente a bases fuertes y como bases frente a ácidos fuertes. Un ejemplo sería el óxido de berilio (BeO)



Cuando un elemento dado forma varios óxidos, el más ácido será aquel que contenga al metal en el estado de oxidación formal más alto. Así, en el caso del Cr tenemos la siguiente secuencia: CrO, básico; Cr_2O_3 , anfólito; CrO_3 completamente ácido. Estas propiedades ácido-base son las que nos interesan en el análisis del problema.

Cafeína

La cafeína es un producto orgánico natural con la característica de tener uno o más átomos de nitrógeno. Está clasificada como un alcaloide. Como se puede ver en la figura 9, el grupo funcional que contiene es el grupo amida.

En el organismo, este compuesto actúa como un estimulante sobre el sistema nervioso central, lo cual provoca un aumento en la respiración y en la circulación sanguínea. La fuente más importante de cafeína

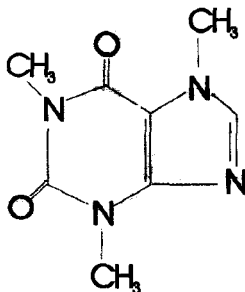


Figura 9. Fórmula estructural de la cafeína.

na está en el grano del café con el que se prepara la bebida. Se sabe que una taza de café tiene en promedio 150 mg de cafeína. Este estimulante, como muchos otros, forma hábito, es decir, cada vez se necesita más cantidad para tener el mismo efecto. Como con cualquier estimulante, los efectos dependen de la persona que los ingiere y de la cantidad suministrada. De esta forma, una persona puede tomar dos o tres tazas de café al día sin ninguna aparente consecuencia, mientras que otra puede no tolerar ni una taza porque se pasa la noche sin dormir. Por eso recientemente se ha popularizado el café descafeinado, en el cual se logra eliminar hasta el 97% de la cafeína.

Este compuesto es el último de los contenidos en las tablas que nos interesa analizar. Veamos si con esto podemos encontrar una respuesta.

Para terminar

Con todos estos elementos hemos determinado la composición de los desechos que se producen durante el proceso del café. Alguno o varios de ellos pueden ser los que ocasionen la muerte de las vacas. Para poder analizar el problema en su conjunto tenemos ahora que saber lo que comen las vacas. Así podremos tratar de determinar qué es lo que las afecta hasta ocasionarles la muerte. De esto escribiremos en el próximo número.

Nunca está de más terminar haciendo énfasis en lo que se quiso lograr con lo que se escribió. Como sabemos que no es didáctico explicar lo que algo es con lo que no es, empezamos diciendo que, como material de apoyo, toda la información que presentamos puede utilizarse para introducir cada uno de los temas. Si bien la exposición de cada uno de los

subtemas no es exhaustiva, sí puede ser introductoria. La crítica al hecho de que cada tema se plantea de manera superficial persiste, pero no se sugiere como la única y completa forma de abordar el estudio ni de la química orgánica, ni de los óxidos metálicos, ni de los conceptos de acidez. Se plantea la información esencial que puede llevarnos a la resolución del problema. La forma de seguir una investigación para averiguar las causas y encontrar posibles soluciones es lo que quisiéramos que al estudiante se le quedara como parte de su formación. ■

En Colombia, la producción anual de café fluctúa entre 10 y 13 millones de sacos de 60 kilos, los cuales son producidos por aproximadamente 300 mil familias de cafeticultores. Las labores de cultivo, beneficio, transporte y mercadeo del café le dan empleo directo o indirecto al 10% de la población del país. En México, la producción anual de café en 1988 fue de 879 mil toneladas, mientras que en 1991 descendió a 342 mil (INEGI, 1994).

Referencias

- INEGI, *Estadísticas históricas de México*, México, tomo 1, 1994.
- Martínez, A. y Vargas, R., *Las cabras locas*, la UAM, el café y las vacas muertas, *Educ. quim.*, 8[2] 97-103 (1997).
- Roussos, S., Licono Franco, R. Gutiérrez Rojas, M. (compiladores), *Primer Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera*, Inmecafe-ORSTOM-UAM, México, 1989.
- Shea, K.M. (project manager), *ChemCom. Chemistry in the community*, 2nd. edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, 1993.
- Sivetz, M., "Tecnología aplicada al café y al té", en N.W. Dosrobier (ed.), *Elementos de tecnología de alimentos*, Avi Publishing Company, México, 3ª impresión, 1985.