

ÁCIDOS Y BASES DUROS Y BLANDOS

Descubriendo el principio en el laboratorio

Laura Gasque Silva*

Abstract (Hard and soft acid and bases. Discovering the principle in the laboratory)

A simple laboratory experiment is presented, which emphasizes the empirical foundation of the HSAB principle.

Resumen

Se presenta una sencilla práctica de laboratorio que hace énfasis en el origen empírico del principio ABDB.

Una breve introducción

El principio de *Ácidos y bases duros y blandos* (ABDB) es de origen puramente empírico (Pearson, 1968; la traducción de la primera parte de este artículo se incluye en las páginas 208-215) este número de *Educación Química*; es decir, surge de la observación de algunos científicos acerca de las millones de diferentes combinaciones ácido-base existentes.

Vamos a utilizar, para los fines que ahora nos importan, los conceptos de acidez y basicidad de Lewis, llamando “bases” a los donadores de carga electrónica y “ácidos” a los aceptores.

Analicemos algunas bases comunes, por ejemplo los halógenuros: F^- , Cl^- , Br^- y I^- . Si las consideramos esferas de carga negativa con un mismo valor de carga total (-1), y recordamos que el tamaño de estas especies debe aumentar considerablemente al descender en la tabla periódica, llegaremos a la conclusión de que en el F^- , la carga está mucho más fuertemente atraída al núcleo que en el I^- . Esta situación hace que la nube electrónica del yoduro sea mucho más fácil de deformarse ante la cercanía de otra carga: a esta deformación se le conoce como *polarización*. Decimos entonces que el yoduro es una especie *muy polarizable*. En el fluoruro en cambio, debido a la mayor fuerza con la que el núcleo sujeta a la carga electrónica, no sufre fácilmente polarización al acercarse alguna carga: es *poco polarizable*. Esta propiedad de polarizabilidad ha sido asociada con la idea mecánica de la tendencia o resistencia a

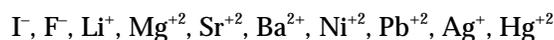
la deformación, es decir a la dureza (o blandura). Así, al fluoruro se le ha llamado una base “*dura*”, mientras que al yoduro se le ha llamado una base “*blanda*”.

Si de las millones de posibles combinaciones entre ácidos y bases de las que hablamos al principio nos limitamos a las que forman los cationes metálicos con estas dos bases con propiedades tan distintas, encontraremos que en los mismos yacimientos minerales ya se percibe una cierta “preferencia”. El fluoruro se encuentra combinado en los minerales con cationes con los que el yoduro jamás se encuentra y, por el contrario, el yoduro forma minerales con cationes con los que nunca hallamos combinado al fluoruro. Como consecuencia de esta marcada “preferencia”, se decidió llamar “*duros*” a los ácidos que se combinan preferentemente con las bases duras y “*blandos*” a los que prefieren combinarse con las bases blandas.

Puede fácilmente observarse que los ácidos duros y los ácidos blandos ocupan distintas zonas de la tabla periódica. Sin embargo, hay un número importante de cationes metálicos que se resisten a ser catalogados en sólo una de estas dos categorías, ya que fácilmente pueden combinarse con ambos tipos de bases. Es interesante notar que también estos ácidos, de naturaleza “intermedia” se encuentran cercanos entre sí en la tabla periódica.

Hasta el momento no ha sido casual que no hayamos dado la identidad de los ácidos duros, blandos e intermedios; se pretende que sea el mismo lector el que los clasifique, basándose en sus propias observaciones.

Para ello vamos a necesitar disoluciones de las siguientes especies (los contraiones no se escriben para hacer énfasis en las especies que reaccionan):



Prueba 1

- Coloca 1 mL de cada una de las disoluciones de los cationes de prueba en un tubo de ensayo y, a cada uno, añádele 1 mL de la disolución de F^- ; anota tus observaciones.
- Repite la operación, pero en esta ocasión añade I^- .
- Con este sencillo experimento, intenta clasificar a estos ocho ácidos como duros, blandos o intermedios, de acuerdo con tus observaciones, en la tabla 1.

* Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D.F.

Correo electrónico: gasquel@servidor.unam.mx

Recibido: 12 de enero de 1997.

Aceptado: 20 de mayo de 1997.

Tabla 1.	Li ⁺	Mg ⁺²	Sr ⁺²	Ba ⁺²	Ni ⁺²	Pb ⁺²	Ag ⁺	Hg ⁺²
reacción con F ⁻								
reacción con I ⁻								
Clasificación								

Prueba 2

Ahora vamos a corroborar el comportamiento de estos ácidos frente a otra base: el S²⁻.

¿Es el sulfuro una base muy polarizable? ¿Será una base dura o blanda?

- A los siguientes cationes, añade ahora 1 mL de sulfuro de sodio y anota tus observaciones:

	Mg ⁺²	Ni ⁺²	Pb ⁺²	Ag ⁺	Hg ⁺²
reacción con S ²⁻					

Mide el pH de la solución de sulfuro de sodio.

pH = _____

¿Qué otra base se encuentra presente en la disolución de S?

Comparada con el S²⁻, ¿esta base es más o menos polarizable?

Basándote en su polarizabilidad, ¿esta base es dura o blanda?

Prueba 3

A la misma serie de cationes de prueba, añade ahora NaOH

	Mg ⁺²	Ni ⁺²	Pb ⁺²	Ag ⁺	Hg ⁺²
reacción con OH ⁻					

- Una vez realizada la prueba 3, intenta identificar los productos de las reacciones llevadas a cabo en la prueba 2.*

	Mg ⁺²	Ni ⁺²	Pb ⁺²	Ag ⁺	Hg ⁺²
producto de la reacción con S ²⁻ /OH ⁻					

Extrapolación

- Basándote en sus propiedades periódicas, intenta clasificar a los siguientes ácidos:

	Ca ⁺²	K ⁺	Co ⁺²	Zn ⁺²	La ⁺³	Tl ⁺	Pt ⁺²
duro, blando o intermedio							

Nota final: Esta experiencia tiene como objetivo que el alumno se asome por primera vez al principio de ácidos y bases duros y blandos, y se convenza de su origen totalmente *empírico*. Sin embargo, sería muy engañoso si el alumno se queda con la idea de que el tema es muy simple y que después de lo aprendido aquí ya lo domina.

En el anexo se incluye una serie de recomendaciones a los profesores para que funjan como orientadores de la labor de los estudiantes en el desarrollo de este guión.

El tema ha sido incluido en la mayoría de los textos modernos de química inorgánica, aunque tal vez la mejor presentación siga siendo de Pearson (1968). ▣

Bibliografía citada

R. G. Pearson, *Journal of Chemical Education* **45**, 581 y 643, 1968 (incluido en este número de *Educación Química*).

* En caso necesario, puedes consultar en la bibliografía las propiedades de los posibles compuestos formados.

Anexo*

Título del guión:

Ácidos y bases duros y blandos

Profesores responsables:

Laura Gasque Silva y Víctor Ugalde Saldívar

Objetivo:

Que el alumno tenga un primer enfrentamiento con el principio de ácidos y bases duros y blandos, desarrollado a finales de los años 60 por Pearson. Aunque el tema sigue siendo un problema de frontera en la química, el estudiante, a través de algunos sencillos experimentos, puede convencerse de su origen empírico.

Trabajo experimental realizado sobre el tema:

Se han preparado soluciones de I^- y de F^- (base blanda y dura respectivamente) y probado su precipitación con distintos cationes metálicos, encontrando las concentraciones óptimas en las que se observa selectivamente la precipitación cuando se da la combinación *duro-duro* o *blando-blando* (base del principio).

El segundo experimento tiene por objeto ilustrar la preferencia de los ácidos duros por la base OH^- y de los blandos e intermedios por el S^{2-} . Como en una solución concentrada de Na_2S , necesariamente también hay una elevada concentración de OH^- , se comparan los precipitados obtenidos al tratar a los cationes con esta disolución y con los que se obtienen al tratarlos únicamente con OH^- .

Resumen de resultados:

Teniendo disoluciones 1 M de Li^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} , se observa su precipitación frente al F^- y no frente al I^- . Este comportamiento permite a los alumnos etiquetar a esta serie de cationes como "duros".

Las disoluciones de Hg^{2+} y de Ag^+ , precipitan en presencia de I^- y no de F^- , lo que lleva a los alumnos a clasificar a estos dos como "ácidos blandos".

Para ilustrar el comportamiento "intermedio" se buscaron cationes que o bien precipitaran con ambas bases o con ninguna. Actualmente se utiliza el Pb^{2+} que cumple con la primera condición y el Ni^{+2} con la segunda.

*Condiciones establecidas para que el estudiante experimente y por qué de estas condiciones:*

Se le entrega al alumno un breve documento (cuyo contenido es esencialmente el del presente artículo) que le proporciona la mínima información necesaria acerca del tema para poder resolver el problema mediante los experimentos que llevarán a cabo, y se le pide que lo lea justo antes de realizar la práctica. Se le proporcionan también las disoluciones preparadas y solamente tiene que llevar a cabo las mezclas y observar la aparición o no de precipitados, según sea el caso.

Enunciado del problema a resolver por el estudiante:

Clasificar una serie de cationes metálicos como "blandos", "duros" o "intermedios".

* Se presenta este anexo como un auxiliar para el lector que desee efectuar los experimentos.