

## Tesis de Posgrado

# Contribución experimental al estudio de la difusión en las soluciones y mezclas salinas

Torre, Mario

1913

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Torre, Mario. (1913). Contribución experimental al estudio de la difusión en las soluciones y mezclas salinas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0094\\_Torre.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0094_Torre.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Torre, Mario. "Contribución experimental al estudio de la difusión en las soluciones y mezclas salinas". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1913. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0094\\_Torre.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0094_Torre.pdf)



- CONTRIBUCION EXPERIMENTAL AL ESTUDIO DE LA DIFUSION      118 -

- SOLUCIONES Y MEZCLAS BINARIAS -

=====

- Universidad Nacional de Buenos Aires -  
- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales -

---

- CONTRIBUCION EXPERIMENTAL AL ESTUDIO DE LA DIFUSION EN LAS -  
- SOLUCIONES Y MEZCLAS SALINAS -

=====

- TESIS -

- presentada para optar al grado de Doctor en Química -

por

- MARIO TORRE -

=====

La Facultad se hace  
solidaria de las opinio-  
nes manifestadas en las  
tesis.-

**Entrée de bois:**

**Dexter Marcia Danilovich.**

A las 11:00.

Señores Consejeros:

Señores Profesores:

Grandes eran mis deseos y aspiraciones en honrar nuestra facultad con mi modesto trabajo de tesis.- De ella me despido con la grata impresión de los buenos consejos que he recibido y del amor que me ha inculcado al trabajo.- La inexperiencia es propia de los que recién nos iniciamos en trabajos personales, por lo cual no tiene, muchas veces, la perfección y el interés que dan los años continuados en el estudio; es por esto que oreo deber recurrir á vuestra benevolencia que ha sabido siempre considerar esas incorrecciones.-

Mi tema responde á un vasto plan, cual es el de conocer la composición química de los cuerpos disueltos; pero he debido considerarlo por uno de sus múltiples aspectos.- Es por eso que he tratado de observar el comportamiento de la difusión, para poder tener puntos de correlación.- Tampoco lo he resuelto en todas sus facetas - tarea que requiere muchos años de experimentación prolija y continuada - y es así que tendríamos conclusiones más completas y amplias.-

Antes de separarme de esta Casa, debo agradecer con sinceridad á todos mis maestros que supieron inculcarme amor y constancia al trabajo, especialmente al Dr. Horacio Damianovich por el alto honor que me dispensa al acompañarme en este solemne acto, y por las múltiples atenciones que de él he recibido.-

Quiero igualmente agradecer á todos los que fueron mis compañeros y con especialidad á mi amigo el Dr. Miguel Catalano por las facilidades que me ha presentado para terminar esta tesis.-

---

-- INTRODUCCION --

-----

La primera parte de esta tesis responde, según el plan presentado, á una reseña general de los métodos empleados para el estudio de la difusión de líquido á través de líquido, tratando de colocar los resultados obtenidos de difusión de soluciones - que respondan á la parte experimental de esta tesis.-

La segunda parte consta, de una serie de experiencias con sales metálicas, que además de tener ciertas analogías entre sí, no he encontrado experiencias hechas al respecto; termino con las conclusiones del estudio anterior.-

-----  
-----



~~XXXXXXXXXX~~  
**- PRIMERA PARTE -**  
~~XXXXXXXXXX~~

- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA DIFUSION -

-----

HISTORIA Y DEFINICIONES.- Toda solución al efectuarse lleva consigo el fenómeno de difusión, observado por Berthollet en el año 1803, pero el primero que hizo experiencias fundamentales al respecto fué Graham.-

Se denomina difusión (1) al transporte de materia disuelta á través del disolvente, transporte que se opera cuando la solución no es de la misma concentración en todas sus partes; este transporte es debido únicamente á acciones moleculares, efectuándose independientemente de la acción mecánica, sacudidas debidas á la masa de la solución ó el desarrollo de corrientes producidas por diferencias de densidades.-

La cantidad de substancia que se difunde en la unidad de tiempo se denomina velocidad de difusión (2).-

Constante de difusión (3).- Es la cantidad de substancia que pasa en la unidad de tiempo, á través de la unidad de sección, cuando á una distancia igual á la unidad, la diferencia de concentración es igual á la unidad.-

- CASOS DE DIFUSION -

-----

En las soluciones, según el estado de agregación de los cuerpos que actúan, la difusión puede ser: de gases con gases, gases con líquidos, gases con sólidos, líquidos con líquidos, líquidos con sólidos y sólidos con sólidos.-

---

(1) - Guareschi J. "Enciclopedia di Chimica" año 1906, Tomo I p.170

(2) - Henri "Cours de Chimie Physique" - Tomo I pag. 128.-

(3) - Schützenberger P. "Leçons de Chimie Generale" año 1898, p 366.-

Cuando la difusión se hace de líquido en líquido toma el nombre de hidrodifusión.-

DIFUSION DE GASES EN GASES (1).- Puesto que los gases se mezclan entre sí en cualquier proporción se opera la difusión de un gas en otro ú otros independientemente de la calidad y de su volúmen, para una presión y temperatura constante.-

La constante de difusión, para los gases, es numéricamente igual al volúmen ocupado bajo la unidad de presión por la cantidad de gas, que cruza en la unidad de tiempo la unidad de sección horizontal, cuando la presión parcial de este gas en la mezcla varía de una unidad, para un desplazamiento vertical de la unidad de longitud.-

La cantidad difundida y por lo tanto la constante de difusión depende de los gases y de su temperatura.-

La constante de difusión del H en el O	es	0.722
" " " " " H " " O	"	0.642
" " " " " H " " O <sub>2</sub>	"	0.558
" " " " " O " " O <sub>2</sub>	"	0.141
" " " " " O " " O	"	0.180

La constante de difusión es aproximadamente proporcional al cuadrado de la temperatura absoluta de los gases que se difunden entre sí.-

DIFUSION DE GASES EN LIQUIDOS (2).- Dado que hay gases que se disuelven en los líquidos - en proporciones más ó menos determinadas, según la calidad y cantidad de los componentes y siempre que en ésta mezcla no actúe ninguna acción mecánica, dicha

---

(1) - Ohwolson O.D. "Traité de Physique" año 1906. tomo 1 Faso. 2 - página 528.-

(2) - Ohwolson O.D. Libro, tomo y faso. cit. pág. 532.-

disolución se efectúa por difusión.-

Exner, después de comparar una serie de resultados, deduce que la velocidad de difusión de un gas en un líquido es proporcional al coeficiente de solubilidad del gas en el líquido é inversamente proporcional á la raíz cuadrada de la densidad del gas; ésta ley es exacta únicamente para determinados líquidos.-

Wroblewski, después de estudiar la absorción de un gas en un líquido, deduce que la cantidad de gas absorbido es proporcional al coeficiente de solubilidad del gas, á la constante de difusión, á la presión del gas y á la raíz cuadrada de la duración de la difusión.-

DIFUSIÓN DE GASES EN SOLIDOS (1).- Aunque poco estudiada, se han hecho varias experiencias para el estudio de la difusión de estos dos estados en que se encuentran los cuerpos.-

Villard ha observado que el cuarzo llevado al rojo se deja atravesar de una manera sensible por el hidrógeno y á 1500º la difusión es muy fuerte.-

Jacquerod y Perot, han observado que el helio á 1100º se difunde rápidamente, á 510º la difusión es muy grande y á 220º es aun sensible.- Berthelot ha encontrado que la difusión del hidrógeno en el cuarzo es abundante á 1300º mientras que la del oxígeno y el nitrógeno es poca, la del ácido clorhídrico es sensible á 1400º y la del amoníaco á 600º

Después de una serie de experiencias han observado que la constante de difusión depende de cada uno de los componentes.-

DIFUSION DE LIQUIDOS EN LIQUIDOS.- La difusión de líquidos á través de líquidos, siempre que estos sean miscibles entre sí, de-

---

(1) - Ohwolson O.D. Libro, tomo y fasc. cit. pág. 531.-

pendará de las constantes físicas del medio en que actúe.-

Como este es el tema de la presente tesis me reservo para más adelante los detalles.-

DIFUSION DE LIQUIDOS EN SOLIDOS.- Sería conveniente aclarar lo que entendemos cuando decimos que un sólido se ha difundido en un líquido y vice versa, lo que entendemos cuando decimos que un líquido se ha difundido en un sólido.-

Entendemos que se ha difundido un sólido en un líquido cuando el estado final que nos resulta es líquido, siendo el caso que se ha estudiado, y sus conclusiones son semejantes á las obtenidas en la difusión de líquidos en líquidos; en caso contrario diremos que el líquido se ha difundido en el sólido, cuando el estado final resulta sólido, no conociéndose aun experiencias al respecto.-

DIFUSION DE SOLIDOS EN SOLIDOS (1).- Este caso de difusión aunque poco conocido, se efectúa actualmente el estudio de algunos casos particulares.-

Spring estudia primero la influencia de la presión sobre los cuerpos pulverizados puestos en contacto y observa que depende de la naturaleza química del compuesto, así el plomo para transformarse en una masa compacta homogénea necesita una presión de 2000 atmósferas, el zinc 5000; deduce además que toda substancia cristalina cuando está en polvo forma una masa homogénea y su estructura es cristalina; en las aleaciones formadas de esta manera la densidad es menor que aquella de las obtenidas por fusión, aunque las primeras son más resistentes á la presión, más duras y su grano más fino, son más frágiles.-

Spring hace luego experiencias con trozos grandes te-

---

(1) - Ohwolson O.D. Libro y tomo cit. año 1907. Fasc. 3, pág. 841.-

niendo caras que se puedan perfectamente colocar en contacto, los somete á una fuerte presión y temperatura, menor que la de fusión; al cabo de un cierto tiempo observa, que en las partes puestas en contacto los metales se han difundido entre sí.-

Roberts -Ansten ha estudiado la difusión de una placa de plomo colocada sobre una de oro sometidas ambas á una alta temperatura inferior á la de fusión, durante un cierto tiempo, observando que la difusión empieza á ser sensible á la temperatura ordinaria (cuatro años); observó además que á 800º el oro se difunde en la plata y cobre tan rápido como en el plomo á 100º.-

- LEY DE LA DIFUSION -

==--==

LEY DE FICK.(1).- Berthollet fué el primero que ha dado una teoría del fenómeno de la difusión, luego Fick explicó más extensamente los conceptos anteriores dando al mismo tiempo una completa descripción matemática de dicho fenómeno, la cual no es más que la del fenómeno estudiado por Fourier relativa á la transmisión del calor, en la que se han reemplazado las temperaturas por las concentraciones y las cantidades de calor por los porcentajes de sal.-

Se admite que la cantidad de sal que se coloca á través de una sección determinada es proporcional á la diferencia de concentración de los extractos puestos el uno con respecto al otro á distancias infinitamente pequeñas, es decir proporcional á la caída de concentración ó mejor á la diferencia de potencial.-

Fick enunció la ley aplicable á la difusión en la for-

---

(1) - Schützenberger P.Libro cit.pág.365.-

ma siguiente:

"La cantidad de sal que se difunde á través de una determinada sección es proporcional á la diferencia de concentración de dos secciones adyacentes infinitamente pequeñas, es decir á la caída de concentración".-

Denominando  $x$  la dirección de transporte.-

$y$  la concentración.-

$Q$  la sección.-

$t$  el tiempo.-

$K$  la constante de difusión.-

Se tiene, para la difusión, en el caso particular en que el fenómeno de transmisión se produce en una sola dirección, las diversas secciones perpendiculares á esta dirección estando sobre todos los puntos en el mismo estado, la ecuación diferencial siguiente:

$$\frac{d y}{d t} = - K \left( \frac{d^2 y}{d x^2} + \frac{1}{Q} \cdot \frac{d Q}{d x} \cdot \frac{d y}{d x} \right) \quad (1)$$

El signo menos indica que la corriente de transmisión se hace en el sentido de concentraciones decrecientes.-

Si la sección es independiente de la dirección, como en un cilindro ó un prisma, la ecuación (1) se transforma en:

$$\frac{d y}{d t} = - K \frac{d^2 y}{d x^2} \quad (2)$$

en la cual  $dy$  es la cantidad de substancia que atraviesa en el tiempo  $dt$  una área horizontal cualquiera, siguiendo la dirección vertical  $x$  de abajo hacia arriba.-

Por último, si se establece un estado estacionario y en todos los puntos del vaso la concentración se mantiene constante, ésta será independiente del tiempo; la fórmula (2) se

transformará en:

$$\frac{d y}{d t} = 0 \quad \text{por lo tanto} \quad k \frac{d^2 y}{d x^2} = 0$$

y siendo la derivada segunda igual á cero, la derivada primera es igual á una constante; luego se tiene:

$$\frac{d y}{d x} = a \quad \text{de donde:} \quad d y = a d x \quad \text{integrando}$$

$$\int d y = a \int d x \quad \text{lo que nos dá} \quad y = a x + b$$

a y b son las constantes de integración que deben ser determinadas por la experiencia.-

RESEÑA DE LOS METODOS QUE SE HAN EMPLEADO PARA MEDIR LA DIFUSIÓN.

-----

RESULTADOS Y CONCLUSIONES OBTENIDAS.- Los métodos empleados en el estudio de la difusión pueden ser (1) directos, es decir aquellos en que se determina la cantidad difundida químicamente; indirectos, aquellos en los cuales se calcula la cantidad difundida físicamente (eléctrico, óptico); en éste último caso se requiere una prueba inicial, para una determinada sustancia.-

EXPERIENCIAS DE GRAHAM (2).-

De los métodos directos el más antiguo y el que ha dado los primeros resultados en el estudio de la difusión es el de Graham. En las primeras experiencias que hizo se sirvió de frascos de 500 - 800 cm.<sup>3</sup> teniendo una abertura de 3,5 - 4 cm. de diámetro, los cuales se llenaban hasta 2 cm. del borde con la solución á estudiar, después de haber sido tapados por medio de un corcho provisto de un tubo de vidrio se llenaban com-

---

(1) - Henri - Libro cit., página 159.-

(2) - Schützenberger. P. Libro cit. página 340.-



pletamente, colocándolos en otro recipiente que contenía agua destilada hasta pasar de 3 cm. la extremidad del tubo de vidrio; dichas experiencias duraban 27 días y al fin de este tiempo se dosaba la cantidad de substancia que había pasado al recipiente exterior, los resultados obtenidos eran relacionados con una de las substancias que se tomaba como unidad.-

Graham efectuó con el siguiente método una serie de experiencias de las cuales citaré las siguientes:

		1%	2%	4%	6,66%	10%
A 8º	$(\text{NH}_4)^2\text{SO}_4$	-	0,65	1,33	1,90	3,86
	$\text{K}_2\text{SO}_4$	-	0,68	1,28	2,02	3,86
	$\text{K}_2\text{CO}_3$	-	0,66	1,23	1,95	3,86
A 18º	$(\text{NH}_4)^2\text{SO}_4$	0,46	0,97	1,82	2,92	3,86
	$\text{K}_2\text{SO}_4$	0,45	0,96	1,83	2,98	4,11
	$\text{K}_2\text{CO}_3$	0,45	0,94	1,78	2,90	4,29

De donde se observa que la cantidad difundida es proporcional á la concentración de la solución, y que cuanto más diluida es ésta tanto más uniforme es aquella; que aumenta con la temperatura, tendiendo á disminuir la cantidad difundida á medida que la temperatura aumenta.-

Demuestra luego que en la difusión para un mismo intervalo de tiempo la cantidad difundida es la misma, regla que no se puede verificar, cuando por el hecho de la difusión, la concentración del líquido interior sufre un cambio notable, siendo las velocidades de difusión proporcionales á dicha concentración.-

En la mezola de dos sales que no tienen acción química la difusión se efectúa independientemente.-

La difusión es susceptible de efectuar la descomposición de ciertas sales dobles, así tenemos en el  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)^3\text{K}_2\text{SO}_4$



de un sifón, recogiendo 50 cm<sup>3</sup> por vez, evaporando cada porción se sabrá la cantidad de sal difundida.-

Graham observó que en el alcohol la difusión es más lenta que en el agua; aunque el calor actúa la difusión, no parece favorecer la separación de sustancias desigualmente difusibles

- EXPERIENCIAS DE BEILSTEIN - (1)

-----

Otro de los métodos directos para el estudio de la difusión es el ideado por Beilstein.- Siendo con este método que he efectuado mis experiencias, en la parte experimental de esta tesis, daré la descripción de dicho aparato con todos sus detalles.-

Pasaré á exponer brevemente la teoría en que se basa dicho aparato para hallar la cantidad difundida y la constante de difusión.-

Designando con  $y$  la concentración de la solución á experimentar.-

$Q$  Constante que depende de la forma y sección del orificio del recipiente en que se coloca dicha solución.-

$z$  concentración del líquido en que se opera la difusión.-

$Q'$  Constante que depende de la forma y tamaño del recipiente en que se coloca dicho líquido.-

$t$  tiempo de duración.-

$K$  constante de difusión.-

Se tiene admitiendo como primera aproximación, que á cada instante de la difusión, la concentración de la solución en el vaso, es uniforme, - la siguiente relación:-

---

(1) - Schützenberger P. Libro cit. pág. 366.-

$$\frac{dY}{dt} = - K (c_y - c'z)$$

es decir que  $\frac{dY}{dt}$  es proporcional á la diferencia de concentraciones, pero en nuestro caso  $z$  es igual á cero luego se tiene que:

$$\frac{dY}{dt} = - K c_y \quad (1)$$

lo que significa que la derivada de la concentración con respecto al tiempo es proporcional á la concentración de dicha solución.- El signo menos indica que la corriente de transmisión se hace en el sentido de concentraciones decrecientes.-

La ecuación (1) podemos escribirla  $\frac{dY}{dt} = - K c_y$ , integrando entre los límites,  $y_0$  concentración inicial ó  $y_1$  concentración final, tendremos:

$$\int_{y_0}^{y_1} \frac{dy}{y} = - K c \int dt$$

lo que nos dá  $\log. y_1 - \log. y_0 = - K c t$   
cambiando de signo tendremos:

$$\log. y_0 - \log. y_1 = K c t$$

lo que nos dice que, la constante de difusión es igual á la diferencia de los logaritmos de la concentración inicial y final.-

Una de las experiencias realizada por Beilstein con su aparato, es con la solución de nitrato de potasio al 2 %; su concentración después de 24 horas disminuyó á 1,3052 % y al cabo de 48 hs. de 0,8346 % siendo por lo tanto la cantidad difundida 0,6948 y 1,1654 y para la constante de difusión respectivamente 0,1855 y 0,3795 números que están en relación: 1:2,046 en lugar de 1:2 debido á que la concentración de la solución no es rigurosamente uniforme como lo exige la aplicación de la ley de Fick.-

- EXPERIENCIAS DE LONG (1) -

==--==

De los métodos directos para el estudio experimental de la difusión encontramos además el ideado por Long, el cual hace uso de un dispositivo que permite medir á cada instante la velocidad de difusión; ésta se opera en un líquido de concentración constante.-

El aparato consta de un vaso de precipitación en el cual se sumerge un tubo capilar de 1 m.m. de diámetro tres veces doblado en U, en la parte horizontal y media inferior de dicho tubo que se encuentra dentro del vaso de precipitación se halla soldado un tubo abierto de 15 m.m. de diámetro que está en comunicación con el tubo capilar.- Al empezar la experiencia se lleva el vaso con la solución de la sal á experimentar cuya concentración es conocida; por medio de un frasco de Mariotte á nivel constante se hace caer gota á gota agua destilada; la cantidad de agua que cae por hora es de 30 á 70 cm<sup>3</sup>, cantidad que influye en los resultados obtenidos.-

El agua entra en el aparato por una de las extremidades del tubo capilar en forma de embudo, recogiendo el líquido que pasa por la otra extremidad.-

La superficie de contacto entre el agua y la solución se encuentra en la intersección de los tubos y la difusión se opera debajo de dicha intersección.-

Se empieza á recoger el líquido cuando las cantidades que pasan son, en unidades de tiempo iguales constantes; ésta constancia debe durar por lo menos 30 hs.-

Long hizo sus experiencias usando soluciones que, para

---

(1) - Schützenberger.P. Libro cit.pág. 385.-

un determinado volumen tuvieran el mismo número de moléculas.-

Para soluciones normales ha obtenido las siguientes cantidades de sal difundida en 24 hs.-

Cl K	0.0599	Cl <sub>2</sub> Ca	0,0476
Cl Na	0,0351	Cl <sub>2</sub> Mg.	0,0373
Cl(NH <sub>4</sub> )	0,0369	Cl <sub>2</sub> Co	0,0897
Cl Li	0,0233	Cl <sub>2</sub> Ni	0,0394

Para soluciones  $\frac{1}{2}$  normales

SO <sub>4</sub> Mn	0,0226	INa	0,1006
SO <sub>4</sub> Mg	0,0209	(ON)K	0,0499
Br K	0,0965	NO <sub>3</sub> K	0,0614
Br Na	0,0525	NO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> )	0,0544
Br (NH <sub>4</sub> )	0,0617	NO <sub>3</sub> Na	0,0446
I K	0,1364	NO <sub>3</sub> Li	0,0353

Para soluciones  $\frac{1}{4}$  normales

(NO <sub>3</sub> ) <sup>2</sup> Ba	0,0429	(NO <sub>3</sub> ) <sup>2</sup> Sr.	0,0249
------------------------------------	--------	-------------------------------------	--------

Observando estos resultados se vé que las sales de potasio, amonio, sodio, litio se colocan en el mismo orden cualquiera sea el radical ácido.-

Para hacer ver mejor la analogía entre estos resultados Logn divide, la cantidad difundida en 24 hs., por el peso molecular y el resultado lo multiplica por 10<sup>6</sup>.-

Cl K	803	NO <sub>3</sub> K	607
Cl(NH <sub>4</sub> )	609	NO <sub>3</sub> Na	524
Cl Na	600	NO <sub>3</sub> Li	512
Cl Li	541	Cl <sub>2</sub> Ca	429
(ON) K	767	Cl <sub>2</sub> Mg	392
Br K	811	Cl <sub>2</sub> Co	306

Br(NH <sub>4</sub> )	629	Cl <sub>2</sub> Ni	304
Br Na	509	SO <sub>4</sub> Mg	348
I K	823	SO <sub>4</sub> Mn	298
I Na	672	(NO <sub>3</sub> ) <sup>2</sup> Ba	656
NO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> )	680	(NO <sub>3</sub> ) <sup>2</sup> Sr	552

Se observa que la constante de difusión de las sales halogenadas de potasio es muy próxima.- Los halogenuros de los metales alcalinos se colocan en el mismo orden, la sal amoniacal se coloca entre la sal de potasio y de sodio.-

Tanto los cloruros como los sulfatos de los metales bivalentes, la constante de difusión es aproximadamente la misma.-

Hace además observar Long que la cantidad difundida aumenta con la temperatura y que disminuye cuando la concentración aumenta.-

- EXPERIENCIAS DE WEBER (1) -

==--==--==

De los métodos indirectos el de Weber ha proporcionado una confirmación neta á la exactitud de la ley de Fick.-

Para sus primeras experiencias hace uso de una cuba de vidrio paralelepípeda dividida en dos secciones por medio de un tabique poroso de arcilla cocida; dichas secciones están llenas respectivamente con dos de las cuatro soluciones hechas de una misma sal á distinta concentración, recibiendo cada una en su interior una lámina de zinc amalgamado; cerrado el circuito por un conductor, la fuerza electromotriz puede ser apreciada por el método de compensaciones modificado por Du Bois Raymond; se hace uso para ésto de una pila Daniell constante, el hilo medidor es de plata, de un metro de largo, el circuito cerrado por la cupla Daniell, tiene además un reostato pa-

(1) - Schützenberger.P. Libro cit. pág. 369.-

ra regular las resistencias.-

Weber, en sus experiencias, hace uso de soluciones de sulfato de zinc anhidro cuyas concentraciones son respectivamente:

I	II	III	IV
0,1676	0,2301	0,2858	0,2313

Si denominamos  $\lambda$  el largo del hilo medidor que hay que introducir para obtener la compensación completa de la fuerza electromotriz, del sistema empleado, las cuatro soluciones indicadas asociadas dos á dos, han dado para  $\lambda$ , los siguientes resultados:

I y II.....	$\lambda = 305,2$	II y III.....	$\lambda = 288,5$
I y III.....	$\lambda = 594,9$	II y IV.....	$\lambda = 489,5$
I y IV.....	$\lambda = 794,5$	III y IV.....	$\lambda = 194,5$

Expresando los valores de  $\lambda$  para la diferencia de concentración,  $z_1$  y  $z_2$ , correspondiendo respectivamente al anodo y catodo, por medio de la ecuación parabólica siguiente:

$$\lambda = a(z_2 - z_1) \left[ 1 + b (z_2 + z_1) \right]$$

y resolviendo esta ecuación con dos valores obtenidos anteriormente de  $\lambda$ , se puede obtener, con pequeña diferencia de los obtenidos prácticamente, los demás valores de  $\lambda$ , de donde resulta que soluciones de sulfato de zinc, superpuestas en orden decreciente de densidades, desarrollan al contacto de láminas de zinc amalgamado, sumergidas en cada una de las soluciones fuerzas electromotrices representadas en la fórmula general.-

$$E = A (z_2 - z_1) \left[ 1 + B (z_2 + z_1) \right]$$

METODO EXPERIMENTAL.- Un cilindro de vidrio de 11 cm. de diámetro está cerrado en su parte inferior por medio de un disco de zinc amalgamado, sobre la superficie interna de dicha lámi-



na metálica se echa una solución de sulfato de zinc exenta de aire, de una concentración comprendida entre 0,250 y 0,350; á esta solución se agrega otra de la misma sal pero de una concentración que varía entre 0,150 y 0.200, con las precauciones debidas para evitar la mezcla mecánica.- Una lámina circular de zinc amalgamado de un diámetro inferior al del cilindro de vidrio, es sumergida lentamente por medio de un soporte móvil hasta que la cara inferior sea enteramente mojada por el líquido de la región superior, entonces midiendo con intervalos de tiempo iguales la fuerza electromotriz desarrollada en el sistema, por las diferencias de concentraciones obteniéndose resultados que dan una verificación muy precisa de la ley de Fick.-

OTRO METODO.- Los métodos anteriormente descriptos necesitan un tiempo largo y temperatura constante, lo que es difícil realizar para la primera condición; el siguiente permite medir la constante de difusión en intervalos pequeños.-

Opera Weber con un cilindro de vidrio de 12 cm. de diámetro cerrado en la parte inferior por un disco circular plano de zinc amalgamado; tres fragmentos de resina copal dura cortados en láminas de caras paralelas están dispuestas en triángulo equilátero; cuyos bordes se apoyan sobre el fondo; sirven de soporte á un nuevo disco de zinc amalgamado semejante al primero; en el espacio de ambas láminas de zinc se halla una solución de sulfato de zinc cuya concentración varía de 0.20 á 0.38; á cada disco se le ha soldado un hilo metálico el cual permite ponerlos en contacto con los polos de una pila ó con el circuito de un galvanómetro.-

Si se ha tenido la precaución de frotar ambos discos, antes de efectuar la experiencia y mojarlos con una solución de sulfato de zinc igual á aquella que se debe experimentar,

el galvanómetro no acusará ninguna diferencia de potencial, lo que indica que para hacer constar dicha diferencia, se necesita que haya entre ambas láminas una solución cualquiera.-

Para efectuar la operación se empieza por hacer pasar una corriente eléctrica que entre por la parte inferior y salga por la superior lo que resultará que la concentración disminuirá de abajo hacia arriba y esta será proporcional á la fuerza de la corriente y al tiempo de duración de la misma; desarrollándose al mismo tiempo en sentido contrario una corriente de difusión que tiende á llevar la solución al estado primitivo; estos dos efectos inversos tienden á producir un equilibrio en el cual la influencia de la difusión, contrabalanceará en cada instante á la electrólisis.- La marcha de la difusión se medirá por la diferencia de fuerza electromotriz, resultado de la diferencia de concentración de las capas en contacto con los discos, permitiéndonos así calcular la constante de difusión.-

Weber ha constatado que la constante de difusión no es del todo independiente de la concentración pero disminuye lentamente á medida que ésta aumenta.-

- EXPERIENCIAS DE THOVERT.(1) -

=====  
=====

Otro método indirecto para determinar la constante de difusión es el de Thovert, basado en una propiedad óptica - refracción - que se aplica sin llevar generalmente modificaciones por el medio en el cual cruza la luz, teniendo la ventaja de darnos resultados tan próximos como se desee para el estudio de la difusión y por lo tanto las leyes basadas sobre dicho fenómeno.-

---

(1) - Thovert M.J. "Recherches sur la diffusion" Annales de Química y Física.- Tomo 26, año 1902.-

Stefan ha observado que estas experiencias son falsas por la curvatura de los rayos luminosos que cruzan la cuba de difusión y nos dice que, cuando una onda plana penetra en un medio no homogéneo se produce una deformación; pero Wiener ha demostrado que ésta deformación puede constituir un dato sobre la marcha de la difusión y ser la base de un nuevo método de observación.- Este experimentador ha propuesto para la aplicación experimental de dicho método, tomar con una lente de largo foco, colocada delante de la cuba de difusión, la imagen de una hendidura colocada á 45° é iluminada por un rayo de luz paralela.-

La imagen así obtenida, en vez de ser rectilínea está torcida, siendo fácil observarla á cada instante, deformada con relación á un punto inicial de partida para deducir así su desviación.-

La observación del fenómeno es completa para todos los instantes, pero la correlación de las observaciones con la ley de la difusión no es muy concordante.- Este método que él recomienda ha quedado sin aplicación y los resultados no son satisfactorios.-

Thovert prosigue las experiencias, basándose en el mismo principio de desviación de los rayos luminosos que cruzan la cuba de difusión; pero la unión de la constante de difusión á los resultados experimentales está establecida en condiciones que aseguran la perfecta definición de la constante calculada.-

El dispositivo general que ha usado Thovert para sus experiencias, consta de un foco luminoso el cual, después de pasar por una lente biconvexa llega á la cuba de difusión, pudiendo ser ésta una ó varias unidas entre sí según las experiencias á efectuar, cuya forma es paralelepípeda limitando la

entrada y salida de dicho rayo, vidrios paralelos de los cuales uno de ellos es plateado exteriormente, teniendo dos pares de trazos horizontales distantes 1 mm., colocados á una parte y otra del nivel en el cual se efectúa la difusión que se quiere medir la desviación de los rayos luminosos, éstos trazos forman el sistema de lentes de Young, observándose así el centro de interferencia producido por dicho sistema.-

El largo de una franja de interferencia no es más que la mitad de la mancha blanca, que daría un rayo luminoso del mismo largo que la distancia de dos trazos, cayendo sobre un objeto colocado en el plano de dichos trazos, en el cual el foco estaría á la misma distancia de donde se observa la interferencia.-

Si los dos puntos de interferencia están muy próximos el centro de interferencia es trasladado en la dirección normal del nuevo plano de onda y el valor de éste traslado medirá la distancia de ambos rayos.-

Si el valor de los puntos de interferencia es diferente, el centro estará en la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos ondas desigualmente desviadas y el valor del desplazamiento de las franjas medirá la mitad de los dos valores de la distancia de los dos rayos, ó mejor corresponderá al nivel equidistante de dos trazos que sirven para formar las interferencias.-

El rayo luminoso paralelo y horizontal, después de pasar libremente por la cuba, es recibido á la salida en el objetivo de un anteojo enfocado al infinito; se observa en el foco, en lugar de una línea focal, una banda luminosa terminada por una franja brillante acompañada de franjas de difracción.-

La medida se hace directamente por medio de un catetómetro, cuando, la experiencia á realizar es una, ó sino fotografiando primero sobre una placa sensible y luego haciendo las medidas correspondientes, cuando son varias á la vez.-

Para hacer estas medidas se coloca primero en la cuba de difusión mitad de cada uno de los líquidos que se han de difundir entre sí y luego se hace la observación y medida correspondiente á diversas alturas.-

El tiempo que debe pasar entre el principio de la experiencia y la primera observación útil varía como el cuadrado de la altura de la cuba.- Los tiempos de observación entre las distintas experiencias útiles varían inversamente á la cantidad difundida.-

La temperatura en el lugar en que se efectúa la experiencia debe ser lo más constante posible.-

Para que los resultados sean exactos, los líquidos que se difunden entre sí, deben ser de la misma concentración, si es posible, ó á lo sumo tener una diferencia de 0.2 equivalente gramo.-

De los resultados experimentales efectuados por Thevert, sacamos los siguientes en los cuales  $\theta$  es la temperatura de experiencia,  $c$  concentración de la solución y  $D$  constante de difusión.-

<u>Acido Olerhídrico</u>		
$\theta$	$c$	$D \times 10^5$
19,2	0,1	2,50
19, 4	0,3	2,76
19, 4	0,9	3,04
19, 4	3,2	4,50

---

- Acido nítrico -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
192,6	0,1	2,40
192,6	0,4	2,55
192,5	0,9	2,62
192,5	3,9	2,85

- Acido sulfúrico -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
182,3	0,05	1,52
182,3	0,35	1,54
182,3	0,85	1,56
182,3	2,85	1,86
182,	4,85	2,20
182,	9,85	2,73

- Potasio hidrato -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
122,9	0,02	1,92
132,2	0,1	1,98
132,9	0,9	2,17
132,5	3,9	2,51

- Sodio hidrato -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
112,6	0,1	1,25
112,4	0,9	1,18
122,	3,9	1,14

- Potasio cloruro -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
172,8	0,1	1,60
172,8	0,9	1,70
172,8	3,9	1,80

- Sodio cloruro -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
13,9	0,025	1,06
14,8	0,025	1,09
15,5	0,1	1,12
15,5	0,5	1,13
16,5	0,5	1,15
15,5	0,9	1,15
14,8	0,9	1,12
14,8	1,9	1,12
14,8	3,9	1,18

- Potasio Nitrato -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
182,8	0,01	1,53
172,6	0,3	1,46
172,6	1,4	1,27
172,6	3,9	1,03

- Sodio - nitrato -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
102,3	0,1	0,98
102,2	0,9	0,91
102,2	3,9	0,73

- 1/2 Sulfato ácido de potasio -

g	g	D x 10 <sup>5</sup>
192,6	0,1	1,13
192,6	0,7	1,02
192,6	3,9	0,93

- ½ Sulfato de potasio -

$\theta$	$\theta$	$D \times 10^5$
192,8	0,005	1,17
192,6	0,05	1,12
192,6	0,28	1,00
192,6	0,95	0,92

Hace observar Thoverl que, en los ácidos y bases antes mencionados, á medida que aumenta la concentración la difusión aumenta, para una misma temperatura, á excepción del hidrato de sodio, el cual á medida que aumenta la concentración la difusión queda en un estado estacionario.-

En las sales indicadas, para una misma temperatura, á medida que aumenta la concentración la difusión disminuye á excepción de los cloruros de sodio y de potasio, los cuales á medida que aumenta la concentración la difusión aumenta.-

Para el cloruro de sodio se observa que para una misma concentración, la difusión aumenta con la temperatura.-

-- CONCLUSIONES GENERALES --

-----

1a) - Conclusiones relativas á los métodos empleados.-

Con todos los métodos directos indicados, se puede efectuar cualquier clase de experiencias para el estudio de la difusión, aunque presenten el inconveniente de necesitar un tiempo demasiado largo para obtener los resultados.- El método indicado por Long es el más práctico para el estudio de la velocidad de difusión.-

Los métodos indirectos, teniendo la ventaja de la rapidez con que se obtienen los resultados, presentan el inconveniente que con ellos no se pueden efectuar sino un reducido número de experiencias (Weber), y que la concentración de los



líquidos que se han de difundir debe ser limitada (Thovert).-

2 - Influencia de los diferentes factores de acción que intervienen en el fenómeno de difusión.-

Tiempo.- En la difusión para un mismo intervalo de tiempo la cantidad difundida es la misma, regla que no se puede verificar, cuando por el hecho de la difusión, la concentración del líquido interior sufre un cambio notable, siendo las velocidades de difusión proporcionales á dicha concentración.- (Graham, Beilstein).-

Temperatura.- En general la difusión aumenta con la temperatura (Graham, Thovert); aumentando la temperatura la diferencia de difusión entre los cuerpos tiende á disminuir (Graham).-

Concentración.- La difusión es proporcional á la concentración (Graham, Thovert), aunque en ciertas sales la difusión es independiente de la concentración (Thovert, Weber), produciéndose esto cuando la concentración de las soluciones es muy diluida (Graham).-

NATURALEZA DEL CUERPO DISUELTO.- a) - Caso de un solo cuerpo.-

La difusión de las sales de potasio, amonio, sodio, litio se coloca en el mismo orden cualquiera sea el radical ácido, los halogenuros de cada uno de estos metales se colocan también en el mismo orden, la sal amoniaca se coloca entre la de potasio y de sodio.- Los cloruros y los sulfatos de los metales bivalentes tienen aproximadamente la misma constante de difusión (Long).-

La difusión es susceptible de descomponer ciertas sales dobles (Graham).-

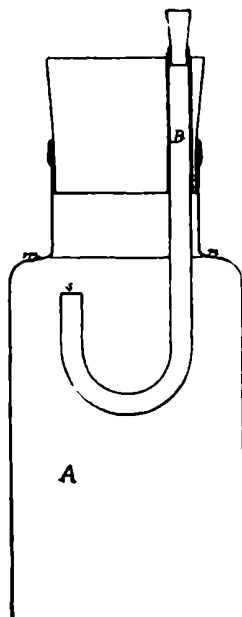
b) - Caso de las mezclas.- La difusión de cada uno de los componentes de una mezcla de sales se efectúa independientemente, siempre que estos no tengan acción química entre sí (Graham).-

-----  
- SEGUNDA PARTE -  
-----

- DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL APARATO -

-----

El aparato usado para efectuar mis experiencias es semejante al de Heilstein.-



La figura adjunta es la mitad en diámetro y altura en tamaño del aparato que se ha empleado para realizar dichas experiencias.-

Como se vé consta de un frasco cilíndrico de vidrio A en el cual se colocahan 250 cm<sup>3</sup> de agua destilada, llegando su nivel hasta la línea mn .- Sumergido en él y fijado por medio de un tapón se halla un pequeño tubo de vidrio doblado B cuyo diámetro interno debe ser en todas sus partes igual ó mayor que la sección horizontal S; dicho tubo está cerrado en la parte superior por medio de un tapón de goma, siendo su volúmen aproximadamente de 3 cm<sup>3</sup>, en el cual se coloca la solución á examinar.-

La difusión se opera en la sección horizontal S, en cuya parte el tubo doblado tiene 5 mm. de diámetro y está á una distancia de 10 mm. del nivel del agua destilada del frasco exterior.-

- MANERA DE OPERAR -

-----

El aparato antes, descrito después de haberle colocado el agua destilada y la solución de la sal á experimentar, de concentración conocida era colocado en un termostato, estando en su interior 24 horas; después de dicho tiempo era retirado, se le sacaba el tubo B dosándose luego la solución que se encontraba en su interior, por diferencia de la concentración primitiva se conoce la cantidad difundida de dicha solución y por lo tanto sus respectivas constantes de difusión.-

- METODOS EMPLEADOS PARA EFECTUAR LOS ANALISIS -

-----

Para dosar las bases y ácidos de cada sal, dosages que se efectuaron en todos los casos, se han empleado métodos que además de efectuarse con una cierta rapidez eran los más exactos posibles; para el manganeso se ha usado el método colorimétrico, basado en la transformación de la sal de manganeso en ácido permangánico por medio del ácido nítrico y del peróxido de plomo; los demás dosages por métodos de precipitación, los cloruros se dosaron volumétricamente por el método de Volhard.-

En los sulfatos amoniacales de fierro, níquel y cobalto, he obtenido la cantidad difundida dosando los metales indicados; de ésta manera he calculado indirectamente la cantidad de ácido sulfúrico unido á ellos; he dosado luego especialmente la cantidad de ácido sulfúrico total de estas sales dobles pudiendo así calcular indirectamente la cantidad de sulfato de amonio difundido.-

-----

- TEMPERATURA DE OPERACION -

-----

El criterio usado para elegir las tres temperaturas con las cuales he efectuado las experiencias, ha sido buscarlas de manera, á obtener datos en los cuales no influyera otra constante física extraña.-

La de 30° C ha sido elegida para poder así mantener el termostato durante un espacio de tiempo largo, constante.-

La de 50° C ha sido la máxima, porque sino la tensión del vapor sería demasiado grande no obteniéndose por lo tanto la verdadera cantidad difundida, porque habríamos modificado una constante: la presión.-

Hice determinaciones á 40° C para hacer ver la continuidad de las modificaciones que produce la difusión.-

- SOLUCIONES EMPLEADAS -

-----

He buscado, dentro de lo posible, para que en la concentración de las soluciones empleadas, la cantidad de sal que hubiera en un determinado volumen, tuvieran el mismo número de moléculas gramos.-

Para las sales dobles he tratado que, los sulfatos de fierro, níquel y cobalte se encontraran en idénticas condiciones á dichas sales estudiadas aisladamente.-

El cuadro adjunto indica más claramente la cantidad en gramos de sal empleada por 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada.-

	Cr <sup>+++</sup>	Mn <sup>++</sup>	Fe <sup>+++</sup>	Ni <sup>++</sup>	Co <sup>++</sup>
Cl	0.528	0.630	0.541	0.648	0.650
SO <sub>4</sub>	0.653	0.755	0.666	0.773	0.775
NO <sub>3</sub>	0.793	0.895	0.804	0.913	0.915
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	--	--	0.884	1.339	1.338
(NH <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	--	--	0.218	0.561	0.561

Las soluciones de sulfato de amonio como se vé en el cuadro es de grs. 0,218 para las que relaciono con el sulfato férrico, y de grs. 0,561 para las que relaciono con los sulfatos de níquel y de cobalto.-

Las cifras del presente cuadro son para las concentraciones indicadas con A.-

Para las concentraciones indicadas con B son estas mismas concentraciones divididas por 25.-

Para las concentraciones indicadas con Q son las mismas concentraciones primitivas divididas por 50.-

Para las mezclas la concentración total de cada sal es una fracción de la indicada en el cuadro adjunte, porque al efectuarlas, se tomaron iguales volúmenes de soluciones cuyo porcentaje de sal era igual á la del presente cuadro.-

- OBTENCION DE LOS RESULTADOS -

-----

Indicaré á continuación como ha sido obtenida la cantidad difundida y sus respectivas constantes.-

Cantidad difundida.- La cantidad difundida de una sal ha sido obtenida restando de la concentración inicial de la solución para 100 cm<sup>3</sup> contenida en el tubo B, la concentración final para 100 cm<sup>3</sup> -

Difusión molecular.- He creído conveniente que debíamos relacionar la cantidad difundida para 100 cm<sup>3</sup> con la concentración molecular, obtenida esta, dividiendo la concentración inicial empleada en 100 cm<sup>3</sup> por el peso molecular expresado en gramos.-

Constante de difusión (Long).- Long para relacionar mejor los resultados obtenidos divide la cantidad difundida

per el peso molecular, relación que traslado á mis experiencias dividiendo la cantidad difundida en  $100 \text{ cm}^3$  por el peso molecular expresado en gramos.-

Constante de difusión (Beilstein).- Beilstein después de una demostración matemática (pág. 10) indica, que la diferencia de los logaritmos entre la concentración inicial de la solución contenida en el tubo B y la concentración final, expresada en  $100 \text{ cm}^3$  es una constante.-

Constante de difusión específica.- He relacionado la cantidad difundida en  $100 \text{ cm}^3$  con la concentración de la solución también en  $100 \text{ cm}^3$ , obteniendo una constante.-

---

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida			Difu 30°
				30°	40°	50°	
CaCl <sub>2</sub>	188,6	A 0,528	0,003329	0,134	0,156	0,174	40,2
		B 0,211	0,001331	0,059	0,063	0,064	44,3
		C 0,105	0,00665	0,027	0,031	0,034	40,6
Ca(SO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>	392,2	A 0,653	0,001664	0,167	0,195	0,216	100,3
		B 0,261	0,00665	0,070	0,074	0,079	105,2
		C 0,130	0,00332	0,034	0,040	0,045	102,4
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>	238,1	A 0,793	0,003330	0,199	0,230	0,265	59,7
		B 0,317	0,001332	0,086	0,096	0,113	64,5
		C 0,158	0,00666	0,042	0,045	0,054	67,5
Mn Cl <sub>2</sub>	126	A 0,630	0,0050	0,385	0,502	0,557	77,9
		B 0,272	0,0020	0,173	0,195	0,199	86,3
		C 0,136	0,0010	0,088	0,099	0,105	88,0
Mn SO <sub>4</sub>	151	A 0,755	0,0050	0,516	0,598	0,681	103,2
		B 0,302	0,0020	0,205	0,211	0,271	102,5
		C 0,151	0,0010	0,105	0,122	0,136	105,0
Mn(NO <sub>3</sub> ) <sup>2</sup>	179	A 0,895	0,0050	0,613	0,716	0,878	122,6
		B 0,342	0,0020	0,223	0,270	0,311	113,8
		C 0,171	0,0010	0,115	0,136	0,156	115,3



<i>ión molecular</i>		<i>Constante de difusión (Long)</i>			<i>Constante de difusión (Bairstein)</i>		
<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>
46,8	52,2	7,59	8,85	9,87	0,127	0,152	0,173
47,3	48,8	19,95	22,35	22,80	0,142	0,154	0,156
46,6	51,1	38,55	44,25	48,45	0,129	0,151	0,169
117,1	129,8	15,30	17,88	19,80	0,128	0,154	0,174
118,4	113,3	40,20	42,60	45,30	0,135	0,166	0,156
120,4	135,3	78,30	92,10	10,38	0,131	0,159	0,184
69,0	79,8	7,53	8,73	10,02	0,125	0,148	0,176
72,0	84,9	20,32	22,65	26,70	0,141	0,156	0,191
63,8	81,0	40,20	42,60	55,05	0,112	0,134	0,181

---

100,4	111,3	12,22	15,92	17,68	0,410	0,692	1,757
97,5	99,8	31,80	35,90	36,55	0,438	0,645	1,735
99,2	103,0	64,70	72,78	75,73	0,452	0,565	1,656
119,6	136,2	15,66	15,84	16,02	0,499	0,682	0,997
105,5	135,0	33,90	34,90	44,85	0,493	0,680	0,974
122,0	136,0	69,53	87,94	90,06	0,516	0,716	1,001
143,2	173,6	13,68	16,00	19,62	0,501	0,698	1,042
135,3	156,1	34,05	39,45	45,45	0,458	0,676	1,042
136,8	156,3	67,25	78,53	91,22	0,484	0,688	1,028

CUADRO N° 1

-----

*Constante de difusión específica*

<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>
0,253	0,295	0,329
0,266	0,298	0,304
0,257	0,295	0,323
0,255	0,298	0,330
0,268	0,284	0,302
0,261	0,307	0,346
0,251	0,291	0,334
0,271	0,302	0,356
0,268	0,284	0,367
0,611	0,796	0,884
0,636	0,718	0,731
0,647	0,728	0,757
0,683	0,792	0,901
0,678	0,698	0,897
0,695	0,874	0,911
0,684	0,800	0,981
0,681	0,789	0,909
0,675	0,795	0,912

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida			D <sub>z</sub> 30
				30°	40°	50°	
Fe Cl <sub>3</sub>	162,4	A 0,541	0,003331	0,196	0,233	0,272	58,
		B 0,216	0,001332	0,078	0,090	0,108	58,
		C 0,108	0,00666	0,042	0,045	0,054	63,
Fe (NO <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>	241,9	A 0,804	0,003323	0,290	0,349	0,407	87
		B 0,320	0,001329	0,114	0,134	0,161	85
		C 0,160	0,00664	0,059	0,067	0,081	88
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>	399,8	A 0,666	0,001665	0,240	0,256	0,268	144
		B 0,266	0,00666	0,093	0,101	0,105	139
		C 0,133	0,00333	0,044	0,052	0,055	132
(NH <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,218	0,001649	0,039	0,057	0,076	23
		B 0,086	0,00659	0,015	0,021	0,031	21
		C 0,043	0,00328	0,008	0,011	0,015	24
Sal doble Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>	399,8	A 0,666	0,001665	0,249	0,352	0,451	149
		B 0,233	0,00666	0,101	0,138	0,178	150
		C 0,133	0,00333	0,050	0,069	0,088	150
Sal doble (NH <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,218	0,001649	0,107	0,135	0,140	64
		B 0,086	0,00659	0,048	0,051	0,070	72
		C 0,043	0,00328	0,024	0,028	0,031	72

<i>Cantidad difundida</i>			<i>Difusión molecular</i>			<i>Constante de difusión (Long.)</i>			<i>Constante de difusión</i>	
<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>
0,196	0,233	0,272	58,8	66,9	81,6	10,88	12,36	15,06	0,195	0,244
0,078	0,090	0,108	58,5	67,5	81,3	27,07	31,20	37,50	0,194	0,234
0,042	0,045	0,054	63,0	67,5	81,0	58,20	62,40	75,0	0,213	0,234
0,290	0,349	0,407	87,2	100,5	122,4	10,80	13,02	15,18	0,194	0,247
0,114	0,134	0,161	85,7	100,8	121,1	26,70	31,35	37,72	0,191	0,240
0,059	0,067	0,081	88,8	100,9	121,9	55,20	62,70	75,90	0,199	0,235
0,240	0,256	0,268	144,1	153,7	160,9	21,60	23,04	24,12	0,194	0,210
0,093	0,101	0,105	139,6	151,6	157,6	54,00	56,85	59,55	0,186	0,212
0,044	0,052	0,055	132,4	156,1	165,1	101,40	119,7	124,5	0,174	0,215
0,039	0,057	0,076	23,6	34,5	46,0	0,587	0,861	1,143	0,095	0,136
0,015	0,021	0,031	22,7	31,8	47,0	1,435	2,013	2,970	0,088	0,121
0,008	0,011	0,015	24,3	32,5	45,7	3,236	4,437	6,055	0,089	0,128
0,249	0,352	0,451	149,5	211,4	270,8	22,38	31,50	40,26	0,203	0,326
0,101	0,138	0,178	150,1	207,2	267,4	56,25	77,7	100,35	0,204	0,317
0,050	0,069	0,088	150,1	207,4	264,4	113,50	156,40	199,80	0,204	0,317
0,107	0,135	0,140	64,8	81,8	86,8	1,643	2,019	2,118	0,360	0,419
0,048	0,051	0,070	72,3	77,3	102,3	4,545	4,892	6,864	0,354	0,390
0,024	0,028	0,031	72,3	85,3	91,4	8,687	11,32	12,12	0,354	0,457

CUADRO N° 2  
 =====

<i>Constante de difusión (Long)</i>			<i>Constante de difusión (Beilstein)</i>			<i>Constante de difusión específica</i>		
<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>
10,88	12,36	15,06	0,195	0,244	0,303	0,362	0,412	0,502
27,07	31,20	37,50	0,194	0,234	0,301	0,361	0,416	0,500
58,20	62,40	75,0	0,213	0,234	0,301	0,388	0,416	0,500
10,80	13,02	15,18	0,194	0,247	0,306	0,360	0,434	0,506
26,70	31,35	37,72	0,191	0,240	0,303	0,356	0,418	0,503
55,20	62,70	75,90	0,199	0,235	0,306	0,368	0,418	0,506
21,60	23,04	24,12	0,194	0,210	0,223	0,360	0,384	0,402
54,00	56,85	59,55	0,186	0,212	0,228	0,349	0,379	0,397
101,40	119,7	124,5	0,184	0,215	0,281	0,338	0,399	0,415
0,587	0,861	1,143	0,095	0,136	0,186	0,178	0,261	0,348
1,435	2,013	2,970	0,088	0,121	0,194	0,174	0,244	0,360
3,236	4,437	6,055	0,089	0,128	0,186	0,186	0,255	0,348
22,38	31,50	40,26	0,203	0,326	0,491	0,373	0,525	0,671
56,25	77,7	100,35	0,204	0,317	0,480	0,375	0,518	0,669
113,50	155,40	199,80	0,204	0,317	0,470	0,375	0,518	0,666
1,643	2,019	2,118	0,360	0,419	0,446	0,498	0,612	0,642
4,545	4,892	6,864	0,354	0,390	0,443	0,551	0,593	0,832
8,687	11,32	12,12	0,354	0,457	0,519	0,551	0,651	0,697

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida			Difusión 30°
				30°	40°	50°	
NiCl <sub>2</sub>	129,7	A 0,648	0,004996	0,166	0,220	0,285	32,2
		B 0,258	0,001998	0,061	0,081	0,110	35,3
		C 0,129	0,00999	0,030	0,044	0,057	30,8
Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	182,7	A 0,913	0,004996	0,232	0,354	0,475	46,4
		B 0,364	0,001998	0,086	0,136	0,183	43,0
		C 0,182	0,00999	0,040	0,066	0,094	40,8
NiSO <sub>4</sub>	154,7	A 0,773	0,004996	0,195	0,320	0,452	39,0
		B 0,308	0,001998	0,070	0,121	0,179	35,8
		C 0,154	0,00999	0,036	0,064	0,090	36,0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,561	0,004243	0,089	0,150	0,201	20,9
		B 0,224	0,001697	0,037	0,060	0,082	21,8
		C 0,112	0,00848	0,018	0,029	0,040	21,2
Ni SO <sub>4</sub>	154,7	A 0,773	0,004996	0,162	0,317	0,458	32,4
		B 0,308	0,001998	0,073	0,125	0,181	36,5
		C 0,154	0,00999	0,041	0,062	0,093	41,0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,561	0,004243	0,022	0,202	0,356	5,1
		B 0,224	0,001697	0,013	0,076	0,135	7,3
		C 0,112	0,00848	0,004	0,037	0,069	4,7

Sal doble

17

18

Nº moléculas gramos	Cantidad difundida			Difusión molecular			Constante de difusión (Long) b.		
	30°	40°	50°	30°	40°	50°	30°	40°	50°
0,004996	0,166	0,220	0,285	32,2	44,3	55,3	5,12	6,78	8,78
0,001998	0,061	0,081	0,110	35,3	45,0	55,0	11,80	15,95	21,30
0,00999	0,030	0,044	0,057	30,8	44,0	57,0	23,25	34,10	44,18
0,004996	0,232	0,354	0,475	46,4	70,8	95,4	4,08	7,74	10,40
0,001998	0,086	0,136	0,183	43,0	68,3	93,5	11,80	18,80	25,35
0,00999	0,040	0,066	0,094	40,8	68,8	94,0	21,97	36,26	51,64
0,004996	0,195	0,320	0,452	39,0	64,0	90,4	5,04	8,26	11,68
0,001998	0,070	0,121	0,179	35,8	60,3	89,5	11,35	19,90	29,05
0,00999	0,036	0,064	0,090	36,0	64,0	90,0	23,37	41,51	58,44
0,004243	0,089	0,150	0,201	20,9	35,3	47,3	0,695	1,174	1,566
0,001697	0,037	0,060	0,082	21,8	35,3	48,3	1,815	2,937	3,872
0,00848	0,018	0,029	0,040	21,2	34,1	47,1	3,520	5,676	7,458
0,004996	0,162	0,317	0,458	32,4	63,4	91,6	4,18	8,20	11,84
0,001998	0,073	0,125	0,181	36,5	62,5	90,5	12,80	20,25	29,35
0,00999	0,041	0,062	0,093	41,0	62,0	93,0	26,62	40,25	60,38
0,004243	0,022	0,202	0,356	5,1	47,6	83,9	0,171	1,584	2,794
0,001697	0,013	0,076	0,135	7,3	44,7	79,6	0,638	3,729	6,622
0,00848	0,004	0,037	0,069	4,7	43,6	81,3	0,814	7,326	13,55

CUADRO Nº 3

<i>Constante de difusión (Long)</i>			<i>Constante de difusión (Reilstein)</i>			<i>Constante de difusión específica</i>		
<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>
1,12	6,78	8,78	0,128	0,180	0,251	0,256	0,339	0,439
1,80	15,95	21,30	0,117	0,163	0,241	0,236	0,319	0,426
3,25	34,10	44,18	0,123	0,181	0,247	0,235	0,341	0,441
1,08	7,74	10,40	0,127	0,213	0,318	0,254	0,387	0,520
1,80	18,80	25,35	0,117	0,203	0,303	0,236	0,376	0,507
1,97	36,26	51,64	0,107	0,194	0,315	0,219	0,366	0,516
5,04	8,26	11,68	0,126	0,232	0,381	0,252	0,413	0,584
1,35	19,90	29,05	0,111	0,216	0,337	0,227	0,398	0,581
3,37	41,51	58,44	0,115	0,233	0,381	0,237	0,411	0,584
0,695	1,174	1,566	0,115	0,135	0,192	0,158	0,267	0,356
1,815	2,937	3,872	0,088	0,135	0,197	0,165	0,267	0,352
3,520	5,676	7,458	0,076	0,130	0,191	0,160	0,258	0,339
4,18	8,20	11,84	0,116	0,229	0,389	0,209	0,410	0,592
2,80	20,25	29,35	0,117	0,226	0,384	0,236	0,405	0,587
6,62	40,25	60,38	0,134	0,223	0,402	0,266	0,402	0,603
0,171	1,584	2,794	0,017	0,193	0,437	0,039	0,360	0,635
0,638	3,729	6,622	0,025	0,179	0,400	0,058	0,339	0,602
0,814	7,326	13,55	0,011	0,174	0,415	0,037	0,333	0,616

Nº 3  
 =====



Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida			Difusión	
				30°	40°	50°	30°	
Co Cl <sub>2</sub>	130	A 0,650	0,0050	0,163	0,225	0,282	32,6	4
		B 0,260	0,0020	0,071	0,090	0,112	35,3	4
		C 0,130	0,0010	0,032	0,047	0,058	32,3	4
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	183	A 0,915	0,0050	0,229	0,353	0,475	45,8	7
		B 0,366	0,0020	0,094	0,147	0,188	47,3	7
		C 0,185	0,0010	0,053	0,070	0,098	53,0	7
Co SO <sub>4</sub>	155	A 0,775	0,0050	0,194	0,322	0,450	38,8	6
		B 0,310	0,0020	0,082	0,132	0,180	41,0	6
		C 0,155	0,0010	0,041	0,065	0,087	41,0	6
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,561	0,004243	0,038	0,149	0,203	20,7	3
		B 0,224	0,001697	0,035	0,058	0,079	20,6	
		C 0,112	0,00848	0,017	0,026	0,038	20,0	3
Co SO <sub>4</sub>	155	A 0,775	0,0050	0,203	0,336	0,367	40,6	6
		B 0,310	0,0020	0,085	0,133	0,146	42,5	6
		C 0,155	0,0010	0,045	0,067	0,072	45,0	6
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,2	A 0,561	0,004243	0,033	0,210	0,384	7,7	4
		B 0,224	0,001697	0,012	0,065	0,150	7,0	
		C 0,212	0,00848	0,005	0,040	0,077	5,8	4

Sal doble

1

2

<i>Cantidad difundida</i>			<i>Difusión molecular</i>			<i>Constante de difusión (Long.)</i>			<i>Constante de difusión (</i>	
<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>	<i>50°</i>	<i>30°</i>	<i>40°</i>
0,163	0,225	0,282	32,6	45,0	56,4	5,14	6,92	8,66	0,125	0,184
0,071	0,090	0,112	35,3	45,0	56,0	13,50	17,30	21,50	0,138	0,184
0,032	0,047	0,058	32,3	47,0	58,0	24,61	36,15	44,61	0,122	0,194
0,229	0,353	0,475	45,8	70,6	95,0	5,04	7,70	10,22	0,125	0,211
0,094	0,147	0,188	47,3	73,0	94,3	12,90	20,05	25,65	0,128	0,223
0,053	0,070	0,098	53,0	70,0	98,0	28,64	37,83	52,97	0,146	0,206
0,194	0,322	0,450	38,8	64,8	90,0	5,06	8,30	11,62	0,125	0,233
0,082	0,132	0,180	41,0	66,0	90,0	13,20	22,25	29,00	0,133	0,240
0,041	0,065	0,087	41,0	65,0	87,3	25,03	41,54	58,19	0,133	0,236
0,038	0,149	0,200	20,7	35,1	47,1	7,040	11,66	15,66	0,074	0,134
0,035	0,058	0,079	20,6	34,1	46,5	1,716	2,838	3,872	0,073	0,130
0,017	0,026	0,038	20,0	33,6	44,8	3,432	5,104	7,458	0,071	0,114
0,203	0,336	0,367	40,6	67,2	73,4	5,38	8,66	9,46	0,131	0,246
0,085	0,133	0,146	42,5	66,5	73,0	13,70	21,45	23,50	0,139	0,243
0,045	0,067	0,072	45,0	67,0	72,8	26,19	43,35	47,35	0,148	0,245
0,033	0,210	0,384	7,7	49,4	90,4	2,552	16,41	30,09	0,026	0,203
0,012	0,065	0,150	7,0	46,5	88,8	0,583	3,201	8,359	0,023	0,148
0,005	0,040	0,077	5,8	47,1	90,8	1,012	7,722	15,11	0,019	0,191

CUADRO N° 4  
 =====

	Constante de difusión (Long)		Constante de difusión (Reilstein)			Constante de difusión específica		
	40°	50°	30°	40°	50°	30°	40°	50°
14	6,92	8,66	0,125	0,184	0,247	0,257	0,346	0,433
10	17,30	21,50	0,138	0,184	0,244	0,270	0,346	0,430
11	36,15	44,61	0,122	0,194	0,256	0,246	0,361	0,446
04	7,70	10,22	0,125	0,211	0,317	0,252	0,385	0,511
00	20,05	25,65	0,128	0,223	0,313	0,258	0,401	0,513
14	37,83	52,97	0,146	0,206	0,327	0,284	0,378	0,527
06	8,30	11,62	0,125	0,233	0,377	0,253	0,415	0,581
10	22,25	29,00	0,133	0,240	0,373	0,264	0,425	0,580
03	41,54	58,19	0,133	0,236	0,357	0,264	0,413	0,562
040	11,66	15,66	0,074	0,134	0,196	0,160	0,265	0,356
16	2,838	3,872	0,073	0,130	0,188	0,156	0,258	0,352
132	8,104	7,458	0,071	0,114	0,179	0,156	0,232	0,339
18	8,66	9,46	0,131	0,246	0,278	0,269	0,433	0,473
70	21,45	23,50	0,139	0,243	0,276	0,274	0,429	0,470
19	43,35	47,35	0,148	0,245	0,271	0,290	0,432	0,464
152	16,41	30,09	0,026	0,203	0,500	0,058	0,373	0,684
183	3,201	8,359	0,023	0,148	0,481	0,053	0,291	0,669
012	7,722	15,11	0,019	0,191	0,505	0,046	0,351	0,687

) N° 4  
 =====

*Mezclas a 30°*

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida	Difusión molecular	Constante de difusión (long)	Constante de difusión (Re)	
Cl (	(Ca <sup>++</sup> )	158,6	0,264	0,001564	0,060	36,0	6,71	0,116
	(Ni <sup>++</sup> )	129,7	0,234	0,002498	0,068	27,2	1,13	0,101
NO <sub>3</sub> (	(Fe <sup>+++</sup> )	241,9	0,402	0,001661	0,122	73,4	9,09	0,102
	(Ni <sup>++</sup> )	182,7	0,456	0,002498	0,096	38,3	4,30	0,157
SO <sub>4</sub> (	(Fe <sup>+++</sup> )	399,8	0,333	0,00832	0,113	135,8	20,34	0,180
	(Mn <sup>++</sup> )	392,2	0,377	0,0025	0,227	90,8	12,04	0,400
Fe <sup>++</sup> (	(SO <sub>4</sub> )	399,8	0,333	0,00832	0,093	111,7	16,74	0,142
	(NO <sub>3</sub> )	241,9	0,402	0,001661	0,162	97,5	12,24	0,224
Mn <sup>++</sup> (	(SO <sub>4</sub> )	392,2	0,377	0,0025	0,257	102,8	13,74	0,497
	(NO <sub>3</sub> )	238,1	0,477	0,0025	0,258	103,2	11,54	0,371
Co <sup>++</sup> (	(SO <sub>4</sub> )	145	0,387	0,0025	0,117	45,3	8,06	0,136
	(Cl)	130	0,325	0,0025	0,055	26,0	4,16	0,096
(	(Ni Cl <sub>2</sub> )	129,7	0,234	0,002498	0,057	27,1	4,14	0,103
(	(Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	399,8	0,333	0,00832	0,094	111,5	5,34	0,140

CUADRO Nº 5

*Mezclas a 30°*

Difusión molecular	Constante de difusión		Constante específica de difusión				
	(long)	(Reib.)	separados	suma	mezcla	suma diferencia	
36,0	6,71	0,116	0,253		0,227	0,026	
27,2	1,18	0,101	0,256		0,209	0,047	
				0,509		0,436	0,073
73,4	9,09	0,102	0,360		0,303	0,057	
58,3	4,30	0,157	0,254		0,215	0,049	
				0,614		0,518	0,096
135,8	20,34	0,180	0,360		0,339	0,021	
90,8	12,04	0,400	0,683		0,605	0,078	
				1,043		0,944	0,099
111,7	16,74	0,142	0,360		0,279	0,081	
97,5	12,24	0,224	0,360		0,403	-0,048	
				0,720		0,787	-0,067
102,8	13,74	0,497	0,683		0,687	0,005	
103,2	11,54	0,371	0,684		0,597	0,087	
				1,367		1,284	0,083
45,8	6,06	0,136	0,253		0,303	-0,050	
26,0	4,16	0,096	0,257		0,208	0,049	
				0,510		0,511	0,001
27,1	4,14	0,103	0,256		0,237	0,019	
111,5	5,34	0,140	0,360		0,297	0,073	
				0,616		0,534	0,082

CUADRO Nº 5

*Mezclas*

<i>Sal</i>	<i>Peso molecular</i>	<i>Concentración</i>	<i>Nº moléculas gramos</i>	<i>Cantidad difundida</i>	<i>Difusión molecular</i>	<i>Constante de difusión (long)</i>	
Fe <sup>+++</sup>	(Cl)	162,4	0,180	0,00111	0,060	54,0	9,99
	(SO <sub>4</sub> )	399,8	0,202	0,00555	0,092	165,7	24,84
	(NO <sub>3</sub> )	241,9	0,268	0,001107	0,108	97,5	24,58
Cr <sup>+++</sup>	(Cl)	152,6	0,176	0,001109	0,046	41,4	7,89
	(SO <sub>4</sub> )	392,2	0,217	0,00554	0,038	68,5	10,50
	(NO <sub>3</sub> )	238,1	0,264	0,00111	0,094	84,6	10,68
Mn <sup>++</sup>	(Cl)	128	0,210	0,001666	0,120	72,0	11,48
	(SO <sub>4</sub> )	151	0,251	0,001666	0,151	90,6	12,10
	(NO <sub>3</sub> )	179	0,298	0,001666	0,188	112,8	12,60
Ni <sup>++</sup>	(Cl)	129,7	0,216	0,001665	0,056	33,6	5,18
	(SO <sub>4</sub> )	154,7	0,257	0,001665	0,077	46,2	5,92
	(NO <sub>3</sub> )	182,7	0,304	0,001665	0,054	32,4	3,84
Co <sup>++</sup>	(Cl)	130	0,216	0,001666	0,056	33,6	5,18
	(SO <sub>4</sub> )	155	0,258	0,001666	0,058	34,8	4,48
	(NO <sub>3</sub> )	183	0,305	0,001666	0,065	39,0	4,26

*Mezclas a 30°*

Cantidad difundida	Difusión molecular	Constante de difusión (longitud)	Constante de difusión (Reichleim)	Constante específica de difusión				
				separados	suma	mezcla	suma diferencia	
0,080	54,0	9,99	0,175	0,362	0,333	0,029		
0,092	168,7	24,64	0,232	0,360	0,414	-0,054		
0,108	97,5	24,58	0,228	0,360	0,409	-0,049		
					1,092		1,156	-0,064
0,046	41,4	7,89	0,131	0,253	0,263	-0,010		
0,038	68,5	10,50	0,081	0,255	0,175	0,080		
0,094	84,6	10,68	0,191	0,251	0,256	0,005		
					0,759		0,694	0,065
0,120	72,0	11,48	0,367	0,611	0,674	-0,063		
0,151	90,6	12,10	0,399	0,683	0,605	0,078		
0,188	112,8	12,60	0,432	0,684	0,630	0,054		
					1,978		1,909	0,069
0,056	33,6	5,18	0,130	0,256	0,259	-0,003		
0,077	46,2	5,92	0,154	0,252	0,296	-0,044		
0,054	32,4	3,54	0,084	0,254	0,177	0,077		
					0,762		0,722	0,040
0,056	33,6	5,18	0,130	0,257	0,259	-0,002		
0,058	34,8	4,48	0,110	0,253	0,224	0,029		
0,065	39,0	4,26	0,104	0,252	0,213	0,039		
					0,762		0,696	0,066

CUADRO N° 6

*Mezclas a 40*

<i>Sal</i>	<i>Peso molecular</i>	<i>concentración</i>	<i>Nº moléculas gramol</i>	<i>Cantidad difundida</i>	<i>Difusión molecular</i>	<i>Constante de difusión (long)/difus</i>	
Cl	(Fe <sup>+++</sup> )	162,4	0,070	0,001665	0,150	73,0	12,16
	(Co <sup>++</sup> )		0,325	0,0025	0,095	94,0	4,86
SO <sub>4</sub>	(Cr <sup>+++</sup> )	392,2	0,326	0,00532	0,046	103,8	21,78
	(Mn <sup>++</sup> )	151	0,377	0,0025	0,257	106,8	14,04
NO <sub>3</sub>	(Fe <sup>+++</sup> )	241,9	0,402	0,001661	0,102	111,5	16,31
	(Co <sup>++</sup> )	123	0,457	0,0025	0,187	62,8	7,00
Fe <sup>+++</sup>	(Cl)	162,4	0,270	0,001665	0,110	66,0	12,16
	(NO <sub>3</sub> )	241,9	0,402	0,001661	0,115	91,8	11,84
Cr <sup>+++</sup>	(NO <sub>3</sub> )	332,1	0,356	0,001661	0,090	57,6	7,32
	(SO <sub>4</sub> )	392,2	0,326	0,00532	0,076	91,3	6,09
Mn <sup>++</sup>	(Cl)	151	0,315	0,0025	0,045	96,0	15,54
	(SO <sub>4</sub> )	151	0,377	0,0025	0,077	110,8	14,58
	(Fe Cl <sub>3</sub> )	162,4	0,270	0,001665	0,112	66,3	12,16
	(CoSO <sub>4</sub> )	123	0,387	0,0025	0,180	68,8	8,20



*Mezclas a 40°*

Evidencia	Difusión molecular	Constante de difusión (cm <sup>2</sup> /seg)	Constante de difusión (Pailley)	Constante específica de difusión			
				separados	suma	mezcla	suma diferencia
,130	78,0	12,46	0,285	0,412		0,452	-0,072
,095	38,0	4,86	0,150	0,346		0,293	0,053
					0,758		0,775 0,017
,066	103,8	21,78	0,133	0,298		0,363	-0,065
,257	106,8	14,04	0,622	0,792		0,702	0,090
					1,090		1,065 0,035
,192	115,5	14,31	0,127	0,434		0,477	-0,043
,157	62,8	7,00	0,182	0,385		0,345	0,040
					0,819		0,822 -0,003
,110	66,0	12,21	0,227	0,412		0,407	0,005
,182	91,5	11,34	0,206	0,434		0,378	0,056
					0,846		0,785 0,061
,096	57,6	7,32	0,120	0,291		0,244	0,053
,076	91,3	6,99	0,115	0,298		0,273	0,025
					0,589		0,617 0,072
,245	98,0	15,54	0,653	0,796		0,777	0,019
,277	110,8	14,63	0,576	0,792		0,734	0,058
					1,588		1,611 0,077
,112	66,3	12,18	0,232	0,412		0,406	0,006
,160	65,6	8,20	0,229	0,415		0,410	0,008
					0,827		0,816 0,011

CUADRO N° 7  
=====

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº moléculas gramos	Cantidad difundida	Difusión molecular
Fe <sup>+++</sup>	(Cl) 162,4	0,170	0,00111	0,070	51,6
	(SO <sub>4</sub> ) 334,4	0,170	0,00055	0,112	100,0
	(NO <sub>3</sub> ) 161,2	0,170	0,001107	0,162	140,0
Cr <sup>+++</sup>	(Cl) 214,6	0,170	0,001105	0,050	45,0
	(SO <sub>4</sub> ) 332,8	0,170	0,00054	0,067	100,0
	(NO <sub>3</sub> ) 134,1	0,170	0,00111	0,104	93,0
Mn <sup>+++</sup>	(Cl) 110,0	0,210	0,001666	0,160	90,0
	(SO <sub>4</sub> ) 151	0,210	0,001666	0,107	110,0
	(NO <sub>3</sub> ) 179	0,210	0,001666	0,203	124,0
Ni <sup>+++</sup>	(Cl) 149,7	0,210	0,001666	0,086	51,6
	(SO <sub>4</sub> ) 184,7	0,210	0,001666	0,094	58,0
	(NO <sub>3</sub> ) 132,7	0,210	0,001666	0,104	62,0
Co <sup>+++</sup>	(Cl) 130	0,210	0,001666	0,086	51,6
	(SO <sub>4</sub> ) 186	0,210	0,001666	0,086	52,0
	(NO <sub>3</sub> ) 133	0,210	0,001666	0,103	61,0

*Mezclas a 40°*

Láculas nos	Cantidad difundida	Difusión molecular	Constante de difusión (long)	Constante de difusión (Reilstein)	Constante específica de difusión			
					separada	suma	mezcla	suma diferencia
0111	0,070	63,0	11,64	0,300	0,412	0,388		0,024
0555	0,112	202,8	30,24	0,304	0,384	0,404		-0,020
01107	0,162	146,4	18,12	0,282	0,434	0,501		-0,070
						1,230	1,296	0,066
01109	0,056	50,4	9,54	0,166	0,295	0,308		-0,013
0554	0,067	120,9	18,48	0,160	0,294	0,308		-0,014
0111	0,104	93,6	11,79	0,217	0,295	0,363		-0,068
						0,884	0,979	0,095
01666	0,160	96,0	15,22	0,623	0,796	0,761		0,035
01666	0,197	118,2	15,68	0,496	0,792	0,784		0,008
01666	0,208	124,8	13,98	0,519	0,800	0,799		0,001
						2,388	2,344	0,044
01665	0,086	51,6	7,96	0,220	0,339	0,398		-0,059
01665	0,098	58,8	7,66	0,205	0,413	0,383		0,030
01665	0,104	62,4	6,84	0,181	0,387	0,342		0,045
						1,139	1,123	0,016
01666	0,086	51,6	7,96	0,220	0,346	0,398		-0,052
01666	0,088	52,8	8,06	0,181	0,415	0,403		0,012
01666	0,105	63,0	6,88	0,183	0,385	0,344		0,041
						1,146	1,145	0,001

CUADRO N° 8  
=====

Moey

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº molecular gramos	Cantidad difundida	Difusión molecul.	
SO <sub>4</sub>	{ Fe <sup>+++</sup>	399,8	0,333	0,00832	0,163	195,
	{ Co <sup>++</sup>	155	0,387	0,0025	0,197	78,
NO <sub>3</sub>	{ Cr <sup>+++</sup>	238,1	0,396	0,001665	0,166	99,
	{ Mn <sup>++</sup>	179	0,447	0,0025	0,357	142,
Cl	{ Fe <sup>+++</sup>	162,4	0,270	0,001665	0,140	84,
	{ Ni <sup>++</sup>	129,7	0,324	0,002498	0,124	49,
Ni <sup>++</sup>	{ SO <sub>4</sub>	154,7	0,386	0,002498	0,216	86,
	{ NO <sub>3</sub>	182,7	0,456	0,002498	0,226	90,
Co <sup>++</sup>	{ Cl	130	0,325	0,0025	0,145	58,
	{ NO <sub>3</sub>	183	0,457	0,0025	0,247	98,
Cr <sup>+++</sup>	{ SO <sub>4</sub>	392,2	0,326	0,00832	0,096	115,
	{ NO <sub>3</sub>	238,1	0,396	0,001665	0,177	106,
	{ CrCl <sub>3</sub>	158,6	0,264	0,001664	0,087	49,
	{ MnSO <sub>4</sub>	151	0,377	0,0025	0,340	136,

CUAD  
=====

# Mezclas a 50°

Ord. de la muestra	Difusión molecular	Constante de difusión (long)	Constante de difusión (Baileys)	Constante específica de difusión			
				separados	suma	mezcla	suma diferencia
33	195,9	29,34	0,243	0,402		0,469	-0,067
37	78,8	10,12	0,357	0,581		0,509	0,072
					0,983		0,998 -0,015
36	99,7	12,57	0,235	0,330		0,419	-0,089
37	142,8	15,96	0,696	0,981		0,898	0,083
					1,311		1,317 0,006
40	84,8	15,54	0,317	0,502		0,518	-0,016
24	49,6	7,64	0,209	0,439		0,382	0,057
					0,941		0,900 0,041
16	96,4	11,18	0,356	0,584		0,559	0,025
26	90,4	9,90	0,297	0,520		0,495	0,025
					1,104		1,084 0,020
45	55,0	8,92	0,256	0,433		0,446	-0,013
47	98,8	10,50	0,337	0,511		0,540	-0,029
					0,944		0,986 -0,042
196	115,3	17,64	0,151	0,330		0,294	0,036
177	106,3	12,32	0,150	0,334		0,426	-0,082
					0,664		0,720 -0,056
127	49,8	9,78	0,172	0,329		0,326	0,003
140	136,0	18,00	0,993	0,900		0,901	-0,001
					1,229		1,227 0,002

CUADRO N° 9  
=====

Mezclas a 50°

Sal	Peso molecular	Concentración	Nº. moléculas gramos	Cantidad difundida	Difusión molecular	Constante de difusión (long)	Constante de difusión	
Fe <sup>+++</sup>	(Cl	162,4	0,180	0,00111	0,085	76,5	14,16	0,2
	(SO <sub>4</sub>	399,8	0,222	0,00555	0,122	219,7	32,94	0,3
	(NO <sub>3</sub>	241,9	0,268	0,001107	0,138	124,6	15,42	0,3
Cr <sup>+++</sup>	(Cl	158,6	0,176	0,001109	0,078	70,3	13,23	0,2
	(SO <sub>4</sub>	392,2	0,217	0,00554	0,077	138,8	21,54	0,1
	(NO <sub>3</sub>	238,1	0,264	0,00111	0,124	111,7	13,98	0,2
Mn <sup>++</sup>	(Cl	126	0,210	0,001666	0,170	102,0	16,10	0,7
	(SO <sub>4</sub>	151	0,251	0,001666	0,181	108,6	14,42	0,5
	(NO <sub>3</sub>	179	0,298	0,001666	0,268	160,8	17,96	0,9
Ni <sup>++</sup>	(Cl	129,7	0,216	0,001665	0,096	57,6	8,88	0,2
	(SO <sub>4</sub>	154,7	0,257	0,001665	0,113	67,8	8,78	0,2
	(NO <sub>3</sub>	182,7	0,304	0,001665	0,124	74,4	8,18	0,2
Co <sup>++</sup>	(Cl	130	0,216	0,001666	0,106	63,6	9,94	0,2
	(SO <sub>4</sub>	155	0,218	0,001666	0,148	88,8	13,56	0,2
	(NO <sub>3</sub>	183	0,305	0,001666	0,135	81,0	9,92	0,2

CUADRO N° 10

mezclas a 50°

n	Constante de difusión (long)	Constante de difusión (Bilstein)	Constante específica de difusión			
			separados	suma	mezcla	suma diferencia
5	14,16	0,277	0,502		0,472	0,030
7	32,94	0,346	0,500		0,549	- 0,049
5	15,42	0,314	0,506		0,514	- 0,008
				1,503		1,535 - 0,027
5	13,23	0,245	0,329		0,401	- 0,072
3	21,54	0,193	0,330		0,339	- 0,009
7	13,98	0,275	0,334		0,426	- 0,092
				0,993		1,166 0,173
5	16,10	0,720	0,884		0,806	0,079
5	14,42	0,554	0,901		0,921	- 0,020
3	17,96	0,997	0,981		0,898	0,083
				2,766		2,724 0,042
5	8,88	0,255	0,429		0,444	- 0,015
3	8,78	0,295	0,584		0,489	0,095
4	8,18	0,227	0,520		0,429	0,091
				1,533		1,362 0,171
5	9,94	0,293	0,433		0,497	- 0,064
3	13,56	0,265	0,581		0,678	- 0,097
5	9,92	0,253	0,611		0,446	0,065
				1,525		1,621 - 0,096

CUADRO N° 10

- INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS -

-----

Indicaré á continuación la interpretación general de los cuadros anteriores, despreciando las pequeñas diferencias existentes en una misma constante á las distintas concentraciones y temperaturas, puesto que estas constantes dependen de la cantidad difundida, la cual depende al mismo tiempo de la cantidad de solución y de los métodos empleados para efectuar los dosages; además siendo los resultados indicados el término medio de dos experiencias, sería demasiado aventurado dar interpretaciones especiales al respecto.-

a) - CASO DE UN SOLO CUERPO.-

Observando los cuadros nº 1, nº 2, nº 3 y nº 4 vemos que:

Cantidad difundida.- La cantidad difundida en 24 horas es proporcional á la concentración, y para una misma concentración es proporcional á la temperatura.-

En las sales dobles estudiadas, los sulfatos de fierro, de níquel y de cobalto correspondientes á la sal doble, la cantidad difundida es la misma que si se efectuara por si sola, á excepción del sulfato férrico de la sal doble que es mayor á 40º y 50º; el sulfato de amonio correspondiente á la sal doble es mayor que si se difundiera aisladamente, á excepción del sulfato de amonio correspondiente á los sulfatos de níquel y cobalto que á 30º son menores que si se difundieran por si solos.-

Difusión molecular.- La difusión molecular es igual para una misma sal cualquiera sea la concentración, y para una misma concentración es proporcional á la temperatura.-

La constante de difusión molecular de cada uno de los



componentes de las sales dobles son distintas á las correspondientes de la sal simple, puesto que dependen de la cantidad difundida, á excepción del sulfato de níquel y del sulfato de cobalto para las tres temperaturas y del sulfato férrico á 30° de las sales dobles, los cuales son iguales á la cantidad difundida de dichos sulfatos estudiados aisladamente.-

La misma observación se aplica á las demás constantes halladas.-

CONSTANTE DE DIFUSION (LONG).- La constante de difusión indicada por Long y llevada á mis experiencias resulta que es igual para una misma base cualquiera sea el radical ácido y para una misma concentración á excepción de los ácidos hibásicos de las sales trivalentes; y para una misma concentración es también proporcional á la temperatura.-

CONSTANTE DE DIFUSION (BEILSTEIN).- La constante de difusión indicada por Beilstein y llevada á mis experiencias, resulta que, es igual para una misma base cualquiera sea el radical ácido y la concentración, siendo también proporcional á la temperatura.-

CONSTANTE DE DIFUSION ESPECIFICA.- Con esta constante se obtienen conclusiones iguales á las halladas con las constantes de difusión indicadas por Beilstein.-

b) - CASO DE LAS MEZCLAS.- Observando los cuadros nº 5, nº 6, nº 7, nº 8, nº 9 y nº 10 vemos que en las mezclas se han hallado todas las anteriores constantes, siendo las mismas que las efectuadas de los componentes aisladamente; aunque según lo hacen ver las comparaciones hechas con la constante de difusión específica hallada para las sales estudiadas aisladamente y para los componentes de las mezclas, se observa una diferencia

ya sea en más o en menos, lo que indicaría probablemente que  
las sales al aumentar varía la cantidad difundida.

---

**- CONCLUSIONES -**

-----

Se deduce del estudio anterior que, la cantidad difundida depende únicamente de la temperatura y del radical electrolítico positivo, no del electrolítico negativo.-

Que en las mezclas de sales estudiadas no hay ninguna reacción química que haga variar sus difusiones parciales y todo se hace como si cada una estuviera sola.-

Que en las sales dobles estudiadas la cantidad difundida no guarda relación entre sus componentes, aunque se observe influencia, haciendo variar cada uno de ellos la difusión del otro, de manera que en los casos estudiados la difusión se comporta como agente de disociación.-

**MARIO TORRE.-**

---

Presentada en la fecha, constanding de (34) treinta y cuatro páginas.-

Buenos Aires, Septiembre 19 de 1913.-

Pedro J. Coni.

Secretario

Buenos Aires, Septiembre 19 de 1913.-

Pase á la Comisión examinadora N<sup>o</sup> 22 para que se sirva estudiar la presente tesis.-

Sarhy  
Decano

Pedro J. Coni  
Secretario

Buenos Aires, Octubre 2 de 1913.-

Los miembros de la Comisión examinadora respectiva, que firman, certifican haber estudiado la presente tesis y resuelven aceptarla.-

Julio J. Gatti - E. Ferrero

Doucloux.- H. Damianovich.-

F.W. Gándara.- Angel Sabatini.-

M. Leguizamón Pondal.-