



Generación de dióxido de carbono mediante la reacción de un ácido y una base

por Groel Néstor

Existe una forma alternativa de generar dióxido de carbono, para su uso en acuarios plantados, a las utilizadas habitualmente con levadura y azúcar o sistemas a presión. Los sistemas basados en levaduras, aún las que la secuestran en un medio retardador como el agar, son simples de implementar pero inestables en el tiempo y de aplicación engorrosa. Los sistemas a presión son estables pero costosos. En este artículo se describen las bases de un sistema distinto tan estable como el gas a presión pero tan simple y económico como la levadura.

1. Principios de funcionamiento

Cuando algunos ácidos reaccionan con algunas bases se produce dióxido de carbono como parte de esa reacción. Regulando la cantidad de ácido en contacto con la base se regula la cantidad de CO₂ generada, por lo que es perfectamente posible ajustar con precisión la cantidad de CO₂ aportado al acuario. Esta reacción es estable, desde el punto de vista de un acuarista, ante cambios de temperatura y, con los mecanismos de dosificación apropiados, puede regularse en función del nivel en el acuario o el régimen de iluminación.

Los acuaristas pueden elegir una entre muchas reacciones posibles en función de los elementos de los que dispongan, pero deben tener en cuenta varios puntos antes de intentarlo:

- Producción de CO₂ por cantidad de reactivos utilizados, ya que es este parámetro el que determina el rendimiento económico.
- Tipo de "residuo" de la reacción, ya que **NO DEBE SER TOXICO AL MEDIOAMBIENTE**.
- Exotermicidad de la reacción. Algunas reacciones producen calor en mayor cantidad que la que pueden disipar, conviene simplemente evitarlas.

En todos los casos la reacción involucrada es de la forma:



Donde el primer elemento es una base proveniente de un (bi)carbonato sólido o en **solución**, más hidrogeno que será secuestrado de un ácido y el resultado es ácido carbónico. Debido a que este ácido es inestable, se descompone en dióxido de carbono más agua. Las ecuaciones que anotaremos a continuación saltean el paso intermedio de formación del ácido carbónico y exponen la fase final de equilibrio. De acuerdo a la base y ácido que se usen, se obtendrán distintas proporciones de dióxido.

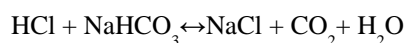
Puede utilizarse un indicador que altere su color en función del PH disuelto en la base para comodidad del acuarista. De esta manera cuando el color del indicador cambia, implica que se ha agotado la base y debe ser renovada. De esta manera no es necesario conocer con precisión las concentraciones del ácido o de la base. Puede utilizarse, por ejemplo, el azul de bromofenol, que cambia de color azul a amarillo verdoso cuando el PH desciende de 5.

A continuación analizaremos tres reacciones posibles, que fueron escogidas por ser sus elementos simples y económicos de conseguir.

1.1. Ácido Clorhídrico y bicarbonato de sodio

Ésta es tal vez la reacción más económica y fácil de realizar. La base elegida es una **solución** de bicarbonato de

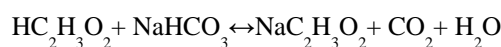
sodio que puede o no estar precipitada y el ácido es clorhídrico concentrado. El producto final es agua con cloruro de sodio disuelto por lo que es no agresivo al medio ambiente y si se utilizan ácidos y bases de calidad, puede ser descartado en el sistema de alcantarillado pluvial normal. La reacción química es:



Esto implica que 36 grs. HCl + 84grs NaHCO₃ generan 44 grs. de CO₂ más 76 grs. de agua y sal. Si tenemos en cuenta que un litro de clorhídrico concentrado contiene aproximadamente 380 grs. de HCl, son necesarios 890 grs. de NaHCO₃ para neutralizar la mezcla y obtendremos 464 grs. de CO₂. Esto en costos, al momento de la escritura de este artículo, representa \$15 (5 dólares americanos aproximadamente) por cada kilogramo de CO₂ gaseoso producido. El litro de ácido clorhídrico cuesta aproximadamente \$4.5 y el kilogramo de bicarbonato de sodio \$2.5.

1.2. Reacción de vinagre (ácido acético) y bicarbonato de sodio

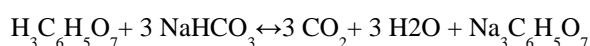
En este caso se reemplaza el ácido clorhídrico por vinagre común. Debido a que la cantidad de ácido acético en el mismo es baja, suele necesitarse una gran cantidad de vinagre, comparada a la necesaria con el ácido clorhídrico, para neutralizar el bicarbonato. La reacción sería:



Todos los elementos que forman parte de la reacción están disueltos en agua. Al desconocer la **concentración** del ácido acético en el vinagre doméstico, es imposible calcular los volúmenes intervinientes a priori, pero esto puede ser realizado en la práctica por el acuarista con absoluta precisión. El costo en droguerías del ácido acético puro al momento de escribir este artículo es de \$10.

1.3. Reacción ácido cítrico y bicarbonato de sodio

En algún caso el acuarista preferirá no trabajar con ácido clorhídrico y usar en cambio el ácido cítrico utilizado para cocina o adquirido en droguerías. Esta reacción es vista a diario en medicamentos de tipo "efervescentes" como analgésicos y vitaminas. Cabe aclarar que en este caso, podría colocarse el ácido y el bicarbonato en polvo en el recipiente, e ir agregando agua lentamente a la mezcla. Si ambas sustancias son perfectamente anhidras y el agregado de agua es muy lento, el agua producida en la reacción es arrastrada por el dióxido de carbono, estabilizando la misma. Esto es una ventaja ya que el único líquido empleado es agua y los dos elementos usados son seguros para su manipulación, de hecho son elementos constitutivos de varios medicamentos ingeribles por el ser humano. De todas maneras, es más simple de regular la reacción, si el ácido y el bicarbonato se diluyen por separado en agua y se realiza el goteo como en los casos anteriores. La reacción química es:



Todos los elementos están en la ecuación disueltos en agua de manera que poseen movilidad para reaccionar. En algunos casos la reacción se produce en varias fases donde el sodio va reemplazando gradualmente al hidrógeno, pero la situación final es la anotada aquí. El resultado vuelve a ser dióxido de carbono más una **solución** de citrato de sodio en agua, que es considerado inocuo para el medioambiente y puede ser descartado en el sistema pluvial.

En peso en este caso tenemos que por cada 192grs de ácido cítrico puro más 252 grs. de bicarbonato de sodio, se generan 132 grs. de dióxido de carbono. Es fácil observar que será menos eficiente en costos que la reacción de clorhídrico, ya que es más oneroso el ácido cítrico, y además, es necesaria una mayor cantidad de sustancia en el reactor. El costo en droguerías del ácido cítrico en polvo al momento de escribir este artículo es de \$9.

2. Comparación de costos con sistemas más convencionales

Al momento de escribir este artículo el kilogramo de CO₂ recargado en un sistema de presión cuesta aproximadamente \$6 - \$15 y a este valor hay que sumar el costo inicial del equipo y pruebas hidráulicas periódicas. La variación de costo proviene del sistema elegido, tamaño de la botella a recargar y certificaciones dadas por el proveedor sobre la recarga realizada.

En el caso de la levadura más azúcar el rendimiento es muy variable, pero aproximadamente se consumen \$6-\$18 por cada kilogramo de CO₂ producido (calculado en base a 2 Kgrs de azúcar más 4 sobres de levadura deshidratada). Parte de la enorme variabilidad del rendimiento de la levadura proviene del hecho que el proceso con glucosa en condiciones óptimas, produce aproximadamente un 50% de dióxido de carbono en peso de glucosa digerida, pero, el azúcar no es 100% glucosa, la temperatura influye en el aprovechamiento de la mezcla y además, el alcohol generado durante el proceso anaeróbico inhibe o aniquila las levaduras luego de determinada **concentración**, por lo que no toda la glucosa es aprovechada. Tomar \$6 por kilogramo de dióxido obtenido es en extremo optimista y sólo alcanzable en digestores específicos y óptimos, por lo que un valor más razonable es asumir una eficiencia del 50% sobre el óptimo y tomar \$12 como un costo promedio aceptable. Si además se usan retardantes para secuestrar el azúcar, el costo se incrementa.

3. Conclusiones

Puede observarse en la práctica que el método de ácido más base compite en costos con los sistemas habituales. Si se utilizan algunas de las sugerencias de este sitio para el control de la reacción, el costo del equipamiento necesario para dosificar, según los estándares y requerimientos de un acuario de alta tecnología con control por PH o iluminación, es 15 o 20 veces menor al sistema de presión.

Un punto adicional es la seguridad. Los elementos de presión pueden no ser seguros o fallar si no están elaborados por profesionales del manejo de gases comprimidos. Los mecanismos de dosificación de ácido más base pueden ser fabricados por el acuarista, sin que representen un peligro potencial más allá del manejo del ácido en forma apropiada.

4. Bibliografía

1. Baking Soda vs. Baking Powder [\[Para más información....\]](#)
2. Factors Affecting the Rate of a Chemical Reaction - Vol. 75 No. 9 September 1998 - Journal of Chemical Education [\[Para más información....\]](#)
3. MASS PERCENT OF NaHCO₃ IN ALKA SELTZER - Adaptation Journal of Chemical Education - Vol. 79, No. 7, Julio 2002 [\[Para más información....\]](#)

5. Glosario

Concentración: Cantidad de elementos en un determinado volumen o superficie y se expresa siempre como la cantidad de elementos por unidad de medida de espacio. En química, dicese de la cantidad de una sustancia presente en una solución. Puede expresarse en muchas unidades distintas, explícitas como mg/L, g/L, mg/ml o por convención como % (porcentaje, una parte en cien, aclarando peso o volumen), ppm (una parte en un millón de partes, también aclarando peso o volumen), M (molar, un mol en un litro de solución).

Solución: Acción y efecto de resolver una duda o dificultad. En química dicese de la mezcla homogénea de dos o más sustancias. Suele llamarse *soluta* al que esta en menor proporción y *solvente* al que esta en mayor, pero no siempre es así. El agua del acuario es una solución de numerosos solutos, siendo el agua el solvente.