

Si las vacas se mueren, ¿qué podemos hacer?

Ana Martínez y Rubicelia Vargas*

Una cosa es morir de viejo y otra muy distinta es dejar de vivir joven por contraer alguna enfermedad. Esto mismo piensan acerca de las vacas los ganaderos de la zona cercana al río Amiztlán, que recorre los estados de Puebla y Veracruz en México. Aquí los animales se mueren durante la época de cosecha del café. Se cree que los productos de desecho que se tiran al río Amiztlán son los que podrían ocasionar la enfermedad y posterior muerte de las vacas. En este caso es más el enojo, porque la posible causa de la muerte es un contaminante, y por eso se estudia para tratar de evitarlo.

En los artículos anteriores (Martínez, 1997; Vargas, 1998; Martínez, 1998) expusimos el problema de la muerte de las vacas, analizamos la composición del café y de los productos de desecho que se producen durante su proceso, presentamos los posibles efectos contaminantes, y averiguamos lo que comen las vacas y algunas de sus enfermedades. Con esto tenemos un análisis del problema en su conjunto. Ahora contamos con los elementos para analizar la situación y plantear algunas soluciones.

Antecedentes

Parecen ser dos las posibles causas de la muerte de las vacas. Por un lado está la posibilidad de que las vacas se intoxiquen con amoníaco (NH_3). Los síntomas de intoxicación son aparentemente muy claros, por lo que para comparar, investigaremos los síntomas de las vacas de Veracruz.

Por otro lado es posible que el agua contenga concentraciones altas de sulfatos o de nitritos. Éstas podrían provenir de las aguas de desecho de los beneficios del café. Sin embargo, si recordamos, los desechos del café (Vargas, 1998) al parecer no contienen ni sulfatos ni nitritos. Están formados por carbohidratos y proteínas principalmente. Aún así, no podemos asegurar que en el agua no haya sulfatos o nitritos. Para ello tenemos que realizar un análisis químico de las aguas del río.

Con este fin, en este artículo puntualizamos los síntomas de las vacas que finalmente se mueren, observados por los ganaderos de la zona; presentamos una práctica de campo para analizar las aguas del río Amiztlán; y proponemos

alternativas que pueden ayudar a resolver parte de los problemas de contaminación del río Amiztlán.

Intoxicación por amoníaco

En las vacas, el consumo de niveles altos de urea puede determinar una rápida acumulación en los fluidos ruminales. Esto determina una elevación rápida del pH del rumen, lo que ocasiona que el amoníaco sea absorbido con rapidez. Cuando la velocidad con que se absorbe el amoníaco supera la capacidad hepática para convertirlo en urea, se acumula amoníaco en la sangre y puede originar intoxicación e incluso la muerte del animal. Parece que algunos de los síntomas de intoxicación aguda por amoníaco son nerviosismo, salivación excesiva, temblores musculares, incoordinación, dificultad respiratoria, emisión frecuente de orina y heces, rigidez de las extremidades, bramidos y meteorismo. La muerte se produce entre media y dos horas y media después de iniciarse los síntomas.

Esto es lo que hasta ahora conocemos. Vayámonos a las cercanías del río Amiztlán e investiguemos con más precisión cuáles son los síntomas de las vacas que se mueren en Veracruz, para después, si hay sospecha de intoxicación por amoníaco, tratar de investigar de donde proviene.

Síntomas de las vacas

En la época de cosecha del café, las vacas que toman agua del río Amiztlán presentan diarrea persistente y sangre en las heces. A los pocos días de tener estos síntomas, comienza la deshidratación que trae como consecuencia mareos y rigidez en la piel. Además, las vacas preñadas sufren abortos. Finalmente, después de dos o tres meses, las vacas mueren.

Los ganaderos de la zona no identifican estos síntomas como los producidos por intoxicación con amoníaco. Ellos deducen que el problema está en el agua del río, porque cuando las vacas no la consumen, dejan de presentar estos síntomas y no se mueren. Además, cuando no es la época de cosecha del café, las vacas están bien, aunque tomen agua del río. Parece entonces ser claro que el problema está en el agua del río, y solamente durante la época de cosecha del café.

Análisis del agua del río Amiztlán

Con el análisis químico se pueden detectar diversos iones, metales y compuestos. En este caso, lo que nos interesa es analizar el agua para detectar la presencia de sulfatos, nitritos y amoníaco. Cada posible contaminante se analiza por sepa-

* Departamento de Química. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, DF, México.

Correos electrónicos: martina@xanum.uam.mx y rubi@xanum.uam.mx

Recibido: 13 de septiembre de 1998; aceptado: 15 marzo de 1999.

rado. Si las concentraciones son muy bajas es posible que no se alcancen a detectar con los análisis que realizaremos, pero esto no representa un conflicto, ya que si no se pueden detectar porque su concentración es baja, tampoco representarán un problema para la salud de las vacas.

En todos los casos que presentaremos, llamaremos a la muestra de agua del río Amiztlán “solución problema”. Para cada análisis se debe de utilizar una muestra de agua independiente.

Análisis de sulfatos (SO_4^{2-})

Los sulfatos de estroncio, bario y plomo son prácticamente insolubles en agua. El sulfato de estroncio es el más soluble de los tres. Los de calcio y de mercurio son escasamente solubles, y la mayoría de los otros sulfatos son solubles en agua. Diversos reactivos se utilizan para detectar sulfatos. A continuación se presentan tabulados los reactivos y lo que se observa en presencia de sulfatos.

Reactivo	Observaciones
Solución de cloruro de bario	La solución problema se acidifica con ácido clorhídrico (HCl) diluido. No se debe usar ácido concentrado porque precipita el cloruro de bario. Sin embargo, este precipitado desaparece al diluir en agua. La reacción se efectúa al agregar la solución de cloruro de bario a la solución problema acidificada. Se produce un precipitado blanco de sulfato de bario ($BaSO_4$) El precipitado de sulfato de bario se filtra en caliente. Se funde sobre carbón. Se le agregan unas cuantas gotas de ácido clorhídrico muy diluido a la masa fundida y se cubre con papel de acetato de plomo. Se observa que se forma una mancha negra de sulfuro de plomo sobre el papel.
Solución de acetato de plomo	Al agregar la solución de acetato de plomo a la solución problema, en presencia de sulfatos se forma un precipitado blanco de sulfato de plomo ($PbSO_4$). El precipitado es soluble en caliente en ácido sulfúrico concentrado, en soluciones de acetato de amonio y de hidróxido de sodio. Cualquiera de las soluciones acuosas del precipitado puede acidificarse con ácido acético y agregar una solución de cromato de potasio. Se observa la formación de un precipitado amarillo (cromato de plomo).
Solución de nitrato de plata	Al agregar una solución concentrada de nitrato de plata, se obtiene un precipitado blanco cristalino de sulfato de plata (Ag_2SO_4).

Análisis de nitritos (NO_2^-)

El nitrito de plata es escasamente soluble en agua. Todos los demás nitritos son solubles en agua.

Desafío

Los nitritos pueden ser tóxicos para las vacas cuando los niveles superan las 100 o 200 ppm. ¿A qué se refieren estas medidas de concentración? **Investiga** qué tipo de nitritos son los más comunes en los alimentos y escribe su fórmula. De cada nitrito que encuentres expresa la concentración de 150 ppm en molaridad.

Existen más de diez formas distintas para detectar nitritos. A continuación presentaremos las reacciones más comunes para identificarlos.

Reactivo	Observaciones
Solución de sulfato ferroso	Se prepara una solución concentrada de sulfato ferroso acidulada con ácido acético diluido. Se le agrega la solución problema a la solución de sulfato ferroso. En presencia de nitritos se observa la formación de un anillo pardo en la interfase, debido a la formación de $[FeNO]SO_4$. Si la adición no se hace con cautela no se observa la formación del anillo, pero la solución se observa color pardo. La solución problema no debe contener yoduros, bromuros, iones coloreados ni aniones que dan compuestos coloreados con las sales ferrosas.
Solución de nitrato de plata	Al agregar una solución concentrada de nitrato de plata, se forma un precipitado blanco cristalino de nitrito de plata ($AgNO_2$).
Solución acidificada de permanganato de potasio	Se prepara una solución de permanganato de potasio. Se agrega la solución problema. La solución de permanganato de potasio se decolora en presencia de nitritos, sin desprenderse de gas.
Urea	A la solución problema se le agrega urea. La mezcla se acidifica con ácido clorhídrico diluido. Se observa que el nitrito se descompone, desprendiéndose nitrógeno y dióxido de carbono.

Desafío

Escribe las fórmulas químicas de todos los compuestos mencionados para la detección de nitritos.

Análisis de amoníaco (NH_3)

Para hacer este análisis se requiere un aparato como el que se muestra en la figura 1. Consiste en un pequeño tubo de vidrio de 1 mL de capacidad, que se puede tapar con un pequeño tapón de vidrio esmerilado que lleva un gancho de vidrio en el extremo inferior.

Se pone una gota de la solución problema y se agrega una gota de solución de hidróxido de sodio 2M. Se fija una

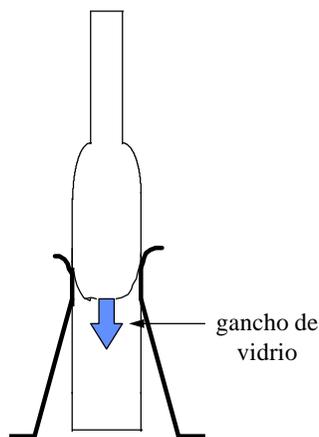


Figura 1. Aparato utilizado en la detección de amoníaco.

pequeña tira de papel tornasol rojo sobre el gancho de vidrio y se ajusta el tapón en el microtubo. Se calienta a 40 °C durante 5 minutos. El papel se torna azul.

Ya sabes que ¼

La molaridad (M) es una forma de expresar la concentración. Representa la cantidad de soluto (en moles) que hay en un litro de disolución.

Un concepto importante, la solubilidad

Algunas de las técnicas de análisis mencionadas anteriormente están basadas en la formación de un precipitado. El hecho de que un compuesto precipite está a su vez asociado con el concepto de solubilidad.

La solubilidad de una sustancia se define como su capacidad para disolverse en un disolvente (Garritz, 1994). Por ejemplo, la solubilidad de NaCl sólido en agua a 20 °C es 370 g/L. Esto quiere decir que la máxima cantidad de NaCl que podemos disolver en 1 L de agua es 370 g a 20 °C. Si se quiere disolver más NaCl simplemente no se puede y lo que se forma es un precipitado.

Ya sabes que

Una disolución es una mezcla homogénea formada por un soluto y un disolvente. El soluto, por definición, es el que se encuentra en menor cantidad y el disolvente el que está presente en mayor cantidad.

En las técnicas de análisis se observa la formación de sólidos insolubles que se precipitan. Los químicos, por medio de la experiencia, tienen ciertas reglas de solubilidad y así saben que la mayoría de los sulfatos son solubles, pero que los de plata y los de bario no lo son. Por eso se usan estas sustancias para precipitar e identificar a los sulfatos en el agua que se quiere analizar.

Cuando se forma un precipitado, lo que se tiene realmente es un equilibrio químico porque las sustancias sólidas están en equilibrio con su fase acuosa. Por ejemplo, para el $\text{BaSO}_4(\text{s})$ se tiene el equilibrio siguiente:



Como recordarás, todos los equilibrios tienen asociada una constante de equilibrio.

Ya sabes que ¼

Para una reacción:



la constante de equilibrio es

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

Cuando alguno de los reactivos o productos es el disolvente o es un sólido, su concentración no se incluye en el cálculo de la constante de equilibrio, porque se hace la suposición de que la concentración permanece constante.

En el caso de la formación de un precipitado, la constante de equilibrio se conoce como constante de producto de solubilidad o K_{ps} . Para nuestro ejemplo, el K_{ps} es

$$K_{\text{ps}} = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

En los valores del K_{ps} no aparece la concentración del reactivo porque es un sólido.

Desafío

Escribe las constantes de producto de solubilidad para todos los sólidos formados en las técnicas de análisis antes descritas. Averigua el valor de cada una de ellas. Con esta información, ¿podrías decir cuál de las sustancias es la menos soluble?

Algunas alternativas

Independientemente de los resultados que se obtengan a través del análisis químico de las aguas del río Amiztlán, existen alternativas que podrían ayudar a resolver o aminorar los problemas de contaminación. En este artículo propondremos tres de ellas.

Pulpa como alimento

En toda industria se busca explotar los subproductos del proceso, porque implica tener mayores ganancias. Es importante señalar que los desechos de cualquier proceso no son más que materia prima que no reaccionó, o subproductos de la misma. Si los desechos son materia prima lo que hay que hacer es volver a utilizarla. Cuando son subproductos,

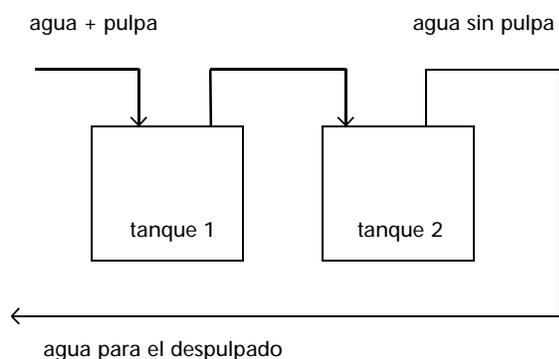


Figura 2. Diagrama del proceso de reciclado.

se tiene que buscar la forma de aprovecharlos. Mientras menos desperdicios tenga una industria, mayores serán sus ganancias económicas y menores serán los productos que puedan ser contaminantes. En lugar de buscar plantas que reciban los desechos industriales y los “traten” para eliminarlos, hay que tener la forma de aprovecharlos.

Lo mismo ocurre con las cosechas. Hoy en día, las naranjas, las nueces, la avena, el trigo y el maíz, todos ellos tienen más de un subproducto que se utiliza e incrementa el rédito neto de cada cosecha. En el caso del café, el grano (aproximadamente el 44% del fruto) ha sido históricamente la principal fuente de ganancias de la industria cafetalera. El resto, 56%, que consiste de la pulpa, el mucílago y el pergamino, se ha tirado a los campos y a los ríos. Sin embargo, si pensamos en la composición de estos desperdicios, podemos ver que contienen carbohidratos, grasas y proteínas (Vargas, 1998). Esto es lo mismo que comen las vacas (Martínez, 1998). ¿Por qué no, entonces, aprovechar los desperdicios del café y hacer alimento para las vacas? Con esto, en vez de matarlas las estaríamos alimentando.

La pulpa del café se puede convertir en el alimento para las vacas conocido como *pulpina*. Su proceso de producción es relativamente sencillo. Una vez que se tiene el agua del despulpa, se separa la pulpa del agua. La pulpa se transporta a la planta de pulpina en camiones, y se le remueve el resto del agua en una prensa de torno horizontal. Después se seca en secadores de fuego directo del tipo rotativo. Se muele y queda lista para su embolsado y transporte a las zonas ganaderas. La *pulpina* deshidratada, sin agua, contiene un 5% más de proteína que el maíz.

A principios de la década de los años 70, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá en Guatemala, realizó un estudio sobre la producción de pulpina. La empresa Subproductos de Café, en Costa Rica, se aprovechó de este estudio para establecer la primera planta de producción de pulpina en 1981.

Ésta es una buena alternativa, que quizá pueda implementarse en México. Hasta donde las autoras conocen, las vacas en las zonas ganaderas de los estados de Puebla y Veracruz no se alimentan con pulpina. En México, la pulpa del café se utiliza fundamentalmente como fertilizante en los viveros cafetaleros. Desconocemos si existen plantas de producción de pulpina, lo que sí creemos es que podría ser una buena solución.

Reciclado del agua

Separar la pulpa para no tirarla al río soluciona una parte del problema, ya que se evita la contaminación por la materia orgánica. Sin embargo no olvidemos que en el agua se disuelven sustancias que cambian el pH de la misma. Como el agua se sigue arrojando a los ríos, el problema no queda resuelto con tan solo separar la pulpa. Algo que podría hacerse es reciclar el agua. Esto disminuiría los contaminantes, además de reducir el consumo de agua hasta en un 80%. El agua reciclada puede utilizarse en el despulpa del café, pero no en el proceso de lavado porque esto le daría mal sabor. Como las aguas que más contaminan son las del despulpa, esta alternativa suena muy bien.

Para reciclar el agua del despulpa se pueden conectar dos tanques en serie, como se muestra en la figura 2. En el primer tanque se reciben las aguas del despulpa, que son las que tiene una mayor carga contaminante. El tanque debe estar diseñado para operar como un sedimentador de tipo continuo en el que la materia más pesada se deposita en el fondo.

Cuando el agua del tanque rebosa, se pasa al otro tanque. En éste se encuentra una bomba que recircula el agua, para que pueda ser aprovechada nuevamente en el proceso de despulpa. En el segundo tanque también se tiene materia sedimentada que debe ser desechada. Este tipo de sedimentación es lo que se conoce en ingeniería como sedimentación simple. También se puede utilizar el proceso de coagulación, similar al que se emplea para limpiar el agua de las albercas, que consiste en agregar sulfato de aluminio. Esto hace que precipiten algunos de los residuos. El segundo tratamiento es indispensable si lo que se quiere es arrojar las aguas al río. Cuando se van a reutilizar para el despulpa no es necesario.

Con el proceso de reciclado se reduce el consumo de agua en los beneficios del café, y se eliminan procesos de contaminación. Esto se ha realizado ya en algunos beneficios húmedos, que acompañado por cambios tecnológicos ha contribuido a reducir la cantidad de agua que se necesita por kilogramo de café cereza. Antes se utilizaban en promedio 10 litros y ahora se emplea un cuarto de litro por kilogramo de café cereza. Otra alternativa sería, de plano, no utilizar agua en los beneficios. Veamos cuáles son las ventajas y las desventajas de esto.

Beneficios secos, ventajas y desventajas

El beneficio seco es aquel que no utiliza agua en el proceso del café. La idea es secar todo lo que no es el grano del café, para después quitarlo mecánicamente. El proceso seco es relativamente más directo que el beneficio húmedo. Consiste en colocar la cereza en el suelo del beneficio seco, en capas de no más de 5 cm de ancho. Para garantizar un buen proceso de secado, hay que voltear las cerezas diariamente. La pulpa de la mezcla se reduce hasta las condiciones óptimas en tres semanas aproximadamente. La capa seca se quita en molinos, proceso que se conoce como el descascarado, y así se obtiene el grano del café.

El proceso seco se aplica generalmente al café robusta. En este tipo de café la planta se desarrolla mucho, por lo que gran parte de las cerezas maduras no se pueden alcanzar. A estas se les permite secarse en los árboles, que después simplemente se sacuden para que los frutos secos se caigan.

La enorme ventaja de procesar el café en los beneficios secos es que no se utiliza agua y además no se producen contaminantes. La desventaja del proceso seco es que la calidad del café que se produce es mucho menor que la que se obtiene a través del proceso húmedo. Parece que es imposible producir, en los beneficios secos, granos descascarados de cerezas secas que se clasifiquen como café de buena calidad. Los granos tienen valores bajos por color, tipo y tostado, además de que producen sabor agrio.

En México

Hay 1962 beneficios húmedos y 443 beneficios secos. Los principales estados productores son Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca.

Latinoamérica

El principal productor de café es Brasil, le sigue Colombia y después México.

Para terminar, ahora sí

Con este artículo terminamos la serie del café y las vacas, donde quisimos presentar desde el análisis de un problema hasta sus posibles soluciones. Queremos resaltar que el principal motivo de la serie fue el de mostrar un problema que se puede utilizar para la enseñanza de la química. Sin embargo, no fue ésta la única motivación. El problema de las vacas en Puebla y Veracruz es real y lo conocemos de cerca, porque lo viven personas allegadas a nosotras. La historia comenzó cuando los ganaderos de la zona se nos acercaron para exponernos el problema y que les diéramos, como químicas que somos, una solución. Sobra mencionar la

sorpresa y el asombro ante nuestra incapacidad inicial para dar siquiera una opinión.

El reto estaba dado y no quisimos desaprovecharlo. Investigamos, buscamos, preguntamos, y finalmente presentamos una propuesta. La búsqueda se pudo hacer gracias a las habilidades desarrolladas a lo largo de los estudios. Jamás ninguna de nosotras habíamos estudiado el café y sus productos, y mucho menos a las vacas. Fue la parte formativa la que abrió las posibilidades. Ésa es la que permanece y por lo tanto la que es más importante.

Así, esta serie de artículos representa lo que hicimos nosotras mismas para aprender del problema y tratar de solucionarlo. Una vez con esto en las manos, la aplicación a la enseñanza de la química fue directa.

No queda más que agradecerle a Ardelio y Juan Vargas (nuestros ganaderos) por mostrarnos el problema, por la confianza depositada y por compartir con nosotras la experiencia acumulada con los años lo cual fue sin duda un gran aprendizaje para nosotras; a Antonio Martínez por la aportación de su conocimiento para resolver problemas químicos sin nunca haber estudiado formalmente una licenciatura; y a Jorge Haro por proporcionarnos una enorme cantidad de información sobre el café y sus productos. ■

Referencias

- Clarke, RJ; Macrae, R (editores), *Coffee*. Elsevier Applied Science Publishers. London y New York, 1985. Vol. 1.
- Garriz, A; Chamizo, JA, *Química*. Adison-Wesley Iberoamericana, SA. México, 1994.
- Gordon, GM; Geyer, JCh; Okun, DA, *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. Limusa. México, 1984. Vol. 2.
- Loosli, JK; Williams, HH; Thomas, WE; Ferris, FH; Maynard, LA, Synthesis of amino acids in the rumen, *Science*, 110, 144, 1949.
- Martínez, A y Vargas, R, Las cabras locas, la UAM, el café y las vacas muertas, *Educ. quím.*, 8[2] 97-103 (1997).
- Martínez, A y Vargas, R, ¿Qué comen las vacas?, *Educ. quím.* 10[2] 123-128 (1999).
- Matsushima, JK, *Alimentación de vacuno para carne*, Acribia. Zaragoza. 1979.
- Morrison, FB, *Feeds and feeding*, Morrison Publishing Company, 22 edición, Ithaca, NY, 1956.
- Vargas, R y Martínez, A, El café y las vacas muertas, *Educ. quím.*, 9[1] 20-27 (1998).
- Vogel, AI, *Química analítica cualitativa*, Kapesluz, 5a. edición, Argentina, 1974.
- Werske, H; Schrodt, M; Danger, St V, Über die Bedeutung des Asparagins für die tierische Ernährung, *Zeit. Biol.*, 15, 261, 1879.