Transferencia de la 4-tritilanilina a través de la interfase de dos soluciones electrolíticas inmiscibles

Oscar F. Mijangos-Ricárdez[1], Judith Amador-Hernández[2], Miguel Velázquez-Manzanares[3]

Fecha de recepción: 1 de agosto de 2012 – Fecha de aprobación: 17 de agosto de 2012

RESUMEN
En este trabajo se estudió el comportamiento electroquímico de la 4-tritilanilina en un sistema bifásico (agua|1,2-dicloroetano), con el fin de dilucidar la transferencia de moléculas a través de barreras hidrofóbica o procesos de extracción selectiva. El estudio se llevó a cabo por voltamperometría cíclica. Las señales voltamperométricas mostraron que la transferencia de esta molécula a través de la interfase dependió del pH de la fase acuosa. Se demostró en base a un diagrama iónico de partición tipo Pourbaix (potencial-pH) que esta molécula tiene un comportamiento dual; a pH < 2.2 la molécula se transfiere completamente a través de la interfase, mientras que a pH > 2.2 la molécula permanece en la fase orgánica y actúa como un acarreador de H^+. Tales resultados contribuyen a la compresión de la transferencia de moléculas orgánicas en sistemas bifásicos, ampliamente distribuidas en el ambiente.

Palabras clave: interface líquido|líquido, IDSEI, 4-tritilanilina, voltamperometría cíclica.

Transfer of 4-tritylaniline across the interface of two immiscible electrolyte solutions

ABSTRACT
In this work, it was studied the electrochemical behavior of the 4-tritylaniline in biphasic system (water|1,2-dichloroethane), in order to understand the transfer of organic molecules through hydrophobic barriers such as the selective extraction. This was carried out by traditional electrochemical techniques such as cyclic voltammetry. The results showed that the transfer of the 4-tritylaniline across the interface was dependent on the pH of the aqueous phase. It was constructed a ionic partition diagram (potential-pH) to establish the transfer mechanism of the 4-tritylaniline across the interface; it was found that at pH < 2.2 the molecule is transferred completely across the interface as a protonate form, while at pH > 2.2 the molecule remains in the organic phase and acts as mobile carrier of H^+ across the two immiscible liquids. These results contribute to the comprehension of the transfer of organic molecules in biphasic systems, widely distributed in the environment.

Key words: liquid|liquid interface, ITIES, 4-tritylaniline, cyclic voltammetry.

---

[1]Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez, Av. Universidad S/N, C.P. 68725, Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tel: 52 (287) 87 592 40, ext 220.
[2]Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan, Circuito Central, No. 200, Col. Parque Industrial, C. P. 68301, Tuxtepec, Oaxaca.
[3]Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan, Circuito Central, No. 200, Col. Parque Industrial, C. P. 68301, Tuxtepec, Oaxaca. Correo electrónico: mvelazquez@unpa.edu.mx
Nota: El período de discusión está abierto hasta el 1° de marzo de 2013. Este artículo de investigación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 16, No.2, 2012, ISSN 1665-529-X.

Introducción

La interfase de dos soluciones electrolíticas inmiscibles (IDSEI) se considera una valiosa herramienta dentro de la electroquímica para estudiar los fenómenos de transferencia y/o extracción de especies cargadas a través de barreras hidrofóbicas (agua|solvente orgánico). El proceso de transferencia de carga a través de la interface formada entre los dos líquidos inmiscibles se lleva a cabo bajo el efecto de un potencial eléctrico estrictamente controlado (Vanýsek y Basáez 2008).

La IDSEI se ha usado para modelar los mecanismos de transferencia iónica a través de membranas biológicas. El profesor Koryta fue el pionero en postular que la interfase agua|solvente orgánico se comporta como una interfase metal|solución de electrolito (Koryta *et al.* 1976); de esta manera, las técnicas de la electroquímica tradicional como la voltamperometría cíclica y la espectroscopía de impedancia electroquímica han sido aplicadas al estudio de la transferencia de carga a través de la IDSEI (Masayuki *et al.* 2001).

Por otro lado, la anilina es la amina aromática más simple y más utilizada en la industria química; consta de un grupo NH_2 unido a un benceno (véase figura 1). Las anilinas se utilizan principalmente como productos intermedios en la fabricación de colorantes y pigmentos; algunas de ellas son también sustancias intermedias en la fabricación de productos farmacéuticos, herbicidas, insecticidas y sustancias químicas para el proceso del caucho (Perry *et al.* 2000). Específicamente, la 4-tritilanilina ($C_{25}H_{21}N$-, también llamada 4-trifenilmetilanilina o p-aminotetrafenilmetano, está clasificada dentro de las aminas aromáticas. Es una molécula muy hidrofóbica debido a su estructura química, razón por la cual resultó de gran interés evaluar su comportamiento electroquímico en el sistema IDSEI.

Se han llevado a cabo estudios de la transferencia de moléculas orgánicas en IDSEI, los cuales se han enfocado en los mecanismos de la partición de drogas de importancia farmacológica como el peroxicam y la quinidina (Reymond *et al.* 1996a); (Reymond *et al.* 1996b). En estos trabajos, se realizaron estudios termodinámicos de la transferencia del protón a través de la interfase agua|1,2-dicloroetano; para ello, los autores construyeron diagramas de partición iónica para especies ionizables en función del pH y el potencial interfacial de Galvani ($\Delta_o^w\phi$). Estos estudios proporcionan información importante para elucidar si un fármaco se transfiere completamente en su forma ionizable a través de la interfase o actúa como un acarreador de protones.

En nuestro grupo de trabajo se ha demostrado que es posible estudiar a través del sistema IDSEI la transferencia de una serie de herbicidas de la familia de las triazinas, determinándose el mecanismo de transferencia de estas moléculas en la interfase agua|1,2-dicloroetano (Velázquez-Manzanares *et al.* 2008). Con este sistema también es posible estudiar los procesos cinéticos de la transferencia de carga a través de la interfase entre los dos líquidos inmiscibles (Velázquez-Manzanares *et al.* 2004), así como los procesos de extracción de metales pesados facilitados por ionóforos de naturaleza hidrofóbica como los diazadibenzo coronados (Guerrero-Trejo *et al.* 2010). Recientemente, la IDSEI se ha empleado para estudiar la reducción interfacial de oxígeno molecular mediante una serie de porfirinas utilizadas como mediadores, enfocándose en la actividad catalítica selectiva de las porifirinas a partir del conocimiento de los potenciales de oxidación/reducción de las especies involucradas en sus respectivas fases, evitando la tradicional presencia de metales preciosos de alto costo (Olaya *et al.* 2012). Otros estudios en IDSEI se han enfocado en la extracción de heparina a través de la interfase líquido|líquido (Amemiya *et al.* 2011).

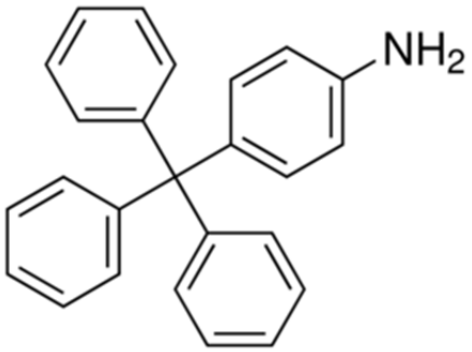

Figura 1. Estructura química de la 4-tritilanilina.

Así, el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento electroquímico de la 4-tritilanilina en la interface agua|1,2-dicloroetano, con el fin de determinar el mecanismo de transferencia de esta molécula a través de un sistema bifásico.

Metodología

Se utilizó el 1,2-dicloroetano (1,2-DCE) como fase orgánica (Aldrich, grado HPLC), mientras que para la fase acuosa se usó agua ultrapura obtenida mediante un ultrapurificador (Easypure UV, Barnstead). El electrolito soporte de fase orgánica fue el tetrakis-4-clorofenilborato de tetrafenilarsénico ($TPAs^+$ $TPBCl^-$), el cual se preparó por precipitación a partir del cloruro de tetrafenilarsénico (TPAsCl, Aldrich) y el tetrakis4-clorofenilborato de potasio (KTPBCl, Fluka). A partir de una disolución acuosa de TPAsCl y una disolución de KTPBCl en acetona en una relación equimolar, ambas se mezclaron hasta la formación de un precipitado blanco, el cual se filtró y secó, para después cristalizarlo por triplicado en acetona. En la fase acuosa se utilizó LiCl y/o HCl (Sigma) como electrolito. La 4-tritilanilina (fig. 1) con pureza > 97% fue de Aldrich.

Los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica de vidrio de cuatro electrodos, en el cual un electrodo Ag|AgCl y un contraelectrodo de Pt se colocaron en cada fase, donde los electrodos de Ag|AgCl fueron proyectados hacia la interfase a través de un capilar de Luggin. El volumen de la fase acuosa fue del orden de 2 mL y el de la fase orgánica fue de 1.3 mL, por lo cual la cantidad de disolvente y sales orgánicas utilizadas fue mínima.

El pH de la fase acuosa se modificó con ácido sulfúrico (H_2SO_4, Baker, grado reactivo) y sus valores fueron determinados directamente en la celda con un micro electrodo (semi-micro, Orión, USA) conectado a un pHmetro (Termo Orión 720 A, USA).

La técnica electroquímica de voltamperometría cíclica se llevó a cabo por medio de un potenciostato/galvanostato (PGASTAT30, Autolab, Holanda), controlado a través de una computadora Pentium IV marca Dell. La obtención y almacenamiento de datos se realizó con el programa GPES. Para el manejo de los datos se utilizó el programa Origin (versión 5.0).

Se utilizó la siguiente configuración de celda para el estudio electroquímico de la 4-tritilanilina:

CELDA I

$Ag/AgCl_1$	TPAsCl(a) 0.01 M	TPAsTPBCl(o) 0.01 M	α	HCl(a) 0.01 M	$Ag/AgCl_2$

4-tritilanilina

donde (a) y (o) son las fases acuosa y orgánica, α representa la interfase en estudio, $Ag/AgCl_1$ y $Ag/AgCl_2$ son los electrodos de referencia en cada fase. Los experimentos se llevaron a cabo a una temperatura de 25 ± 2°C y una humedad promedio de 80-82%. Para los experimentos electroquímicos la celda se situó en una caja de Faraday. Los potenciales fueron reportados en la escala de Galvani y se calcularon de acuerdo a (Wiles *et al.* 1990):

$$E_{CELDA} = \Delta_o^a\phi - \Delta_o^a\phi_{TPAs^+} \qquad (1)$$

donde E_{CELDA} es el potencial aplicado a la celda con el potenciostato, $\Delta_o^a\phi$ es la diferencia de potencial interfacial de Galvani acuoso-orgánico y $\Delta_o^a\phi_{TPAs^+}$ la diferencia de potencial de referencia de unión liquida acuoso–orgánico (Cunnane *et al.* 1988). El potencial estándar de transferencia, $\Delta_o^a\phi^o_{TPAs^+}$ para $TPAs^+$ se tomó como -0.364 V (Koryta *et al.* 1977).

Resultados y discusión

Voltamperometría cíclica para la 4-tritilanilina en IDSEI

En la figura 2 se muestra el potencial de ventana dado por el electrolito soporte (línea base) obtenido con la celda I. Como puede observarse, se tiene una ventana de potencial lo suficientemente amplia para los experimentos con la molécula de interés. También se observa la transferencia de los iones que forman parte del electrolito soporte en los extremos de potencial. A potenciales positivos la fase acuosa se vuelve más positiva respecto a la fase orgánica; la ventana de potencial está limitada por la transferencia del $TPBCl^-$ que va de la fase orgánica a la fase acuosa, mientas que el H^+ comienza a pasarse a la fase orgánica, lo cual se manifiesta por los picos de corriente. Al inver-

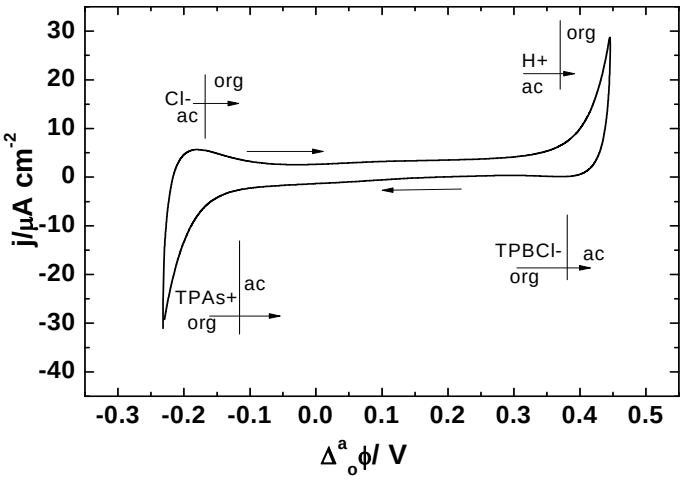

Figura 2. Voltamperograma cíclico de los electrolitos (línea base): HCl 0.01M y TPAsTPBCl 0.01M en la fase acuosa y orgánica, respectivamente. La velocidad de polarización fue 50 mV/s.

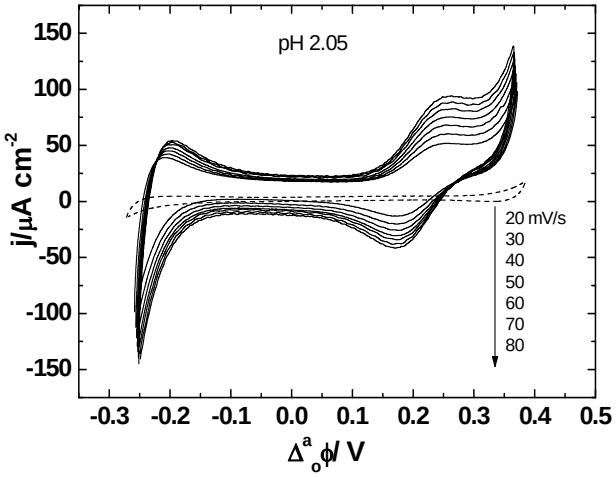

Figura 3. Voltamperograma cíclico de la transferencia de la 4-tritilanilina (0.52 mM) a través de la interfase agua/1,2-DCE a pH 2.05, a diferentes velocidades de polarización.

tir el barrido, ambas especies químicas regresan a sus respectivas fases. Cuando la aplicación del potencial alcanza valores menos positivos, la fase acuosa se hace menos positiva respecto a la fase orgánica por lo que $TPAs^+$ se transfiere a la fase acuosa mientras que el Cl^- se mueve a la fase orgánica. A la parte central de la ventana de potencial se le conoce como la región polarizable, donde no hay corriente de transferencia. La TPAsTPBCl es una sal muy hidrofóbica, pero que se disocia muy bien e incrementa la conductividad del 1,2-DCE disminuyendo la resistencia cuando se aplican las técnicas electroquímicas. La interfase generada con el 1,2-DCE es la más nítida y limpia que se puede formar, ya que -junto con la sal orgánica en cuestión contribuyen a la formación de una ventana de potencial considerable. Para valores de pH menos ácidos se utilizó como electrolito soporte el LiCl en lugar del HCl; la explicación de la línea base es parecida.

Cuando la 4-tritilanilina se introduce en la fase orgánica (figura 3), se deja transcurrir un periodo de tiempo para que la distribución de la molécula en el sistema bifásico alcance el equilibrio (proceso termodinámico) y posteriormente la interfase se polariza eléctricamente. La 4-tritilanilina presenta gran hidrofobicidad, por lo que tiene gran afinidad por el 1,2-DCE. Sin embargo, esta molécula se particiona en la fase acuosa, como se puede apreciar en los voltamperogramas ya que las corrientes positivas observadas se pueden diferenciar fácilmente de la señal de corriente del electrolito soporte (línea punteada). El presente experimento se llevó a cabo a pH = 2.05, condición de acidez en la que la molécula se encuentra completamente protonada, por lo que la corriente positiva corresponde a la transferencia de la

4-tritilanilina de la fase acuosa a la fase orgánica. Cuando el barrido de potencial se invierte, puede observarse un pico de corriente negativa debido a que la molécula regresa a la fase acuosa. La diferencia de potencial de Galvani de onda media $\left(\Delta_o^a \phi_{1/2}\right)$ para la transferencia de la 4-tritilanilina es de 0.207 V, con una separación de los picos anódicos y catódicos entre 60 a 70 mV, lo cual corresponde a la transferencia de una carga de forma reversible, como puede predecirse a través de la ecuación de Nernst.

La transferencia de la 4-tritilanilina depende de un proceso difusional, dado que los picos de corriente positiva y negativa permanecen en el mismo potencial al representarse gráficamente la corriente pico en función de la raíz cuadrada de la velocidad de polarización, que genera una relación lineal (figura 4). Este comportamiento se puede describir utilizando la ecuación de Randles-Sevcik (Bard y Faulkner 1980):

$$i_p = 2.69x10^5 c^o n^{3/2} A D^{1/2} \nu^{1/2} \qquad (1)$$

donde i_p es el pico de corriente (positiva o negativa), *A* es el área de contacto entre los dos solventes, ν es la velocidad de polarización, c^o es la concentración de la especie en la celda, n es el número de carga transferida y *D* es el coeficiente de difusión.

Así, los valores de los coeficientes de difusión encontrados en esta condición de acidez fueron $D_{AH_3^+}(a) = 3.68\,x\,10^{-6}$ y $D_{AH_3^+}(o) = 2.73\ x10^{-6}\ cm^2\ s^{-1}$ para la transferencia de la 4-tritilanilina de la fase acuosa a la orgánica y viceversa, respectivamente. Estos valores están dentro del intervalo de constantes de difusión calculados para otras especies químicas (Reymond *et al.* 1999a).

Se realizaron experimentos a diferentes pH para observar el comportamiento electroquímico de la 4-tritilanilina. El pH se modificó con H_2SO_4 para no incrementar la concentración de iones Cl^- y evitar el afectar el potencial de los electrodos de referencia (Ag/AgCl).

El comportamiento electroquímico de la 4-tritilanilna a otros valores de pH se muestra en la figura 5. Cuando la amina aromática es adicionada a la fase orgánica, se puede observar una señal significativa y diferenciable de la línea base (figura 5a), tras realizar el experimento a diferentes velocidades de polarización. Conforme el pH aumenta, el pico de corriente se desplaza más hacia potenciales más positivos; es decir, la transferencia de la especie cargada se lleva a cabo a potenciales más positivos. Bajo estas condiciones de acidez se puede considerar que la molécula atrapa el protón en la vecindad de la interfase; es decir, el grupo amino se protona por lo que la corriente positiva observada en el voltamperograma cíclico corresponde a un proceso de transferencia facilitada. En cierta forma, el potencial induce un aumento de protones en la interfase, por el lado de la fase acuosa, produciéndose la protonación de la 4-tritilanilina; a partir de aquí se establece un equilibrio. Cuando el barrido de potencial se invierte, el pico negativo indica que la molécula se disocia y permanece en la fase orgánica, mientras que el protón regresa a la fase acuosa. Este proceso depende del potencial aplicado y del equilibrio ácido base de la especie.

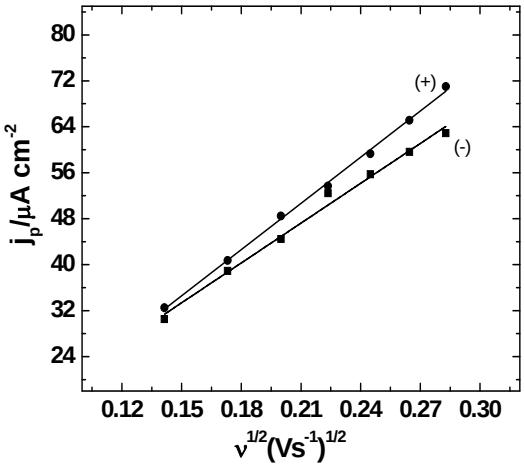

Figura 4. Relación entre los picos de corriente positiva (+) y negativa (-) en función de la raíz cuadrada de la velocidad de polarización para la transferencia de la 4-tritilanilina.

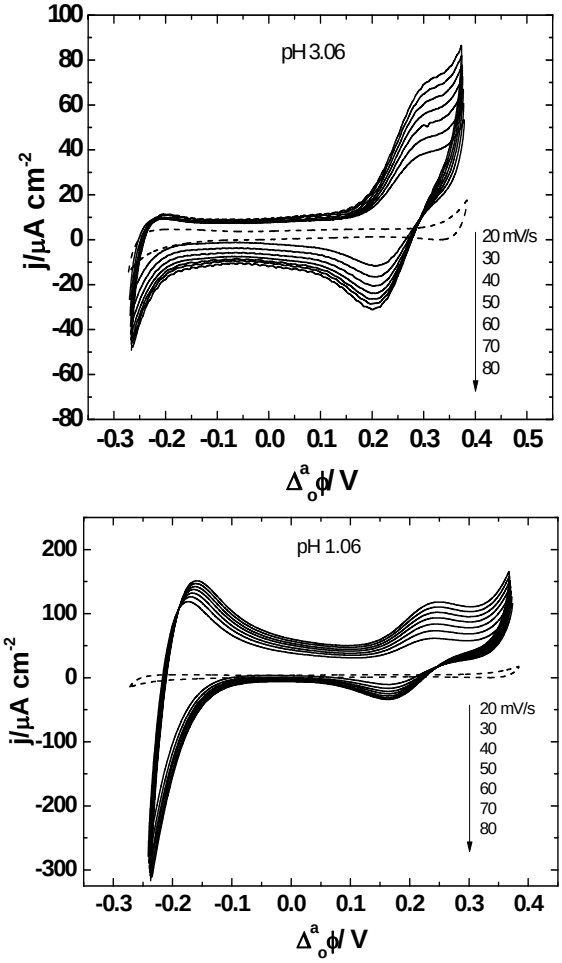

Figura 5. Voltamperogramas cíclicos para la transferencia de la 4-tritilanilina (0.52mM) a diferentes pH.

Para condiciones muy ácidas, el equilibrio ácido base está dominado por una distribución igual en ambas fases de la especie protonada. Así la interpretación del voltamperograma cíclico de la figura 5b corresponde a la transferencia de la 4-tritilanilina protonada hacia la fase orgánica (corriente positiva) y el pico negativo corresponde al regreso de la molécula protonada a la fase acuosa. Así, en todas las condiciones de pH estudiadas, se observó sólo un pico reversible, indicando la transferencia de una sola especie química cargada a través de la interfase. En resumen, la aplicación del potencial eléctrico permite manipular el equilibrio de la distribución de la especie química cargada a través de la interfase agua|1,2-DCE. Es posible observar que a potenciales negativos de -0.25 a -0.2 se presentan corrientes muy grandes respecto a la señal donde la molécula de interés se transfiere; estos picos se deben a la transferencia del anión SO_4^{2-} provenientes de H_2SO_4.

Diagrama iónico de partición de la 4-tritilanilina

Cuando dos líquidos inmiscibles se ponen en contacto, la distribución de diferentes especies (iónicas y neutras) ocurre espontáneamente. La partición de especies neutras depende primeramente de la naturaleza del disolvente, mientras que la partición de las especies iónicas está limitada por el hecho de que la electroneutralidad puede mantenerse entre las dos fases adyacentes. Además, la partición de iones resulta de una diferencia de potenciales eléctricos internos entre las dos fases, llamada diferencia de potencial de Galvani (Reymond *et al.* 1999b).

En estudios recientes se han empleado los diagramas iónicos de partición para entender los fenómenos de partición de fármacos y así representar su perfil de solubilidad como una función del pH y el potencial interfacial (Gobry *et al.* 2000).

El estudio de la transferencia de la 4-tritilanilina en la IDSEI se realizó, como se discutió anteriormente, a diferentes condiciones de pH. A partir de estos experimentos se construyó el diagrama iónico de partición (figura 6). Previamente se han discutido los

diagramas de partición para especies iónicas (Reymond *et al.* 1996a; Reymond *et al.* 1996b; Reymond *et al.* 1999a; Reymond *et al.* 1999b). Así, la ecuación de Nernst para el equilibrio de especies iónicas a través de la IDSEI se puede representar de acuerdo a:

$$\Delta_o^a\varphi = \Delta_o^a\varphi^{0'}_{AH^+} + \frac{RT}{ZF}\ln\frac{a^o_{i+}}{a^a_{i+}} \qquad (2)$$

donde $\Delta_o^a\varphi^{0'}_{AH^+}$ es el diferencia de potencial formal de transferencia para el compuesto iónico, a^a_{i+} and a^o_{i+} son las actividades de la especie iónica en la fase acuosa y orgánica, respectivamente.

Dado que la 4-tritilanilina solo tiene un grupo ionizable, esta molécula funciona como una monobase, de manera que el diagrama iónico de partición estará constituido por tres líneas. La primera es cuando el potencial de Galvani no depende del pH, donde el potencial permanece constante por lo que se dibuja una línea horizontal ajustando los puntos experimentales con el equilibro de las especies químicas entre ambas fases cuando sus actividades se consideran igual en ambas fases. De esta manera, la ecuación (2) puede escribirse como:

$$\Delta_o^a\varphi = \Delta_o^a\varphi^{0'}_{AH^+} \qquad (3)$$

La segunda línea puede dibujarse paralela al eje "*y*" porque la partición de la 4-tritilanilina a través de la interfase depende del pK_a^a . La ecuación para esta línea es (Reymond *et al.* 1996c):

$$pH = pK_a^a \qquad (4)$$

Por su parte, la dependencia del potencial del pH se puede ver en la pendiente de valor distinta a cero (m= 50 mV) y puede explicarse con la siguiente ecuación:

$$\Delta_o^a\varphi = \Delta_o^a\varphi^{o'}_{AH^+} + \frac{2.3RT}{F}(pH - pK_a^a) \qquad (5)$$

Para esta molécula no se encontró su valor de pK_a^a. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en el diagrama y como se ha demostrado en estudios similares (Reymond *et l.* 1996c), la intersección entre las pendientes descritas por las ecuaciones 3, 4 y 5, coincide con el pK_a^a de la sustancia de interés. En este caso, se estima que el pK_a^a de la 4-tritilanilina es 2.3.

De acuerdo al equilibrio iónico de partición, a pH < pK_a^a la molécula se encuentra completamente protonada, por lo que se observa la transferencia completa de esta especie química a través de la interfase; el fenómeno puede explicarse en términos del siguiente equilibrio:

$$A_{(o)} \overset{I}{\rightleftharpoons} A_{(a)} + H^+_{(a)} \overset{II}{\rightleftharpoons} AH^+_{(o)} \overset{III}{\rightleftharpoons} AH^+_{(a)} \qquad (6)$$

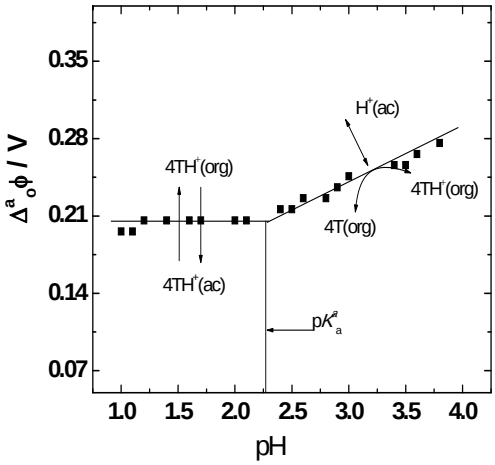

Figura 6. Diagrama de partición iónica para la 4-tritilanilina, a través de la interfase agua|1,2-dicloroetano.

donde A es la 4-tritilanilina en forma neutra y AH^+ es la molécula portonada, *a* y *o* son las fases acuosa y orgánica, respectivamente. La reacción III es la predominante cuando pH < pK_a^a. En el caso contrario, a pH > pK_a^a la 4-tritilanilina está predominantemente en fase orgánica, de manera que la molécula actúa como un acarreador de protones, ya que presenta una dependencia del pH. Esto se puede explicar a partir del siguiente equilibrio:

$$A_{(o)} + H^+_{(a)} \rightleftarrows AH^+_{(o)} \qquad (7)$$

En este caso, el protón se aproxima a la interfase donde es atrapado por la molécula orgánica confinada en la fase orgánica, de manera que se lleva a cabo un mecanismo interfacial de protonación/disociación (figura 7).

Conclusiones

Se pudo estudiar el comportamiento electroquímico de la molécula 4-tritilanilina a través de la interfase agua|1,2-DCE. Se observó que esta molécula, a pesar de su estructura química hidrofóbica, es capaz de transferirse por completo en forma protonada a través de la interfase cuando el pH < pK_a^a mientras que en condiciones de pH > pK_a^a la 4-tritilanilina actúa como un acorredor de protones. Lo anterior muestra que el sistema IDSEI puede ser empleado para estudiar los procesos de extracción selectiva de moléculas de importancia ambiental, metales pesados, así como realizar estudios de partición de fármacos en su forma iónica.

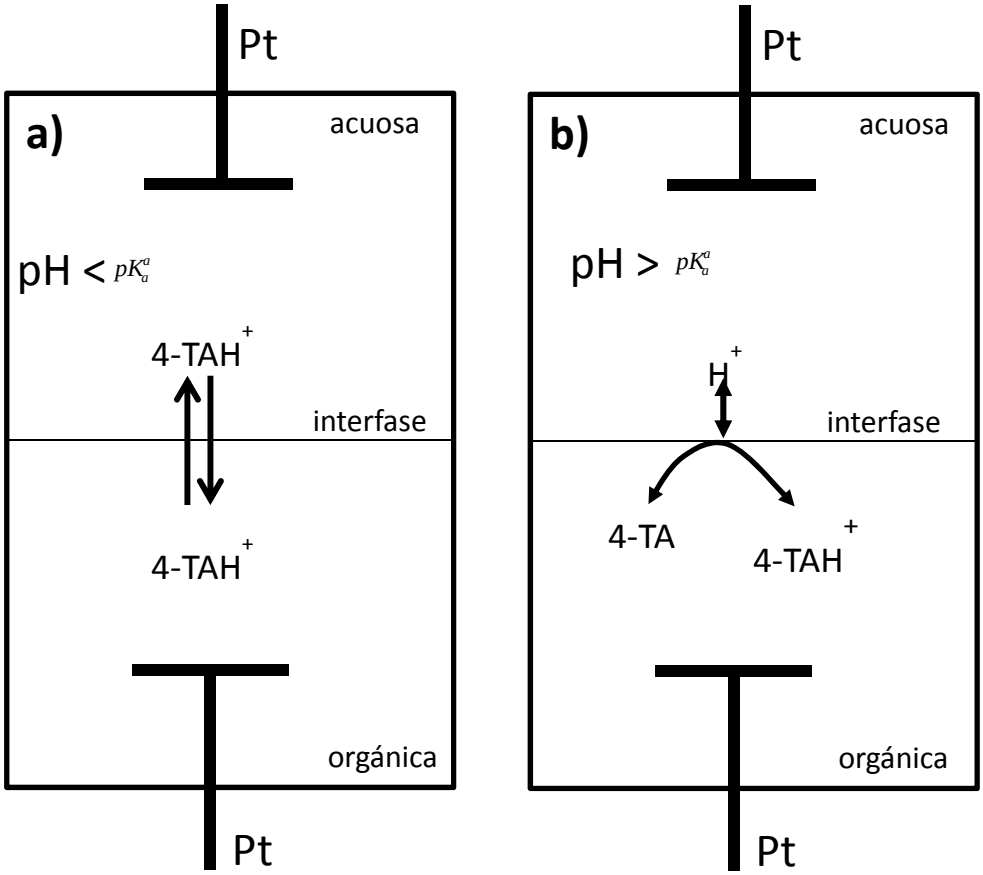

Figura 7. Proceso de transferencia de la 4-tritilanilina a través de la interfase agua|1,2-DCE: a) transferencia completa de la molécula protonada; b) transferencia facilitada de protones.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SEP-CONACYT) por el apoyo financiero para la realización de este trabajo (proyecto: CB-2010/152918).

Referencias

Amemiya S., Kim Y., Ishimatsu R., Kabagambe B. (2011). Electrochemical heparin sensing at liquid/liquid interfaces and polymeric membranes. ¨Analytical and Bioanalytical Chemistry¨, 399, 571–579.

Bard A. J., Faulkner L. R. (1980). ¨Electrochemical methods: fundamentals and Applications¨, John Wiley & Sons., New York . pg. 218

Cunnane V. J., Schiffrin D. J., Beltran C., Geblewicz G., Solomon T. (1988). The role of phase transfer catalysts in two phase redox reactions. ¨Journal of Electroanalytical Chemistry¨, 247, 203-214.

Gobry, V., Bouchard, G., Reymond, F., Carrupt, A., Testa, B., Girault, H. H. (2000). Physicochemical characterization of sildenafil: Ionization, lipophilicity behavior and ionic-partition diagram studied by two-phase titration and electrochemistry. ¨Helvetica Chimica Acta¨, 83, 1465-1472.

Guerrero-Trejo, G., Aguilar J. C., Amador-Hernández J., Velázquez-Manzanares M. (2010). Electrochemical studies of polyether N,N-di(methylenecarboxyethoxy) 4,10-diaza-2,3,11,12-dibenzo-18-crown-6 at the water|1,2-dichloroethane interface. ¨Journal of Electrochemical Society¨, 157(10) F144-F148.

Koryta J., Vanysek P., Brezina M. (1976). Electrolysis with an electrolyte dropping electrode ¨Journal Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry¨, 67, 263-266.

Koryta J., Vanysek P., Brezina M. (1977). Electrolysis with electrolyte dropping electrode II. Basic properties of the system ¨Journal Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry¨, 75, 211-228.

Masayuki I., Fukushima F., Hiro, Yuki I., Kunihiro W. (2001). Electrochemical impedance spectroscopy study on the solvent extraction mechanism of Ni(II) at the water |1,2-dichloroethane interface. ¨Journal of Electroanalytical Chemistry¨, 504, 96-103.

Olaya A. J., Schaming D., Brevet P.-F. S. Nagatani H., Zimmermann T., Vanicek J., Xu H.-J., Gros C. P., Barbe J.-M., Girault H. H.. (2012). Self-assembled molecular rafts at liquid|liquid interfaces for four-electron oxygen reduction. ¨Journal of the American Chemical Society¨, 134, 498−506.

Perry, R.H., Green, D. W., Maloney, J. O. (2000). ¨Manual del Ingeniero Químico¨, tomo II, Mc Graw-Hill, México. secc. 27.

Reymond F., Steyaert G., Pagliara A., Carrupt P-A., Testa B., Girault H. (1996a). Transfer mechanism of ionic drugs: piroxicam as an agent facilitating proton transfer. ¨Helvetica Chimica Acta¨, 79, 1651-1659.

Reymond F., Steyaert G., Pagliara A., Carrupt P-A., Testa B., Girault H. (1996b). Mechanism of transfer of a basic drug across thewater/l,2-dichloroethane interface: the case of quinidine. ¨Helvetica Chimica Acta¨, 79, 101-116.

Reymond, F., Chopineaux-Courtois, V., Steyaert, G., Bouchard, G., Carrupt, P.A., Testa, B., Girault, H. H. (1999a). Ionic partition diagrams of ionisable drugs: pH-lipophilicity profiles, transfer mechanisms and charge effects on solvation. ¨Journal of Electroanalytical Chemistry¨, 462, 235-250.

Reymond, F., Carrupt, P.A., Testa, B. and Girault, H.H. (1999b). Charge and delocalisation effects on the lipophilicity of protonable drugs. ¨ Chemistry - A European Journal ¨, 5, 39-47

Reymond F., Steyaert G., Carrupt P-A., Testa B., Girault H. (1996c). Ionic partition diagrams: a potential-pH representation. ¨Journal of the American Chemical Society¨, 118, 11951-11957.

Vanýsek P., Basáez L. (2008) Interface between two immiscible liquid electrolytes: a review. ¨Journal of the Chilean Chemical Society¨, 53(2), 1455-1463.
Velázquez-Manzanares, M., Amador-Hernández, J., Cisneros-Cisneros C., Heredia-Lezama. K. A., (2008). Triazine herbicides transfer at the water/1,2-dichloroethane interface. ¨Journal of Electrochemical Society¨, 155(10), F218-F222.

Velázquez-Manzanares, M.**,** Schiffrin, D. J. (2004). Kinetics of facilitated proton transfer by aromatic amines across the water/1,2-dichloroethane interface. ¨Electrochimica Acta¨, 49, 4651-4658.

Wiles M. C., VanderNooot T. J., Schiffrin D. J. (1990). Electrosorption of amphiphilic affinity dyes at liquid-liquid interfaces for biosensor applications. ¨Journal of Electroanalytical Chemistry¨, 281, 231-244.

Este documento debe citarse como: Mijangos-Ricárdez O. F., Amador-Hernández J., Velázquez-Manzanares M., (2012). **Transferencia de la 4-tritilanilina a través de la interfase de dos soluciones electrolíticas inmiscibles**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-2, pp 121-130, ISSN 1665-529-X.