



## Correspondencia de y para los lectores

*En esta ocasión, la réplica de Juan Quílez al artículo de Raviolo y Gamboa que aparece en este número, así como la contrarréplica de Raviolo y Gamboa*

### ☐ Respuesta al artículo Enseñar el principio de Le Chatelier: un sutil equilibrio

El artículo de los profesores Raviolo y Gamboa utiliza como argumento principal la crítica a un artículo publicado en *Educación Química* del que soy autor. Veremos que su argumentación intenta crear una polémica que resulta completamente espuria.

En primer lugar, los autores se muestran en desacuerdo con la propuesta de no utilizar el principio de Le Chatelier en la enseñanza del equilibrio químico y manifiestan la 'conveniencia de utilizar de forma complementaria el citado principio con la ecuación de la constante de equilibrio y la ecuación de van't Hoff, de acuerdo con propuestas innovadoras en libros de texto y la investigación didáctica e indican que apoyan estas reflexiones con los resultados que presentan.

Estos autores conocen las críticas que a lo largo de la historia se han ido realizando a las cuatro formulaciones del principio realizadas por el propio Le Chatelier y a los enunciados utilizados con fines didácticos. Personalmente remití (previa amable petición) a uno de estos profesores un *dosier* con todos los trabajos en los que he estudiado la evolución histórica del citado principio, los tratamientos termodinámicos relacionados y los aspectos didácticos que se derivan de los mismos. A pesar de ello, en la bibliografía que acompañan a su argumentación sólo se menciona un único artículo, que es el objeto de la crítica, por lo que el mismo se descontextualiza de todo el trabajo anterior que lo fundamenta. Quizás esta circunstancia explique que cuando hablan en un primer momento del principio de Le Chatelier no especifican qué enunciado es el que proponen emplear y tampoco dan ninguna referencia explícita a libros de texto o artículos de investigación en donde se ejemplifique el tratamiento didáctico que les parece más idóneo. En libros de Química General (ej. Gillespie, 1989; Whitten, 1992; Mahan, 1990) se proporciona una formulación cualitativa del principio de Le Chatelier, que se acompaña con una discusión de perturbaciones del equilibrio basada en la comparación de la constante de equilibrio ( $K$ ) y el cociente de

reacción ( $Q$ ). Me pregunto si es éste el tratamiento al que los citados profesores hacen referencia en la introducción de su trabajo.

La crítica que se realiza se fundamenta principalmente en la metodología empleada a la hora de seleccionar los grupos experimental y control lo cual permite afirmar, a juicio de estos autores, que el grupo control no se encuentra en similares condiciones que el grupo experimental. Ello explicaría los resultados obtenidos, invalidando por tanto la investigación al no estar seguros de que las mejoras detectadas en el grupo experimental se deban a que no emplean el principio de Le Chatelier.

Es en este punto en donde más claramente se pone de manifiesto el tratamiento puntual y parcial realizado sobre el citado artículo. Así, no mencionan los fracasos de los diferentes intentos realizados para formular el principio de Le Chatelier de una forma sencilla y precisa, su carácter vago y ambiguo, que unidos al lenguaje empleado dificultan su correcta aplicación y utilización; su carácter de regla de aplicación limitada y la concepción existente a lo largo de la historia de principio universal, seguro e infalible. Tampoco hacen referencia a las formulaciones matemáticas que precisan el citado principio y restringen su campo de aplicabilidad. Muchos de estos aspectos se pueden encontrar en distintos artículos realizados bajo mi responsabilidad (Quílez, 1995; Quílez y Sanjosé, 1996; Quílez, 1997a), existiendo en los mismos referencias bibliográficas suficientes para poder profundizar adecuadamente en los aspectos anteriormente mencionados. Por otro lado, la termodinámica nos señala de forma precisa el camino a seguir a la hora de estudiar la evolución de sistemas en equilibrio que han podido ser perturbados. Existen excelentes manuales de nivel superior en los que se realiza este tratamiento riguroso (ej. Levine, 1981; Modell, 1974; Brenon-Audat, 1993). Esta aproximación nos ha servido para estudiar desde un punto de vista termodinámico, con fines puramente didácticos, las limitaciones del principio de Le Chatelier y proponer un tratamiento elemental teóricamente fundamentado (Quílez y Solaz, 1994; Solaz y Quílez, 1995; Quílez y Solaz, 1996; Solaz y Quílez, 1997a; Solaz y Quílez, 1997b). Por último, debo señalar que el artículo objeto de detracción —en el que se discute la superación de errores conceptuales del equilibrio químico— tiene los siguientes antecedentes: a) un estudio acerca de cómo los libros de texto tratan el principio de Le

\* Juan Quílez Pardo  
Ext. CEFIRE de Llíria. Villa Ángeles, 46160, LLIRIA, Valencia, España.  
Tel. 96/2792569. E-mail: 46402807@centres.cult.gva.es

Chatelier (formulación, justificación, aplicación a casos prácticos, limitaciones, etcétera) y los aspectos relacionados con el mismo (Quílez, 1993); *b*) un análisis de las pruebas de evaluación del equilibrio químico y de enunciados de ejercicios en libros de problemas (Quílez y Sanjosé, 1995); *c*) la categorización de errores conceptuales por aplicación incorrecta del principio de Le Chatelier por alumnos universitarios, el análisis de sus posibles causas y el estudio de la forma de resolución de problemas relacionados con el principio de Le Chatelier por parte de profesores de secundaria y universitarios (Quílez y Solaz, 1995); *d*) la utilización de la computadora como recurso didáctico (Castelló y Quílez, 1992; Quílez y Castelló, 1996). La consideración global de estos estudios ha permitido proponer la eliminación de la regla de Le Chatelier del currículo de química (Quílez, 1997b).

Todo este trabajo previo ha fundamentado una propuesta didáctica de tratamiento del principio de Le Chatelier (Quílez y Solaz, 1995; Quílez y Solaz, 1996) y es la que se utiliza en el artículo criticado (Quílez, 1997c). Es curioso comprobar cómo estos dos autores recogen estas mismas propuestas al final de su trabajo —sin realizar prácticamente ninguna referencia a la bibliografía que las fundamenta— y apoyan de forma redundante en sus conclusiones otras argumentaciones sobre resolución de problemas que se pueden leer en otros artículos (Quílez *et al.*, 1993). Por tanto, los profesores Raviolo y Gamboa se contradicen a sí mismos ya que terminan apoyando la propuesta didáctica que en la primera parte de su artículo critican y que da justificación al mismo. Creo que su artículo podría haber sido más preciso y, por tanto, menos vago y ambiguo si desde un primer momento se hubiesen pronunciado a la hora de señalar la inconveniencia de utilizar las formulaciones tradicionales del principio de Le Chatelier, decantándose por el enunciado que dan al final de su trabajo. Esta formulación supone analizar y comprender el lenguaje matemático inherente a la expresión de la constante de equilibrio y además puede encontrar justificación en estudios termodinámicos más avanzados. Si es esa regla cualitativa la que proponen como una formulación moderna del principio de Le Chatelier, no encuentro inconvenientes en que se siga utilizando el mismo en la enseñanza del equilibrio químico.

Sin embargo, esta última afirmación debe matizarse adecuadamente. De entrada señalaré que no se trata simplemente de sustituir una regla por otra, sino que esa sustitución no debe dissociarse de un tratamiento metodológico paralelo.

Los profesores manifestamos que los conceptos relacionados con el equilibrio químico se encuentran entre los que mayor dificultad poseen a la hora de ser enseñados (Finley, 1982). Además, como indican los profesores Raviolo y Gamboa, el equilibrio químico necesita para su estudio el dominio

y comprensión de una gran cantidad de prerrequisitos conceptuales. Estos aspectos y su dificultad intrínseca le otorgan una gran demanda conceptual. Por ello, no es extraño encontrar el análisis del equilibrio químico en artículos de revisión de dificultades y de errores conceptuales en química (Garnett, 1995). Los problemas de aprendizaje que se señalan en el trabajo de Garnett no sólo afectan a los alumnos que inician sus estudios universitarios sino que persisten en alumnos de diferentes niveles, en licenciados e incluso en profesores. En estos casos se producen, entre otras, dificultades con la correcta expresión de la constante de equilibrio y su variación. También se detectan errores conceptuales relacionados con el concepto de concentración y por aplicación incorrecta del principio de Le Chatelier en situaciones donde no tiene aplicación. Para los profesores Raviolo y Gamboa estos últimos problemas son fruto de falta de un pensamiento formal. Por tanto, según estos autores, sólo los alumnos que no han alcanzado este tipo de razonamiento cometerán estos errores. A mi juicio, atribuir estas dificultades a la causa mencionada puede parecer un tanto superficial. Una reducción funcional de variables de este tipo tiene serias dificultades a la hora de explicar la persistencia de estas concepciones alternativas. Por ejemplo, en algunos trabajos (Furió, 1983; Carrascosa, 1995; Furió, 1988) se muestra de forma reiterada que más del 70% de los licenciados en química y profesores de secundaria cometen el error masa-concentración. En esta misma línea argumentativa habría que explicar que más de un 40% de licenciados en química no considere que la constante de equilibrio varía con la temperatura o que más de un 70% asocie variaciones en la masa de un sólido con desplazamientos del equilibrio químico o que sólo el 43% de estudiantes de termodinámica en la licenciatura de química respondan correctamente al posible efecto de cambio de volumen en un equilibrio heterogéneo en el que  $\Delta v = 0$  (Quílez, 1997d). Todos estos errores conceptuales se enmarcan dentro de las propiedades características de las concepciones alternativas (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994) y de las implicaciones didácticas que emanan de la atención a su posible origen para intentar no inducirlos o superarlos.

Por todo ello, pienso que el problema hay que abordarlo desde la propia demanda conceptual del contenido para analizarlo y tratarlo convenientemente, estableciendo las causas por las que se cometen los errores y realizando las adaptaciones curriculares pertinentes. En el caso del principio de Le Chatelier, el conocimiento de la regla cualitativa (en cualquiera de sus formulaciones tradicionales) y su consideración de regla sencilla e infalible, sin limitaciones, propicia que se eclipsen otros tratamientos basados en la expresión de la constante de equilibrio ( $Q - K$ ). Por ello, un

punto fundamental a tener en cuenta supone considerar la metodología de enseñanza que puede impedir la superación de estas dificultades e incluso puede llevar a transmitir las, provocando aprendizajes puramente mecánicos, memorísticos y repetitivos, no significativos. En este sentido la metodología tradicional que subyace en el proceso de enseñanza/aprendizaje del equilibrio químico (introducción de conceptos, resolución de problemas, evaluación, etcétera) puede tener gran parte de responsabilidad en todas las deficiencias detectadas (Quílez *et al.*, 1993; Quílez y Sanjosé, 1995; Quílez y Solaz, 1995). En consecuencia, cualquier estrategia de cambio conceptual que trate de evitar o de superar ciertas dificultades de aprendizaje debe considerar un cambio metodológico (y actitudinal) paralelo. Además, todo este proceso debe concebirse como un proceso de mejora que ayude a todo el alumnado y no sólo a los alumnos pretendidamente más capaces o desarrollados.

Por tanto, y en consonancia con planteamientos constructivistas (Hewson, 1988; Wellington, 1989; Duschl, 1991), la alternativa didáctica planteada a la sustitución de la(s) regla(s) cualitativa(s) del denominado principio de Le Chatelier, que se basa en estudio de la expresión de la constante de equilibrio, no debe disociarse de un cambio metodológico a la hora de introducir y manejar los conceptos necesarios, haciendo énfasis en los prerrequisitos necesarios para su construcción, el correcto control de las variables implicadas, el trabajo con un lenguaje matemático que posee una demanda conceptual superior a reglas de tipo cualitativo y su aplicación y transferencia a conceptos próximos y relacionados (Quílez y Solaz, 1995).

Conviene en este momento resaltar que en mi artículo (Quílez, 1997c) el tratamiento estadístico realizado comprueba la significación entre las variables *metodología empleada y grado de éxito* a la hora de responder a cuestiones relacionadas con la constante de equilibrio, el principio de Le Chatelier y la no comisión del error masa-concentración, rechazándose la hipótesis nula que establece la independencia de ambas variables. Se debe aclarar también algo que no aparece de forma explícita en el artículo. Las seis clases de química (25-30 alumnos) que conforman el GE y el GC se eligieron al azar y estaban formadas por alumnos y alumnas de edades comprendidas entre los 17-18 años. Todo el alumnado había estudiado en cursos precedentes el mismo currículo de Física y Química y los aspectos analizados en el citado artículo están incluidos en el programa oficial de la asignatura Química de COU. Además, los alumnos que aprueban este curso son examinados de nuevo por un tribunal externo universitario. Algunos ejemplos de las pruebas de dicho examen han sido analizados por Quílez y Sanjosé (1995).

En definitiva, el artículo de los profesores Raviolo y

Gamboa intenta polemizar en su primera parte de una forma completamente gratuita, utilizando la segunda parte del mismo para presentar como novedad mis propios argumentos algunos de ellos de forma casi literal, lo cual les permite justificar sus resultados. Sin su introducción este artículo sólo se podría haber presentado como lo que realmente pretende ser: una continuación de mi trabajo y una corroboración de mis propuestas didácticas.

Finalmente, un último comentario acerca de este peculiar artículo. No se aclara en el mismo si han sido excluidos alumnos que asisten a sus clases a la hora de realizar los tres problemas propuestos y si ha sido así, con qué criterios. Por otro lado, la discusión que realizan de los resultados obtenidos es muy escueta. Entre otras circunstancias, señalar que hubiese sido deseable que explicasen con detalle por qué el porcentaje del ítem 2c es superior al correspondiente al 2b y la misma situación para los ítems 3b y 3a.

### Bibliografía

- Brenon-Audat, F., Busquet, C. y Mesnil, C., *Thermodynamique chimique*. Hachette, Paris, 1993.
- Castelló, M. y Quílez, J., *La construcción de la Química con ayuda del ordenador*. Consellería de Educación, Valencia, 1992.
- Carrascosa, J. y Gil, D., La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 113-120, 1985.
- Duschl, R.A. y Gitomer, D.H., Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858, 1991.
- Finley, F.N.; Stewart, J. y Yaroch, W.L., Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66 (4), 531-538, 1982.
- Furió, C.J. y Ortiz, E., Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 15-20, 1983.
- Furió, C.J. y Hernández, J., Aportaciones de la investigación didáctica al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química. En *Aspectos didácticos de Física y Química (Química)*. 3. ICE-Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1988.
- Garnett, P.J.; Garnett, P.J.; Hackling, M.W., Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95, 1995.
- Gillespie, R.J., Humphreys, D.A., Baird, N.C. y Robinson, E.A., *Chemistry*, Allyn & Bacon, Massachusetts, 1989.
- Hewson, M.G. y Hewson, P.W., On appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning, *Science Education*, 72 (5), 697-614, 1988.
- Levine, I.N., *Fisicoquímica*. McGraw-Hill, Bogotá, 1981.

- Mahan, B.H. y Myers, R.J. *Química. Curso Universitario*. Addison-Wesley, México, 1990.
- Modell, M. y Reid, R.C., *Thermodynamics and its Applications*. Prentice-Hall, New Jersey, 1974.
- Quílez, J., Una formulación para un principio: Análisis histórico del principio de Le Chatelier, *Revista Mexicana de Física*, **41**, 586-598, 1995.
- Quílez, J., El principio de Le Chatelier como regla cualitativa: un obstáculo epistemológico en el aprendizaje del equilibrio químico, *Infancia y Aprendizaje*, **78**, 73-86, 1997a.
- Quílez, J., ¿Se debe eliminar la regla de Le Chatelier del currículo de química? *V Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Universidad de Murcia, 1997b.
- Quílez, J., Superación de errores conceptuales del equilibrio químico mediante una metodología basada en el empleo exclusivo de la constante de equilibrio, *Educación Química*, **8** (1), 46-54, 1997c.
- Quílez, J., Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier, *V Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Universidad de Murcia, 1997d.
- Quílez, J. y Castelló, M., La enseñanza del equilibrio químico con la ayuda de la computadora, *Educación Química*, **7** (1), 50-54, 1996.
- Quílez, J. y SanJosé, V., Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier, *Enseñanza de las Ciencias*, **13** (1), 72-80, 1995.
- Quílez, J. y SanJosé, V., El principio de Le Chatelier a través de la Historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico, *Enseñanza de las Ciencias*, **14** (3), 381-390, 1996.
- Quílez, J. y Solaz, J.J., Análisis termodinámico de las insuficiencias del principio de Le Chatelier en el desplazamiento del equilibrio químico, *Afinidad*, **51**, 435-438, 1994.
- Quílez, J. y Solaz, J.J. Students and teachers misapplication of the Le Chateliers principle. Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, **32**, 939-957, 1995.
- Quílez, J. y Solaz, J.J., Una formulación precisa, sencilla y cuantitativa para el principio de Le Chatelier, *Educación Química*, **7** (4), 202-208, 1996.
- Quílez, J., Solaz, J.J., Castelló, M. y SanJosé, V., La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico. Limitaciones del principio de Le Chatelier, *Enseñanza de las Ciencias*, **11** (3), 281-288, 1993.
- Solaz, J.J. y Quílez, J., Thermodynamics and the Le Chateliers principle, *Revista Mexicana de Física*, **41**, 128-138, 1995.
- Solaz, J.J. y Quílez, J., Acerca de la moderación y los sistemas abiertos en equilibrio químico, *Revista Mexicana de Física*, **43** (1), 159-165, 1997a.
- Solaz, J.J. y Quílez, J. (1997b). Unequivocal prediction of chemical equilibrium shift when changing the temperature at constant volume, *Physics Education*, pendiente de publicación.
- Wandersee, J.H.; Mintzes, J.J.; Novak, J.D. Research on alternative conceptions in science. En Gabel, D.L. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, p. 177-210. 1994
- Wellington, J.(ed.), *Skills and Processes in Science Education*, Routledge, Londres. 1989.
- Whitten, K.W., Gailey, K.D. y R.E. Davis, R.E., *Química General*. McGraw-Hill, México. 1992. ▣

▣ **Sobre la respuesta de Juan Quílez Pardo al artículo : "Enseñar el principio de Le Chatelier: un sutil equilibrio" Andrés Raviolo y Julio Andrade Gamboa**

Dado que muchos artículos de distintas revistas se refieren al principio de Le Chatelier y que éste es utilizado mayoritariamente en la enseñanza, lo que indiscutiblemente motiva a Quílez Pardo a replicar nuestro artículo es la crítica que realizamos al dudoso diseño experimental de aula que él lleva a cabo. Este cuestionamiento lo seguimos sosteniendo e invitamos al lector a que saque sus propias conclusiones. La respuesta a nuestro artículo no logra remediar este aspecto y, por ello, lamentablemente el autor recurre a adjetivos como espurio, gratuito, contradictorio, superficial para referirse a nuestro trabajo; juicios que no concuerdan con las

evaluaciones realizadas por los árbitros de esta revista.

En una lectura imparcial y detenida de nuestra publicación se encuentra respuesta a varias críticas realizadas al mismo, como por ejemplo, que no se hace referencia explícita de libros de texto o artículos de investigación en donde se ejemplifique el tratamiento didáctico empleado.

Quílez Pardo intenta debilitar nuestros argumentos, citando amplia bibliografía, la mayoría de la cual él mismo es el autor, intercalando elementos conocidos y compartidos por todos, con conclusiones incorrectas tomadas de nuestro artículo, como: "Para los profesores Raviolo y Gamboa estos últimos problemas son fruto de falta de un pensamiento formal. Por tanto, según estos autores, sólo los alumnos que no han alcanzado este tipo de razonamiento cometerán estos errores. A mi juicio, atribuir estas dificultades a la causa

mencionada puede parecer un tanto superficial". Esta apreciación no se dice en nuestro trabajo y de ninguna manera es el objetivo del mismo. En realidad lo que mencionamos es que dicha variable cognitiva es propuesta y utilizada por distintos autores como criterio de comparación de habilidades de aprendizaje de distintos grupos, dado que se ha comprobado su influencia en el desempeño de los alumnos en cursos de química. Lo que sí resulta superficial y obvio es que Quílez Pardo nos quiere convencer que, para aprender significativamente equilibrio químico es mejor una enseñanza constructivista sin usar el principio de LC que una enseñanza tradicional usando LC inadecuadamente (es decir, sin tener en cuenta las sugerencias hechas por la investigación didáctica, incluyendo las que él mismo ha realizado). Por lo tanto su "evidencia de aula" no permite atribuirle al principio de LC las dificultades generales sobre equilibrio químico encontradas en los alumnos.

Con respecto a la afirmación que nuestro artículo es una continuación de su trabajo, recordamos que a esta temática han contribuido numerosos autores, fundamentalmente desde 1957, y que tanto nuestro trabajo como los de Quílez Pardo son continuación de esta línea.

En fin, en nuestro artículo mostramos resultados y apreciaciones de nuestra experiencia docente que esperamos resulten de utilidad para el profesorado. Consideramos importante que la investigación didáctica ocupe su lugar en la reflexión y debate sobre éste y otros temas químicos. ■

*Raviolo y Andrade*

#### ■ Una última consideración a la carta de Raviolo y Andrade

"Estoy abierto a cualquier tipo de crítica, sugerencia o comentario acerca de los trabajos que he publicado. Los resultados que se plasman en los mismos y las propuestas didác-

ticas que de ellos emanan únicamente intentan mejorar el aprendizaje de un tema tan difícil de enseñar. La refutación o revisión de estas aportaciones se debe realizar de una forma original, seria y rigurosa. Éste no es el caso de Raviolo y Andrade. Sus juicios de valor les parecen tan evidentes que les impiden profundizar en el tema. Así, lo más claro de su artículo corresponde a su posicionamiento inicial con respecto a un artículo del que soy autor y a las argumentaciones que pueden encontrarse en estudios de otra índole. Contribuciones tan exiguas como ésta sólo consiguen aportar una mayor dosis de confusión al tratamiento didáctico del principio de Le Chatelier." ■

*Juan Quílez*

#### Que el lector saque sus propias conclusiones

Perdonen los lectores estas idas y vueltas de opiniones entre un autor valenciano y dos autores argentinos. La revista intentó mediar entre ambas posiciones y procuró evitar las alusiones personales, aunque parece que en ello fracasó. El lector tiene la palabra, a partir de los artículos de Quílez, tanto el de enero de 1977 como el de octubre de 1996, del de Raviolo y Andrade, en este número, más estos tres intercambios adicionales.

Como es costumbre en las revistas científicas, admitimos que el debate cerrara con la posición del primer autor aludido. La insatisfacción de Raviolo y Andrade por su respuesta propició otra idea y vuelta más.

Consideramos este intercambio como una señal primordial de vida de nuestra revista. Ésta es la primera vez que ello se presenta con tal efusividad. Servir de foro para el intercambio de puntos de vista ha sido nuestro privilegio. Esperemos que el siguiente se dé sólo a través de sólidos argumentos, no mezclados con crítica no tan racional. Eso, por el bien de nuestros lectores. ■

*Andoni Garritz*

#### ■ Fe de erratas del artículo de Gerardo Soto "On the application of Brownian Motion in Teaching Physical Chemistry"

Educación Química agradece al autor el envío de las siguientes correcciones al artículo que apareció en el número 3 del volumen 8, páginas 124 a 129.

a) Por un error en la edición, al inicio de la sección *Balances of Probability* (página 125) falta indicar la nota al pie número 4 después de la palabra "variable". Dicha nota 4 está ausente y debe decir:

<sup>4</sup> In a discrete time random balance

of probability, particles *always* jump in a given time interval  $\Delta t$ . In continuous time the particle can remain at the site where it started the jump.

b) Por error del autor, la fórmula para  $F_{osm}$  que aparece después del párrafo que sigue a la ecuación 9 (página 125) dice:

"The osmotic force between the two layers, as a function of the coordinate  $y$ , is equal to

$$F_{osm} = \frac{\Delta P_{osm}}{\Delta y} "$$

Las unidades de esta ecuación son incorrectas. El autor olvidó que habla de fuerza osmótica por unidad de volumen (Einstein, 1956, p. 72). Debe decir:

"The osmotic force per unit volume (Einstein, 1956) between the two layers, as a function of the coordinate  $y$ , is equal to

$$F_{osm} = \frac{\Delta P_{osm}}{\Delta y} "$$