

LOS DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO

Un auxiliar en la enseñanza de la química de las disoluciones.

Ignacio González Martínez. Departamento de Química, UAM-Istapalapa.

Alberto Rojas Hernández* Depto. de Ciencias Químicas,
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Resumen

Se propone la presentación simultánea de los diagramas de distribución y de los diagramas de zonas de predominio en el estudio de las especies químicas en disolución. Esta presentación permite la comprensión de los diagramas de zonas de predominio, así como de sus aplicaciones y limitaciones.

Introducción

Muchas de las reacciones químicas que ocurren a nuestro alrededor se llevan a cabo entre sustancias disueltas en un líquido; tal es el caso, por ejemplo, de la aparición y disolución de precipitados de carbonato de calcio y magnesio en las tuberías de las calderas, la acción de disolución de los cálculos renales, del efecto del pH del suelo en el color de las flores y en la calidad de productos agrícolas, y de la extracción de los iones metálicos específicos de minerales a partir de lixivitaciones y procesos de separación.

Para comprender este tipo de procesos, es esencial tener una idea clara de la naturaleza de las sustancias que se encuentran disueltas y de las transformaciones químicas que pueden sufrir, y determinar en qué forma contribuyen estas especies a las propiedades características de la disolución, como son el color, la conductividad eléctrica, la actividad óptica, la tensión superficial, etc.

La gran cantidad de especies químicas presente en las disoluciones de interés práctico hace difícil su estudio, por lo que es necesario recurrir a métodos gráficos que permitan caracterizarlas, así como sus efectos más importantes dentro de las disoluciones.

Entre los métodos gráficos más empleados se encuentran los diagramas de distribución

(Högfeldt, 1979; Vicente-Pérez, 1979), los diagramas logarítmicos, profusamente estudiados por Vicente-Pérez (1979); los diagramas de zonas de predominio lineales propuestos y aplicados por Charlot (1967), y los diagramas bidimensionales, propuestos por Pourbaix (1966) y Rossetti (1961).

La presentación de estos métodos gráficos se hace generalmente de forma independiente y su aplicación casi siempre se da de manera excluyente en la literatura. Además, la mayoría de los diagramas desarrollados son de disoluciones acuosas, ya que de ellas se tiene mayor información de los datos fisicoquímicos necesarios para su elaboración.

Los diagramas de zonas de predominio, a pesar de ser los más adecuados para la elucidación de los efectos más importantes de las disoluciones, son poco conocidos en nuestras universidades. La falta de compendios que reúnan este tipo de diagramas, así como la poca accesibilidad a sus métodos de construcción, tanto para estudiantes como para profesores de cursos introductorios de química inorgánica y química analítica, explica en parte su poca aplicación en la mayoría de las áreas de la química.

En este trabajo se discuten los diagramas de distribución de especies químicas en sistemas dependientes de una sola variable y, a partir de estos diagramas, se construyen los diagramas de zonas de predominio correspondientes. Esta presentación permite analizar sus alcances y limitaciones y las relaciones entre las constantes de equilibrio termodinámicas que determinan sus características.

Desarrollo

Dividimos nuestro estudio en dos tipos de sistemas; a saber; sistemas $L/M/ML$ y sistemas $L/M/ML/ML_2$; en donde L representa a una

* Sección de Química Analítica

partícula intercambiable que puede ser H , NH_3 , Cl^- , etc.

Sistemas del tipo $L/M/ML$

El equilibrio químico de formación.

Las sustancias que en disolución pueden aceptar una sola partícula L presentan un equilibrio de formación:



$$\text{con } K_{ML}^L \rightleftharpoons |ML|/(|M||L|) \quad (1)$$

En este caso, se conoce a la sustancia ML como el donador del sistema y a la sustancia M se le conoce como su receptor conjugado, $|ML|$, $|M|$ y $|L|$ representan las concentraciones molares de las especies correspondientes. K_{ML}^L es la constante de equilibrio de concentraciones, que sólo es constante si los coeficientes de actividad de todas las especies permanecen constantes.

Fraciones molares de ML y M en el sistema.

En un sistema de este tipo, el balance de materia para M es:

$$|M_t| = |M| + |ML| \quad (2)$$

siendo $|M_t|$ la concentración molar total de M en el sistema.

Combinando las ecuaciones (1) y (2) se observa que:

$$|M_t| = |M|(1 + K_{ML}^L|L|) \quad (3)$$

Pueden definirse entonces las fracciones molares f_i tales que

$$f_i|M_t| = |ML_i| \quad \text{para } i \in \{0,1\} \quad (4)$$

(Por definición $ML_0 = M$).

De las ecuaciones (3) y (4)

$$f_0 = (1 + K_{ML}^L|L|)^{-1} \quad (5)$$

en tanto que, de (1) y (4),

$$f_1 = f_0 K_{ML}^L|L| \quad (6)$$

También resulta evidente que

$$f_0 + f_1 = 1$$

Diagrama de distribución.

El diagrama resultante de graficar f_0 y f_1 contra la variable pL , donde, por definición, $pL = -\log_{10}(|L|)$, se conoce como el diagrama de distribución de las especies de M para el sistema considerado.

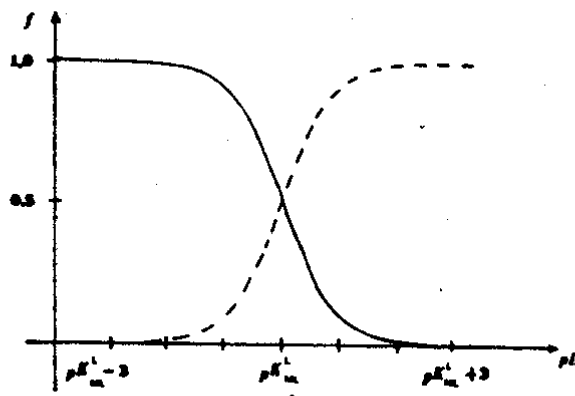


Fig. 1 Diagrama de distribución de sistemas del tipo $L/M/ML$.

La línea punteada representa a f_0 en tanto que la continua a f_1 .

En general, el diagrama de distribución de sistemas del tipo $L/M/ML$ toma la forma mostrada en la figura 1. Nótese en particular, en esta figura, la simetría de las fracciones molares respecto del valor de $\log K_{ML}^L$ así como su complementariedad. Además puede observarse que:

$$f_0 > f_1 \quad \text{si y sólo si } pL > \log K_{ML}^L$$

en tanto que:

$$f_0 < f_1 \quad \text{si y sólo si } pL < \log K_{ML}^L$$

Las dos relaciones suficientes y necesarias señaladas anteriormente son las que permiten construir y comprender mejor el diagrama de zonas de predominio de estos sistemas.

Diagrama de zonas de predominio.

El diagrama que resulta de asignar especies químicas a zonas de intervalos de pL cuando su concentración molar (o fracción molar correspondiente) es mayor que las de las demás especies de su tipo se conoce como diagrama de zonas de predominio de dichas especies en función de pL .

Las condiciones suficientes y necesarias derivadas del diagrama de distribución permiten afirmar que:

$$|M| > |ML| \quad \text{si y sólo si } pL > \log K_{ML}^L$$

en tanto que:

$$|M| < |ML| \text{ si y sólo si } pL < \log K_{ML}^L$$

La conclusión anterior puede resumirse en el siguiente diagrama de zonas de predominio:



El diagrama de distribución ayuda a comprender cuál debe ser la interpretación correcta del diagrama de zonas de predominio. Por ejemplo, la zona de predominio de ML , marcada por la condición de $pL < \log K_{ML}^L$ no significa la desaparición total de M en el sistema; pues, como se observa en el diagrama de distribución de la figura 1, esto sólo ocurre, aproximadamente, al 1% de error, cuando:

$$pL \leq (\log K_{ML}^L - 2)$$

(lo que marcaría una zona de existencia exclusiva de ML en el sistema); esto es, si:

$$(\log K_{ML}^L - 2) < pL \leq \log K_{ML}^L,$$

la presencia de M en el sistema puede ser importante a pesar del predominio de ML . Aclarado este punto, no debe soslayarse el hecho de que la zona de predominio de ML destaca que las propiedades fisicoquímicas del sistema si $pL < \log K_{ML}^L$, dependen más de ML que de M (y casi exclusivamente de ML si $pL \leq (\log K_{ML}^L - 2)$). Pueden obtenerse conclusiones simétricamente similares para la zona de predominio y evidencian su interrelación complementaria con el diagrama de distribución.

Ejemplos.

La figura 2 muestra el diagrama de zonas de predominio y el diagrama de distribución de especies del fluoruro en función del pH en disoluciones acuosas a $25^\circ C$ de temperatura. Por otra parte, la figura 3 presenta los mismos diagramas para las especies de la plata en estado de oxidación ($I+$) en función del pY a $25^\circ C$ de temperatura. (Siendo $pY = -\log |Y^{4-}|$ donde Y^{4-} representa al ión proveniente de la deprotonación total del EDTA, ácido etilendiamina-tetraacético, $2(HOOCCH_2)N-CH_2-CH_2-N(CH_2OOH)_2$.

Nótese cómo las figuras 1, 2 y 3 son exactamente iguales, salvo por el valor de $\log K_{ML}^L$ utilizado en cada caso.

Por último, obsérvese cómo el diagrama de distribución podría reducirse a dos líneas constantes e iguales a 1.000 y a 0.000 en caso de donadores de L extremadamente estables (casi no aparecería M en este caso) o en caso de donadores extremadamente inestables (casi no existiría ML por haberse disociado completamente).

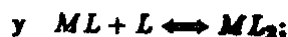
Sistemas del tipo L/M/ML/ML₂

Equilibrios presentes en la disolución.

Las especies presentes en este tipo de sistemas se relacionan a través de diferentes equilibrios químicos. Así, se pueden tener los equilibrios de formación sucesivos



$$\text{con } K_{ML_1}^L = \beta_1 = |ML_1|/(|M||L|) \quad (1)$$



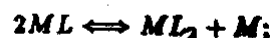
$$\text{con } K_{ML_2}^L = |ML_2|/(|ML_1||L|) \quad (7)$$

el equilibrio de formación global o acumulativo



$$\text{con } K_{ML_2}^{2L} = \beta_2 = |ML_2|/(|M||L|^2) \quad (8)$$

y el equilibrio de dismutación o desproporción



$$\text{con } K_{ML_2}^{2ML_1} = |ML_2||M|/|ML_1|^2 \quad (9)$$

En este caso, ML_2 se conoce como el donador del sistema, ML_1 es llamado el anfótero (que, como se observa, puede actuar tanto como donador como receptor de L), M se conoce como el receptor del sistema y ML_2 es la concentración molar del donador.

Como es sabido los equilibrios (1), (7), (8) y (9) no son independientes entre sí, lo que lleva a las siguientes relaciones:

$$\beta_2 = K_{ML_2}^{2L} = K_{ML_2}^L K_{ML_1}^L$$

$$\text{y } K_{ML_2}^{2ML_1} = K_{ML_2}^L (K_{ML_1}^L)^{-1}$$

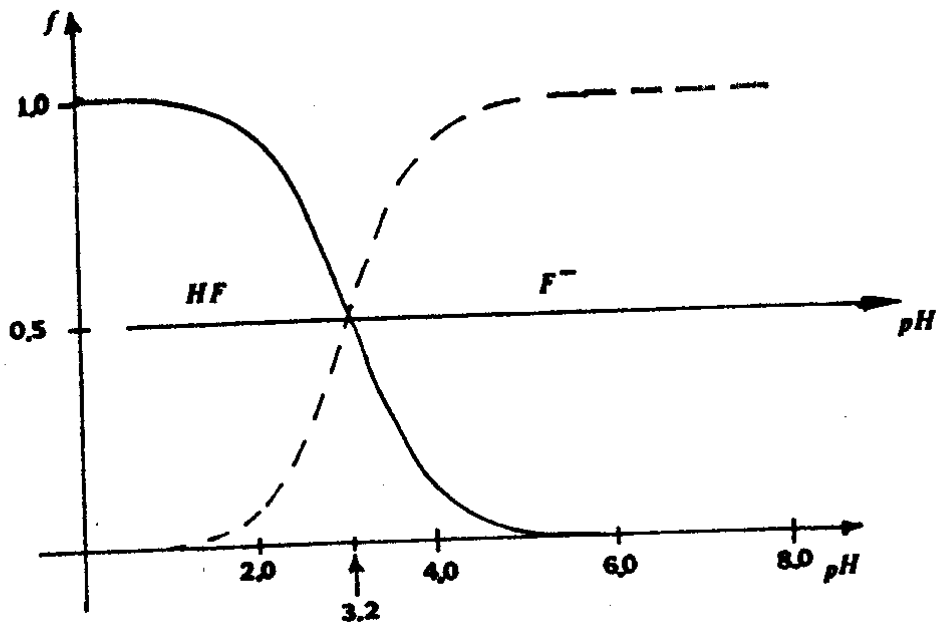


Fig. 2 Diagrama de distribución y de zonas de predominio para las especies fluoruro en función del pH. La línea punteada representa a $f_0(F^-)$ en tanto que la continua a $f_1(HF) \log K_{HF}^H = 3.2$ (Ramette, 1981). El diagrama de zonas de predominio se ha superpuesto al de distribución cuando $f_0 = f_1$.

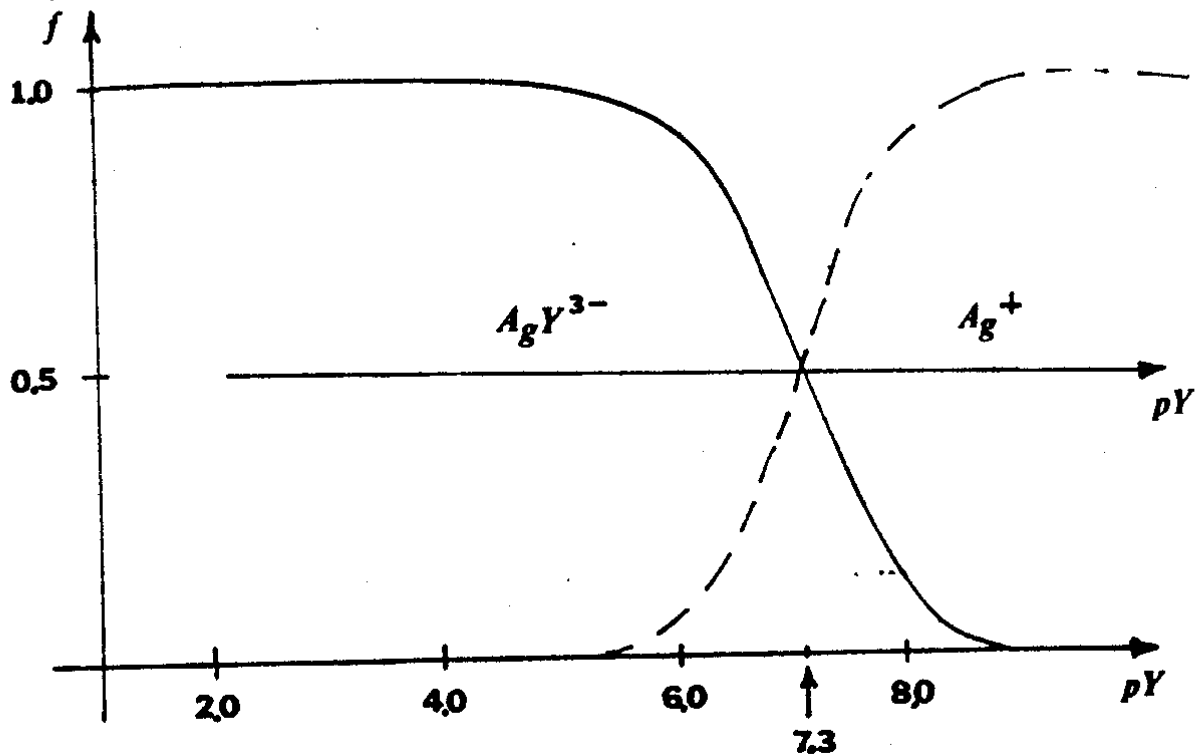


Fig. 3 Diagramas de distribución y de zonas de predominio para las especies de $Ag(I)$ en función del pY. (pY es el logaritmo decimal del inverso de la concentración molar del ión etilendiaminotetraacetato.) La línea punteada representa a $f_0(Ag^+)$ y la continua a $f_1(AgY^{3-}) \log K_{AgY^{3-}}^Y = 7.3$ (Charlot, 1967). El diagrama de zonas de predominio se ha superpuesto al de distribución cuando $f_0 = f_1$.

Fracciones molares de ML_2 , ML y M en el sistema.

El balance de materia para M en este tipo de sistemas queda:

$$|M_i| = |M| + |ML| + |ML_2| \quad (10)$$

Combinando las ecuaciones definidas por (1), (8) y (10) se tiene que:

$$|M_i| = M(1 + |L|\beta_1 + |L|^2\beta_2) \quad (11)$$

Ahora pueden definirse las fracciones molares f_i tales que:

$$f_i|M_i| = |ML_i| \quad \text{para } i \in \{0, 1, 2\}. \quad (12)$$

De las ecuaciones (11) y (12):

$$f_0 = (1 + |L|\beta_1 + |L|^2\beta_2)^{-1} \quad (13)$$

en tanto que, de (12), (1) y (8),

$$f_i = f_0\beta_i|L|^i \quad \text{para } i \in \{1, 2\}. \quad (14)$$

También en este caso se cumple que:

$$f_0 + f_1 + f_2 = 1$$

Diagramas de distribución para sistemas del tipo $L/M/ML/ML_2$.

Al obtener las fracciones molares f_0 , f_1 y f_2 a partir de las ecuaciones (13) y (14) y graficarlas contra la variable pL , se obtiene el diagrama de distribución de las especies de M para estos sistemas.

La figura 4 muestra tres casos posibles de diagramas de distribución para estos sistemas, que en su conjunto ayudan a comprender su comportamiento general.

De estas figuras se pueden obtener las siguientes relaciones generales:

- La fracción f_0 es una función monótonamente creciente de pL , con valores límite de 1.000 si $pL \rightarrow \infty$ y 0.000 si $pL \rightarrow -\infty$.
- La fracción f_2 es una función monótonamente decreciente de pL , con valores límite de 0.000 si $pL \rightarrow \infty$ y 1.000 si $pL \rightarrow -\infty$.
- A partir de la definición de f_1 y del cálculo diferencial se puede mostrar que f_1 es una función que pasa por un máximo cuando $pL = 0.5 \log \beta_2$.

• Asimismo, de la definición de f_1 y por igualación, se demuestra que:

$$\begin{aligned} f_0 = f_2 & \text{ si y sólo si } pL = 0.5 \log \beta_2, \\ f_0 = f_1 & \text{ si y sólo si } pL = \log K_{ML}^L, \\ \text{y } f_1 = f_2 & \text{ si y sólo si } pL = \log K_{ML_2}^L. \end{aligned}$$

Lo anteriormente expuesto muestra que:

$$\text{si } \log K_{ML_2}^{2ML} \rightarrow -\infty; \quad f_{1(\text{max})} \rightarrow 1$$

en tanto que:

$$\text{si } \log K_{ML_2}^{2ML} \rightarrow \infty; \quad f_{1(\text{max})} \rightarrow 0,$$

lo que hace que la constante de dismutación $K_{ML_2}^{2ML}$ sea una medida de la estabilidad intrínseca del anfolito ML y determina la forma del diagrama de distribución en este tipo de sistemas.

De esta manera, si se supone un sistema con $K_{ML_2}^{2ML}$ muy pequeña se obtiene un diagrama con forma similar al de la figura 4a (con $\log K_{ML_2}^L \ll \log K_{ML}^L$); conforme el valor de $K_{ML_2}^{2ML}$ vaya aumentando el diagrama se aleja de la forma anterior, pasando por el diagrama de la figura 4b (con $K_{ML_2}^{2ML} = 1$ o bien $\log K_{ML_2}^L = \log K_{ML}^L$) hasta llegar a la forma mostrada en la figura 4c, cuando $K_{ML_2}^{2ML}$ es muy grande ($\log K_{ML_2}^L \gg \log K_{ML}^L$).

De lo anterior, los sistemas $L/M/ML/ML_2$ se pueden subclasificar en dos grandes grupos; a saber: cuando se cumple $K_{ML_2}^{2ML} < 1$ y cuando se cumple que $K_{ML_2}^{2ML} \geq 1$.

Sistemas con $K_{ML_2}^{2ML} < 1$
(o bien $\log K_{ML_2}^L < \log K_{ML}^L$).

De las consideraciones generales se sabe que, para este caso, $f_{1(\text{max})} > f_0 = f_1$ si y sólo si $pL = 0.5 \log \beta_2$, dando entonces lugar a las siguientes condiciones suficientes y necesarias, características de este caso:

$$\begin{aligned} f_0 > f_1 & \text{ y } f_0 > f_2 \\ \text{si y sólo si } pL & > \log K_{ML}^L, \\ f_1 > f_0 & \text{ y } f_1 > f_2 \\ \text{si y sólo si } \log K_{ML_2}^L & < pL < \log K_{ML}^L \\ \text{y } f_2 > f_0 & \text{ y } f_2 > f_1 \\ \text{si y sólo si } pL & < \log K_{ML_2}^L, \end{aligned}$$

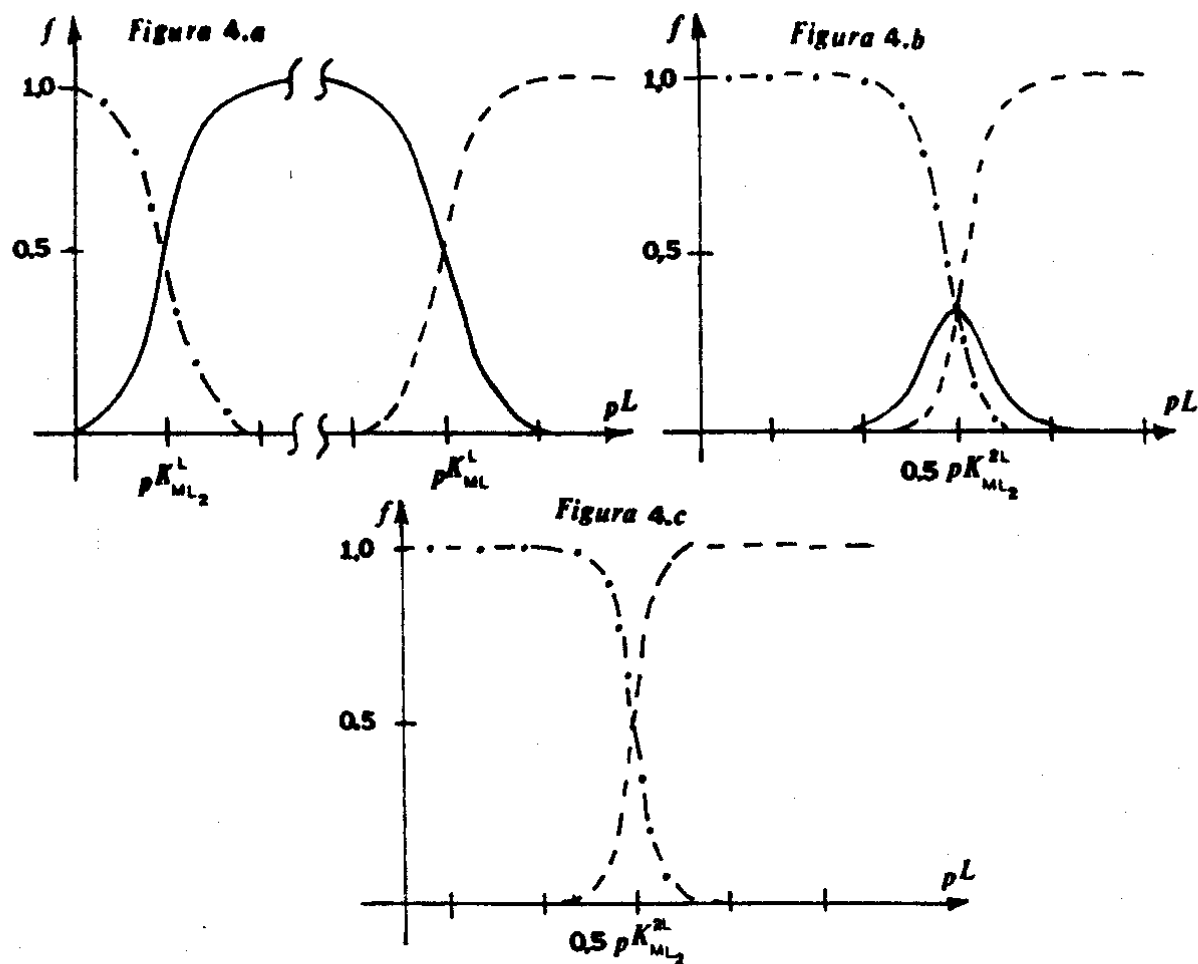


Fig. 4 Diagramas de distribución de algunos sistemas de $L/M/ML/ML_2$ en condiciones límite.

La línea punteada representa a f_0 , la continua a f_1 y la de puntos y rayas a f_2 . La figura 4a muestra el diagrama cuando $K_{ML_2}^{2ML} < 1$; nótese como $f_1 = 1.000$ en una amplia zona de pL . La figura 4b presenta el diagrama para $K_{ML_2}^{2ML} = 1$; obsérvese que para $pL = \log K_{ML}^L = K_{ML_2}^L = 0.5 \log \beta_2$ se cumple que $f_0 = f_1 = f_2 = 0.333$. La figura 4c es el diagrama que se obtiene cuando $K_{ML_2}^{2ML} > 1$; en este caso $f_1 = 0.000$ a cualquier valor de pL porque el anfolito ML es inestable.

Sistemas con $K_{ML_2}^{2ML} \geq 1$

(o bien $\log K_{ML_2}^L \geq \log K_{ML}^L$).

De las consideraciones generales se sabe que, para este caso, $f_1(\text{max}) \leq f_0 = f_2$ si y sólo si $pL = 0.5 \log \beta_2$, dando entonces lugar a las siguientes condiciones suficientes y necesarias, características de este caso:

$$f_0 = f_1 \quad \text{y} \quad f_0 > f_2$$

$$\text{si y sólo si } pL > 0.5 \log \beta_2$$

$$\text{y } f_2 > f_1 \quad \text{y} \quad f_2 > f_0$$

$$\text{si y sólo si } pL < 0.5 \log \beta_2$$

La información que se obtiene de los diagramas de distribución permite, como siempre llegar al establecimiento del diagrama de zonas de predominio.

Diagramas de zonas de predominio para sistemas del tipo $L/M/ML/ML_2$

Al igual que en los diagramas de distribución para este tipo de sistemas, puede tenerse cualquiera de dos casos diferentes:

Sistemas con $K_{ML_2}^{2ML} < 1$

(o bien $\log K_{ML_2}^L < \log K_{ML}^L$).

De las condiciones suficientes y necesarias de este caso se puede concluir que:

$$|M| > |ML| \quad \text{y} \quad |M| > |ML_2|$$

$$\text{si y sólo si } pL > \log K_{ML}^L$$

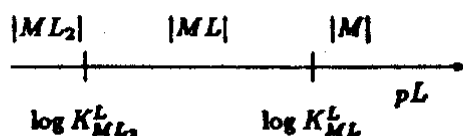
$$|ML| > |M| \quad \text{y} \quad |ML| > |ML_2|$$

$$\text{si y sólo si } \log K_{ML_2}^L < pL < \log K_{ML}^L$$

$$\text{y } |ML_2| > |M| \quad \text{y} \quad |ML_2| > |ML|$$

$$\text{si y sólo si } pL < \log K_{ML_2}^L;$$

lo que conduce al siguiente diagrama de zonas de predominio:



Cabe recordar en este punto que, a pesar de que la zona de predominio de una especie en particular señala que las propiedades del sistema dependen mayoritariamente de ella, esto no siempre significa que sea la única especie existente en él, particularmente en zonas próximas a los $\log K_{ML_i}^L$.

Sistemas con $K_{ML_2}^{2ML} \geq 1$

(o bien $\log K_{ML_2}^L \geq \log K_{ML}^L$).

En este caso se puede concluir que:

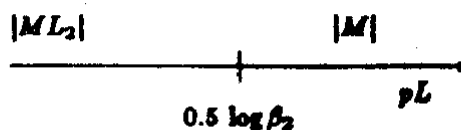
$$|M| > |ML| \quad \text{y} \quad |M| > |ML_2|$$

$$\text{si y sólo si } pL > 0.5 \log \beta_2$$

$$\text{y } |ML_2| > |ML| \quad \text{y} \quad |ML_2| > |M|$$

$$\text{si y sólo si } pL < 0.5 \log \beta_2;$$

lo que lleva al diagrama de zonas de predominio:



La interpretación de este diagrama de zonas de predominio debe ser particularmente cuidadosa. El hecho de que el anfolito ML del sistema no aparezca en el diagrama no significa que no exista. Esta aseveración es particularmente falsa cuando $K_{ML_2}^{2ML} \approx 1$, ya que se requiere que $K_{ML_2}^{2ML} > 10,000$ para que ML desaparezca prácticamente a cualquier condición dentro del sistema. En este caso, sin embargo, pueda considerarse que las propiedades fisicoquímicas del sistema estarán determinadas en su mayoría por las especies ML_2 y M , sobre todo lejos de la zona de $pL = 0.5 \log \beta_2$.

Ejemplos.

La figura 5 muestra los diagramas de distribución y de zonas de predominio en agua, a temperatura de 25°C y como función del pH , para la hidroquinona benecénica (representada por el símbolo H_2Q). Obsérvese en particular que existe una zona de predominio, comprendida entre los valores de pH de 9.9 a 12.0, para el anfolito HQ^- ; sin embargo, la fracción molar de HQ^- (f_1) no puede alcanzar el valor de 1.000, ya que el valor de la constante $K_{H_2Q}^{2HQ} = 10^{-2.1}$. Nótese también cómo a $pH = 10.95 = (9.9 + 12.0)/2$, esta misma fracción alcanza su valor máximo de 0.85, en tanto que se igualan f_0 (asociado a Q^{2-}) y f_2 (asociada a H_2Q) tomando ambas el valor de 0.075.

La figura 6 presenta los diagramas de distribución y de zonas de predominio en agua, a una temperatura de 25°C y como función del pOH , para las especies de mercurio en estado de oxidación ($II+$). Aunque se ve que el anfolito

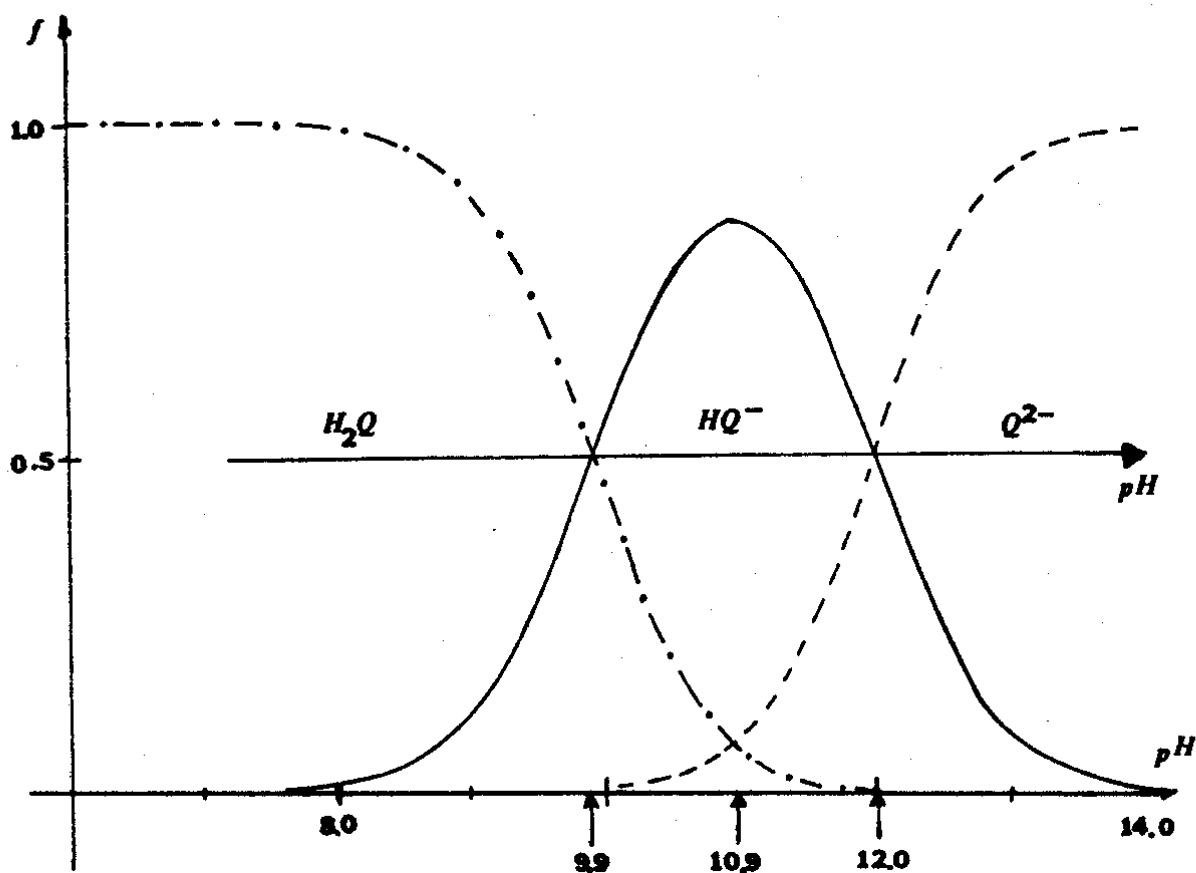


Fig. 5 Diagramas de distribución y de zonas de predominio para las especies de la parahidroquinona bencénica (H_2Q) en función del pH.

La línea punteada representa a f_0 (Q^{2-}), la continua a f_1 (HQ^-) y la de puntos y rayas a f_2 (H_2Q). En este caso $\log K_{HQ^-,H_2Q}^{H^+} = 12.0$ y $\log K_{H_2Q,HQ^-}^{H^+} = 9.9$ (Lange, 1978). Obsérvese en particular que aunque f_1 nunca es igual a 1.000 sí puede predominar en el sistema dentro de cierto intervalo de pH. El diagrama de zonas de predominio se ha superpuesto al de distribución cuando $f_0 = f_1$ y cuando $f_1 = f_2$.

$Hg(OH)^+$ no puede predominar en las disoluciones acuosas, ello no implica que no exista. En particular, para $pOH = 10.85$ (que corresponde a $pH = 3.15$), cuando se igualan f_0 (asociada a Hg^{2+}) y f_2 (asociada a $Hg(OH)_2$ soluble) al valor de 0.438, f_1 toma el valor máximo de 0.124; lo cual no resulta extraño ya que $\log K_{Hg(OH)^+}^{2Hg(OH)} = 10^{1.1}$ podemos concluir entonces que, a pesar de que el diagrama de zonas de predominio muestra que la especie $Hg(OH)^+$ (anfólito del sistema) no puede llegar a predominar, puede comprobarse su existencia en la zona de $9.4 < pOH < 12.3$ (o bien, $1.7 < pH < 4.6$).

Observaciones y comentarios

El estudio de diagramas de distribución y zonas de predominio debe, de hecho, extenderse a sistemas del tipo $L/M/ML/\dots/ML_n$ con $n \leq 6$, ya que se conocen varios sistemas en donde el número máximo de ligantes es mayor a 2 (pero por lo general menor a 6). Si bien las conclusiones que se obtienen para dichos sistemas son en esencia similares a las aquí discutidas (en cuanto a que la forma de los diagramas depende de las constantes de dismutación de los diferentes anfólitos presentes), el estudio general se complica por la gran cantidad de equilibrios que aparecen en el sistema y por la diversidad de relaciones existentes.

El tratamiento más general de sistemas en que se encuentran presentes tanto M como L incluye, además de las especies de tipo ML_n , especies polinucleares del tipo M_2L ; hasta M_nL_n , así como la posible saturación de la disolución para formar otra fase de composición M_nL_n . Estos efectos originan diagramas de distribución y zonas de predominio dependientes no sólo del pL , sino también de M_1 . Algunos métodos de construcción para estos casos así como variantes en los diagramas de distribución y zonas de predominio a los aquí presentados se encuentran reportados en la literatura (Högfeldt, 1979).

Como hemos visto, el establecimiento de diagramas de distribución y zonas de predominio requiere del conocimiento más completo y preciso posible de los equilibrios presentes en el sistema estudiado, así como de sus constantes de equilibrio. Para sistemas acuosos y a temperatura ambiente existen varias obras que pueden ser consultadas con este fin (Sillén, 1964; Lange, 1985; Martell, 1975; Ringbom, 1963; Baes, 1978). Aunque para otros disolventes, el establecimiento de los diagramas se puede obtener de manera si-

milar a las disoluciones acuosas, la información termodinámica no es accesible y, en muchas ocasiones, tampoco es confiable; sobre todo para solventes poco disociantes.

Conclusiones

El diagrama de zonas de predominio permite simplificar el estudio de las disoluciones, pues resalta cuál de las especies disueltas contribuye más a las propiedades fisicoquímicas de esos sistemas en condiciones dadas.

El estudio de los diagramas de zonas de predominio, a partir de los diagramas de distribución de especies químicas, permite establecer claramente las condiciones suficientes y necesarias que deben cumplir, las constantes termodinámicas de los equilibrios presentes en la disolución, para la construcción rápida de tales diagramas, en sistemas dependientes de una sola variable química (pL). Asimismo, esta presentación muestra el orden de magnitud de los errores cometidos al despreciar las especies no predominantes del sistema estudiado.

Referencias bibliográficas

- Baes, C., y Mesmer, R., 1978, *THE HYDROLYSIS OF CATIONS*, John Wiley, New York.
- Charlot, G., 1967, *COURS DE CHIMIE ANALYTIQUE GENERALE*, Masson, Paris, p. 41. vol. 1.
- Högfeldt, E., 1979, "Graphic presentation of equilibrium Data", en *TREATISE ON ANALYTICAL CHEMISTRY*. Kolthoff, I.M. y Elving, P.J. (Eds.) J. Wiley. New York; p. 1. vol. 2. part. 1.
- Lange, N.A., 1985, *LANGE HANDBOOK OF CHEMISTRY*. Dean, J.A. (Ed.), Mc Graw-Hill, New York.
- Martell, A.E. y Smith, 1975, "CRITICAL STABILITY CONSTANTS". vol. 1, 2, 3, 4, Plenum Press, New York.
- Pourbaix, M., 1974, "ATLAS OF ELECTROCHEMICAL EQUILIBRIUM AQUEOUS SOLUTION", N.A.C.G., Houston.
- Ramette, R.W., 1983, *EQUILIBRIO Y ANALISIS QUIMICO*, Fondo Educativo Interamericano, México, p. 742.
- Rozzotti, F.J.C., 1961, *THE DETERMINATION OF STABILITY CONSTANTS*. Mc Graw-Hill, New York.
- Ringbom, A., 1967, *LES COMPLEXES EN CHIMIE ANALYTIQUE*, Dunod, Paris, p. 276.
- Sillén, L.G., y A. Martell, 1964, *STABILITY*

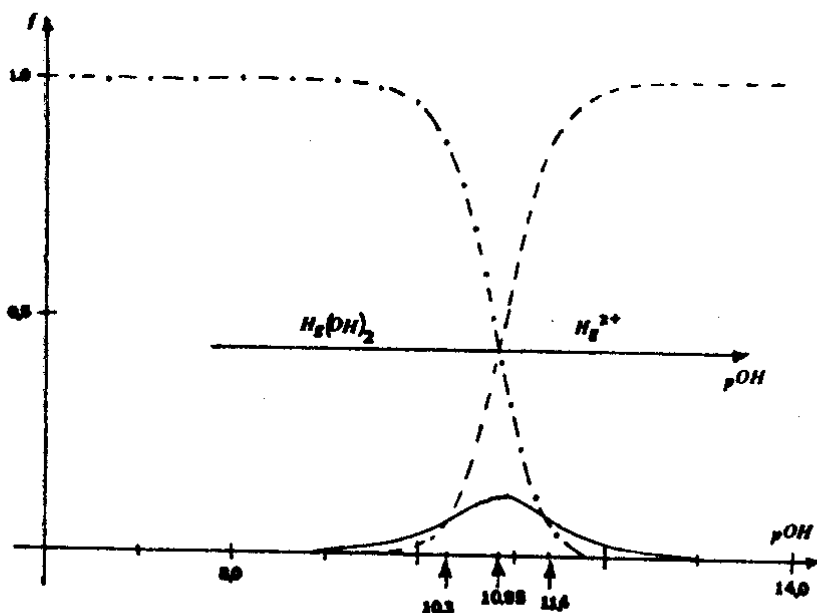


Fig. 6 Diagramas de distribución y de zonas de predominio para las especies de $Hg(II)$ en función del pOH . La línea punteada representa a $f_0 (Hg^{2+})$, la continua a $f_1 (HgOH^+)$ y la de puntos y rayas a $f_2 (Hg(OH)_2)$. En este caso $\log K_{HgOH^+}^{OH^-} = 10.3$ en tanto que $\log K_{Hg(OH)_2}^{OH^-} = 11.4$ (Ringbom, 1967). Es conveniente señalar que la especie $HgOH^+$ no puede predominar en el sistema aunque sí puede existir en cierto intervalo de pOH .

CONSTANTS OF METAL-ION COMPLEXES, Chemical Society, London.
Vicente-Pérez, S., 1979, QUIMICA DE LAS DISOLUCIONES: DIAGRAMAS Y CALCULOS GRAFICOS, Alhambra, Madrid, p. 144.

Lecturas recomendadas

Bard, A.J. EQUILIBRIO QUIMICO. (Ediciones del Castillo, Madrid, 1970).
Barrow, G.M. QUIMICA FISICA (Reverté, Barcelona, 1972).
Castellan, G.W. PHYSICAL CHEMISTRY. Addison-Wesley, Singapore, 1971.
Charlot, G. COURS DE CHIMIE ANALYTIQUE GENERALE. (Masson et Cie, Paris, 1967).
Demitras, G.C. et al. QUIMICA INORGANICA. (Prentice Hall International, Madrid, 1973).
Fried, V.; H.F. Hamerka y U. Blukis. PHYSICAL CHEMISTRY (Collier MacMillan, New York, 1977).
Huhey, J.E. INORGANIC CHEMISTRY. (Harper & Row, London, 1975).
Kotthoff, L.M. et al. QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS. (MacMillan, London, 1969).
Lagowsky, J.J. QUIMICA INORGANICA MODERNA. (Reverté, Barcelona, 1975).

Mahan, B.H. QUIMICA CURSO UNIVERSITARIO. (Fondo Educativo Interamericano, México, 1973).
Moore, J.; Davies, W.G., Collins, R.W. (Mc Graw Hill, E.U.A. 1982).
Mortimer, C.H.E. QUIMICA. (Grupo Editorial Iberoamérica, E.U.A., 1983).
Pourbaix, M. ATLAS OF ELECTROCHEMICAL EQUILIBRIA IN AQUEOUS SOLUTIONS. (Pergamon Press, New York, 1966).
Ramette, R.W. EQUILIBRIO Y ANALISIS QUIMICO. (Fondo Educativo Interamericano, México, 1983).
Ringbom, A. LES COMPLEXES EN CHIMIE ANALYTIQUE. (Dunod, Paris, 1967).
Vicente-Pérez, S. QUIMICA DE LAS DISOLUCIONES: DIAGRAMAS Y CALCULOS GRAFICOS. (Alhambra, Madrid, 1979).

Abstract

We propose a simultaneous presentation of the distribution diagrams and of the predominance zones diagrams in the study of chemical species in solution. This presentation helps in the understanding of the predominance zones diagrams, as well as of their applications and limitations.