

## FUERZAS INTERMOLECULARES Y SOLUBILIDAD (FIS)

### ▪ OBJETIVO(S) ACADÉMICO(S)

Que el alumno identifique las fuerzas intermoleculares y diferencie el tipo de interacción intermolecular mediante pruebas de solubilidad.

### ▪ PROBLEMA

*En términos de fuerzas intermoleculares, ¿cuándo es posible disolver una sustancia en otra?*

### Introducción

Los enlaces iónicos y covalentes son interacciones *fuertes*, responsables de mantener unidos a los átomos que constituyen un compuesto. Adicionalmente, entre las moléculas se dan otro tipo interacciones, de menor magnitud, conocidas como fuerzas *débiles*. A pesar de que pueden romperse con mayor facilidad, las fuerzas débiles influyen de manera importante sobre las propiedades de los compuestos, tales como la solubilidad, el punto de fusión, el punto de ebullición, etcétera.

Las fuerzas intermoleculares débiles (ver tabla 1) pueden clasificarse como:

- Ion-dipolo
- Dipolo-dipolo
- Ion-dipolo inducido
- Dipolo-dipolo inducido
- Dipolo instantáneo-dipolo inducido

**NOTA 1:** En una especie química sin momento dipolar se puede inducir uno al aproximar una carga (o un dipolo) a su nube electrónica. Cuando esto sucede, se dice que se ha generado un *dipolo inducido*. Es en las especies más polarizables, en las que es más fácil inducir un dipolo.

**NOTA 2:** Aun entre especies sin momento dipolar y sin la presencia de cargas o dipolos que induzcan en ellas un dipolo, éste puede formarse de manera espontánea, al menos brevemente. La probabilidad de que una nube electrónica se deforme, dando lugar a regiones con mayor densidad electrónica que otras, no es cero. Estos *dipolos instantáneos* pueden inducir dipolos en las moléculas vecinas.

**NOTA 3:** Un caso muy especial de atracción dipolo-dipolo se da cuando hay un enlace entre un átomo de hidrógeno y un átomo muy electronegativo, como O, N, F o Cl, de manera que el hidrógeno interactúa con dos átomos electronegativos provenientes de distintas moléculas, formando un *puente* entre ellas, por lo que a este tipo de interacción se le conoce como *puente de hidrógeno*.

**Tabla 1. Interacciones entre átomos y moléculas.**

Tipo de interacción	Magnitud de la interacción	Función energía-distancia
<u>Covalente</u> <sup>a</sup>	Muy fuerte	Compleja, pero comparativamente de largo alcance
<u>Iónica</u> <sup>a</sup>	Muy fuerte	$1/r$ , comparativamente de largo alcance
<u>Ion-dipolo</u>	Fuerte	$1/r^2$ , de corto alcance
<u>Dipolo-dipolo</u>	Moderadamente fuerte	$1/r^3$ , de corto alcance
<u>Ion-dipolo inducido</u>	Débil	$1/r^4$ , de muy corto alcance
<u>Dipolo-dipolo inducido</u>	Muy débil	$1/r^6$ , de alcance extremadamente corto
<u>Dipolo instantáneo-dipolo inducido</u>	Extremadamente débil	$1/r^6$ , extremadamente de corto alcance

<sup>a</sup> Interacciones identificadas generalmente en enlaces interatómicos.

▪ **REACTIVOS**

Agua	Acetona (CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> )
Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	Metanol (MeOH)
Etanol (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH)	Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )
Eter etílico (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> )	Yodo (I <sub>2</sub> )
Yoduro de potasio (KI)	Acetilacetonato de hierro(III) (Fe(acac) <sub>3</sub> )

\*Ver Apéndice II

▪ **EQUIPO**

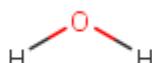
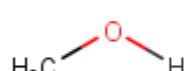
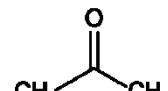
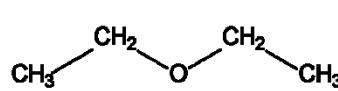
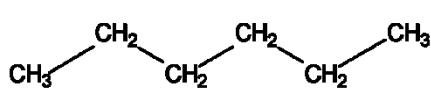
Material por equipo

Pipeta volumétrica 1 mL	5	Gradilla	1
Tubo de ensaye 13x100	10	Espátula	1

☒ **DESARROLLO EXPERIMENTAL Y CUESTIONARIO**

**Procedimiento experimental**

1.- Tienes frente a ti una serie de disolventes: hexano, éter, acetona, metanol y agua. Analiza la fórmula desarrollada de estos compuestos (ver figura 1) y contesta las preguntas siguientes.



**Figura 1. Estructuras de los disolventes a utilizar en esta práctica. a) hexano; b) éter; c) acetona; d) metanol; e) agua.**

a) ¿Qué tipo de interacción se manifiesta las moléculas de cada disolvente? (Llena la tabla 2)

**Tabla 2. Interacciones entre moléculas de disolventes puros.**

Moléculas	Tipo de interacción
Hexano-Hexano	
Éter-Éter	
Acetona-Acetona	
Metanol-Metanol	
Agua-Agua	

b) De acuerdo con lo que anotaste en la tabla anterior, coloca los disolventes en orden decreciente de la fuerza intermolecular que mantiene unidas sus moléculas:

\_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_  
 2.- Prueba la miscibilidad de los diferentes disolventes. Llena la tabla 3, marcando con una ✓ cuando dos disolventes resulten ser miscibles y con una X cuando no lo sean.

**Tabla 3. Resultados de miscibilidad al mezclar pares de disolventes.**

	Éter	Metanol	Hexano	H <sub>2</sub> O
Acetona				
Éter				
Metanol				
Hexano				

a) ¿Qué tipo de interacción se manifiesta o puede manifestarse entre las moléculas de los diferentes disolventes que componen cada una de las mezclas que probaste? (Completa la tabla 4.)

**Tabla 4. Interacciones entre moléculas de dos disolventes distintos.**

Moléculas	Tipo de interacción
Acetona-Éter	
Acetona-Metanol	
Acetona-Hexano	
Acetona-Agua	
Éter-Metanol	
Éter-Hexano	
Éter-Agua	
Metanol-Hexano	
Metanol-Agua	
Hexano-Agua	

3.- En un tubo de ensaye coloca 0.5 mL de agua y posteriormente agrega 0.5 mL de éter. Agita y observa. Adiciona unas gotas de acetona. Agita VIGOROSAMENTE y observa con mucha atención lo que pasa.

a) ¿A cuál de las dos fases se integra la acetona?

---

b) ¿Cómo puedes explicarlo?

---

---

4.- Continúa con la adición de acetona hasta que hayas añadido 2 mL. No olvides agitar VIGOROSAMENTE al final de la adición. Al final observa con mucha atención.

a) ¿Qué pasó?

---

b) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

---

5.- Disuelve un cristal (muy pequeño) de yodo en 1 mL de acetona y observa. Repite la operación en otro tubo de ensaye, pero ahora con hexano. Observa. A este último tubo añádele, mililitro por mililitro, 3 mL totales de acetona. Anota tus observaciones.

---

Pon un cristal de yodo en tubo de ensayo y calienta suavemente hasta observar el color del vapor de yodo. Anota tus observaciones

¿En qué disolvente el color de iodo sufrió mayor cambio comparando con su color en la fase gaseosa? ¿Qué significa esto? Toma en cuenta que en la fase gaseosa las moléculas de  $I_2$  son aisladas y no presentan interacciones intermoleculares.

---

a) Describe lo que pasó entre el yodo y la acetona:

---

---

b) ¿Qué tipo de interacción intermolecular se manifiesta entre el yodo y la acetona?

---

c) Describe lo que observaste en el tubo que contiene yodo y hexano

---

---

d) ¿Qué tipo de interacción intermolecular se presenta entre el yodo y el hexano?

---

---

e) Describe lo que observaste en el tubo que contenía yodo y hexano al agregar la acetona:

---

---

f) ¿Cuál de las dos posibles interacciones predomina y que explicación sugieres para esta observación?

---

---

g) Despues de realizado este experimento, ¿qué opinión tienes acerca de la conocida regla empírica “lo similar disuelve a lo similar”?

---

---

6.- En un tubo de ensaye coloca un pequeño cristal de yodo. Agrega 1 mL de agua e intenta disolver el cristal, agitando vigorosamente. Separa el agua colocándola en otro tubo.

a) ¿Qué pasó?

---

b) ¿Por qué?

---

---

A este último tubo, adiciona 1 mL de hexano. Agita vigorosamente y observa.

c) ¿Qué pasó?

---

d) ¿Por qué?

---

---

7.- Disuelve otro cristalito de yodo en un tubo con 1 mL de agua. En otro tubo disuelve una pequeña cantidad de yoduro de potasio, KI. Vierte la disolución de KI al tubo con la disolución de yodo y toma nota de tus observaciones.

---

---

---

**INFORMACIÓN:** la reacción que se lleva a cabo es  $K^+ + I^- + I_2 \rightleftharpoons K^+ + I_3^-$

a) ¿Qué tipo de interacción es la que da origen a la especie  $I_3^-$ ?

---

---

---

8.- Al tubo final del punto 6 agrégale una pequeña cantidad de KI y agítalo vigorosamente.

a) Describe lo que observaste y explica lo que sucedió en función de fuerzas intermoleculares:

---

---

---

9.- En términos de fuerzas intermoleculares, ¿cuándo es posible disolver una sustancia en otra?

---

---

---

10.- **“Torito” experimental:** Coloca 3 mL de agua en un tubo de ensaye y añade un poco de acetilacetonato de hierro(III) (lo que tomes con la punta de una espátula), procura que se disuelva completamente el compuesto. Anota tus observaciones:

---

---

---

a) Separa en 3 tubos de ensayo 1 mL de disolución del compuesto y a cada tubo añade 2 mL de éter etílico. Al primer tubo no le añadas nada más, agita vigorosamente y anota tus observaciones:

---

---

---

b) Al segundo tubo añade un tanto de NaCl sólido (lo que cabe en la espátula), agita vigorosamente y anota tus observaciones.

---

---

---

c) Al tercer tubo añade dos tantos de NaCl sólido (lo que cabe en la espátula), agita vigorosamente y anota tus observaciones.

---

---

---

d) Considerando las interacciones intermoleculares, ¿cómo podrías explicar lo que observaste en los diferentes tubos?

---

---

---

### Para pensar...

11.- Si las interacciones ion-ion son mucho más fuertes que las interacciones ion-dipolo, ¿por qué muchos compuestos iónicos son solubles en agua?

---

---

---

### ② REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Atkins, P.; Overtone, T. Rourke, J.; Weller, M. Química Inorgánica. McGraw Hill, México, 2008.
2. Chang, R. Química. McGraw-Hill, México, 1999.
3. Cotton, F. A.; Wilkinson, G. Química Inorgánica básica. Limusa-Wiley, México, 2010.
4. Cotton, F. A. Advanced inorganic chemistry. J. Wiley, New York, 1999
5. Huheey, J.E.; Keiter. E.A.; Keiter, R.L. Química inorgánica: principios de estructura y reactividad. Harla, México, 1997.
6. Rayner-Canham, G. Química Inorgánica Descriptiva. Pearson Educación, México, 2000.
7. Wulfsberg, G. Inorganic Chemistry. University Science Books, California, 2000.

**Apéndice I: Conocimientos previos**

Dipolo, Electronegatividad, Geometría, Interacciones intramoleculares, Interacciones intermoleculares, Ion-dipolo, Dipolo-dipolo, Puente de hidrógeno, Ion-dipolo inducido, Dipolo-dipolo inducido, Fuerzas de London (Dipolo instantáneo-dipolo inducido), Solubilidad.

**Apéndice II: Preparación de reactivos**

Todos los reactivos de calidad R.A. se utilizan sin diluir.

**Apéndice III: Momentos dipolares y polarizabilidad de sustancias empleadas en esta práctica**

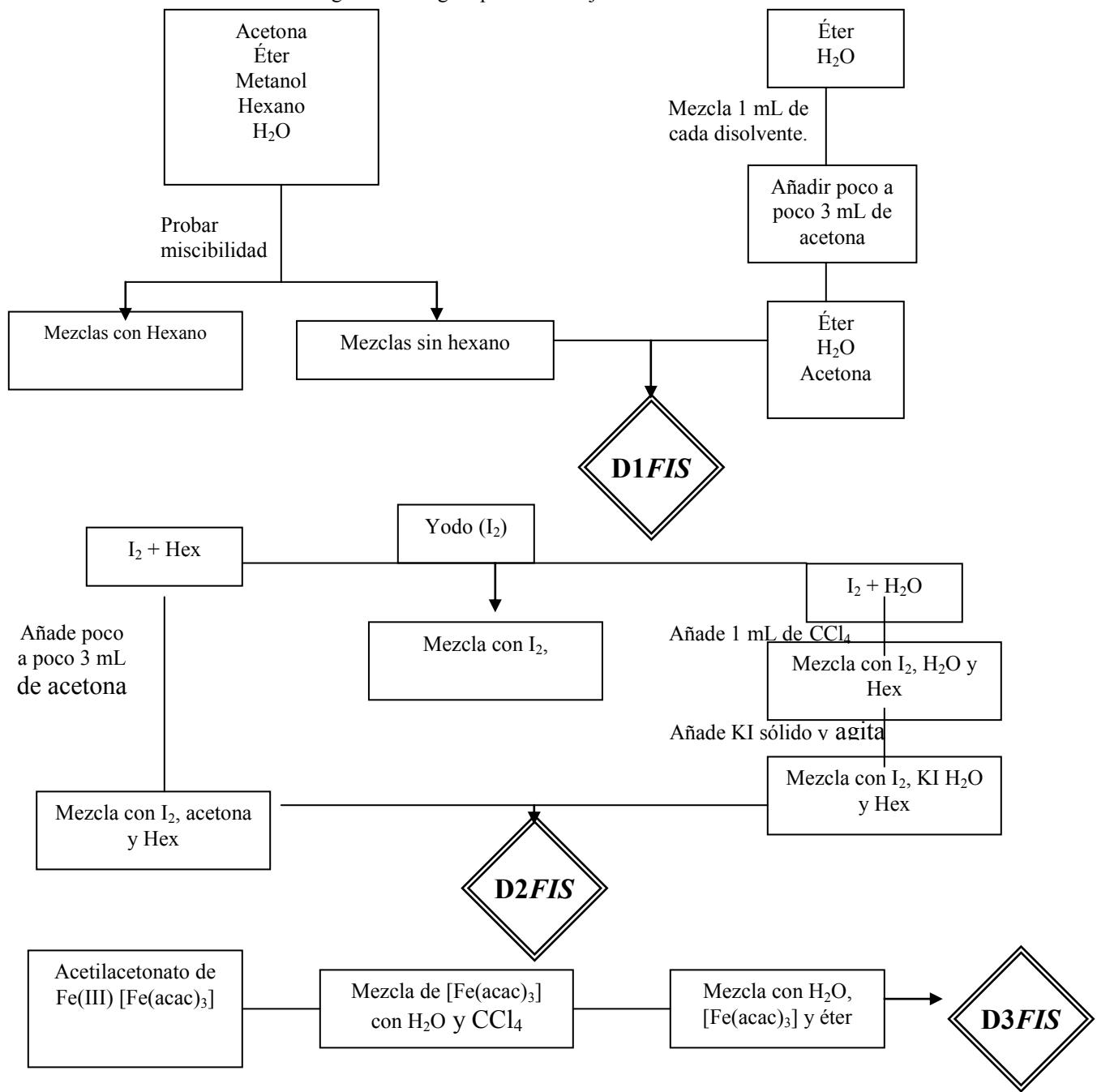
Disolvente	Momento dipolar (Debyes)	Polarizabilidad ( $\text{\AA}^3$ )
Agua	1.85	1.501
Metanol	1.7	3.210
Acetona	2.88	6.270
Eter	1.14	8.730
n-Hexano	0.08	11.630
Iodo ( $\text{I}_2$ )	0	69.7

Disolvente	Momento dipolo (Debyes)	Constante dieléctrica
Agua	1.85	80
Metanol	1.7	33
Etanol	1.69	24.3
Acetona	2.88	20.7
DMSO	3.96	47.2
AcOEt	1.78	6.02
Eter-etílico	1.14	4.19
n-Hexano	$\approx 0$	2.02

## Apéndice III: Disposición de residuos

### FUERZAS INTERMOLECULARES Y SOLUBILIDAD (FIS)

Diagrama ecológico para el manejo de residuos



Recomendaciones:

- 1) Todos los residuos (**D1FIS**, **D2FIS**, se enviarán a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) para su disposición final.
- 2) El residuo **D3FIS** se filtra el sólido para su posterior recristalización o para su desecho (según el caso). Evita contaminarlo.