

CATÁLISIS

INTRODUCCIÓN.

En los oscuros comienzos de la química, cuando ésta era tan sólo alquimia, existía la creencia de que las transformaciones de la materia, se podían avivar por determinadas sustancias, incluida la piedra filosofal en sus diferentes acepciones. El término de catálisis se atribuye al sueco Berzelius que en el Edin.Phil.J. XXI,223,1836 escribe: *"..algunos cuerpos tienen la propiedad de ejercer sobre otros una acción, diferente a la causada por la afinidad química, por medio de la cual se produce su descomposición, formando nuevos compuestos, que no entraban en la composición de aquellos. A este poder desconocido, común a la naturaleza orgánica e inorgánica, llamo poder catalítico, siendo catálisis la descomposición de cuerpos por esta fuerza"*¹. Sin embargo la palabra así mencionada ya aparece en la Alchymia de Libavius de 1595, verdadero compendio de química hasta aquellas fechas, porque en su estructura etimológica griega significa disolución²; destrucción de un compuesto, y la destrucción era una fase dentro de la Obra Alquímica. Precediendo a Berzelius, su amigo y colaborador, Mitscherlich, la denominó en 1834 "acción de contacto". Sería Ostwald, el que nos legó el concepto de catálisis y catalizador, tal como lo conocemos actualmente. En química a la gota primeramente se estudiará la catálisis en la descomposición del peróxido de hidrógeno, producto muy barato y de uso corriente, tomando el sentido berzeliano del término.

ACCIÓN CATALÍTICA EN LA DESCOMPOSICIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

La descomposición de peróxido de hidrógeno, con producción de oxígeno se formula así:



Esta reacción tiene una energía de activación de 75 kJ/mol, por eso es muy lenta para visualizarla en fotografía digital, sobre todo en invierno a temperatura ambiente (en retroproyección era mucho más rápida por que se activa con el calor desprendido por el sistema).

Como criterio visual del aumento de velocidad de reacción, se tomará el tiempo y la cantidad de burbujas de oxígeno que se desprenden, comparando una reacción sin catalizar con otra catalizada con diferentes tipos de catalizadores.

Se va a emplear peróxido de hidrógeno del 30%, a efecto de aumentar la velocidad de la reacción, y realizar las tomas en menos tiempo. Si se usase del 6% (la normal en retroproyección) se tardaría un tiempo demasiado largo en visualizar el desprendimiento de oxígeno.

La primera acción catalítica a estudiar es la del ion Cu^{2+}



Las fotografías presentan en un montaje en blanco, a la izquierda: una caja Petri con 3 gotas de peróxido de hidrógeno 30%, mientras que en la de la derecha, la misma cantidad de peróxido de hidrógeno y una gota de cloruro de cobre (II) azul verdoso (foto 1) Se mezclan las gotas, y se dispara el cronómetro.

Foto 1

¹ Berzelius, toma el significado del poder catalítico y de la catálisis, como la capacidad para "hacer soltar" los constituyentes de determinadas sustancias.

² Catálisis del griego κατάλυσις (disolución), procede κατά (hacia abajo), que se empleaba con el mismo significado ya en el hittita, miles de años antes, y de λύω, desatar, de la raíz indoeuropea *leu, que abarca dicho significado incluido el de dividir y partir.



Foto 2



Foto 3



Foto 5



Foto 4

Parece evidente a través de las fotografías que, el cloruro de cobre (II) en la caja Petri de la derecha, cataliza, la descomposición del peróxido de hidrógeno, produciéndose una apreciable cantidad de burbujas de O_2 , con un máximo a los 4 minutos. En la reacción tiene lugar un cambio de color del Cu^{2+} , que indica algún paso intermedio.

Si se emplea como catalizador el cloruro de hierro (III) (amarillo) (foto 6), obtenemos la sucesión de imágenes de la parte inferior.



Foto 6



Foto 7



Foto 9



Foto 8

La acción catalítica del cloruro de hierro (III) es más intensa que la del cloruro de cobre (II), dado que a los 4 minutos (foto 9) se produce un mayor número de burbujas de oxígeno, para las mismas cantidades de reactivo en similares concentraciones. En el caso del cloruro de cobre (II), la reacción es más lenta ya que a los 11 minutos (foto 5) todavía se mantiene el desprendimiento de oxígeno.

Cocatálisis

Sin embargo si juntamos ambos catalizadores se produce un fenómeno de **cocatálisis** que acelera la reacción.

En la caja Petri de la derecha se dispone la mezcla de 3 gotas de cloruro de cobre (II) y cloruro de hierro (III), junto con 3-4 gotas de peróxido de hidrógeno del 30%, mientras que en la de la izquierda, sólo contiene peróxido de hidrógeno. Al juntarse las gotas, se obtienen estas fotografías

Foto 10



Foto 12



Foto 11

Si se observa el tiempo en función del desprendimiento de oxígeno, y se compara con las reacciones anteriores, se ve que ya los 24s hay un notable desprendimiento de oxígeno, y que la reacción llega a su máximo desprendimiento prácticamente a los 70s, mientras que si sólo la catalizaba el cloruro de hierro (III) o el cloruro de cobre (II), de forma independiente, el máximo desprendimiento ocurría a los 4 minutos.

En todas estas catálisis la cinética de la reacción es de primer orden, o sea depende únicamente de la concentración del peróxido de hidrógeno, estableciéndose una relación lineal, entre el logaritmo neperiano de la concentración y el tiempo que tarda en descomponerse.

La acción de los iones de metales de transición en la catálisis, se fundamenta en su capacidad para alojar pares de electrones en orbitales atómicos d, por lo que, en este caso favorecen la producción de oxígeno, dado que esta molécula posee un par de electrones antienlazantes, que se pueden estabilizar a través de una interacción de coordinación.

Inhibición catalítica en la descomposición del peróxido de hidrógeno

Al igual que se puede acentuar la acción catalítica, a través de la cocatálisis, también se puede inhibir, a través de venenos o compuestos que se combinan con los catalizadores.

Se dispone en la caja Petri de la izquierda, peróxido de hidrógeno 30% junto con una gota de cloruro de hierro (III) 1M, mientras que en la de la derecha, unas gotas de peróxido de hidrógeno junto a una gota de disoluciones de cloruro de hierro (III) y de ortofosfato de sodio. Se mezclan y se dispara el cronómetro.



Foto 13



Foto 14



Foto 16



Foto 15

Así vemos que mientras el cloruro de hierro (III) actúa como catalizador, el ortofosfato de sodio lo hace como retardador, inhibiendo la acción del cloruro de hierro (III). La reacción avanza mucho más lentamente. Se observa que cuando en la caja Petri de la izquierda, pasados los 3 minutos, disminuye la producción de burbujas de oxígeno, en la de la derecha que incluye el inhibidor, aumenta.

La acción del ortofosfato, es la de combinarse con los iones Fe^{3+} , para formar ortofosfato de hierro (III), evitando que éstos aceleren la descomposición del peróxido de hidrógeno.

