

**FIJACIÓN Y REDUCCIÓN FUNCIONALES COMO RAZONAMIENTOS DE SENTIDO  
COMÚN EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA (II): GEOMETRÍA Y POLARIDAD DE LAS  
MOLECULAS:**

**Functional Fixedness and Functional reduction as common sense reasoning in chemistry learning**

**(II): Geometry and Polarity of molecules**

**Furió C.<sup>(1)</sup>, Calatayud M<sup>a</sup>L.<sup>(2)</sup>**

(1) Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València , (2) I.B. Sorolla València

(Spain).

Alcalde Reig, 8 - 46006 Valencia, España, E-mail: Carles.Furio@uv.es

**Resumen**

Este trabajo investiga las dificultades de los estudiantes, pre y universitarios de Químicas, debido a razonamientos de sentido común como la fijación y la reducción funcionales en la geometría y polaridad de las moléculas. En él se muestra como la *fijación funcional* de la estructura de Lewis conduce a respuestas incorrectas en los ítems propuestos. Por otro lado los estudiantes tienden a reducir los factores de los cuales depende la polaridad de las moléculas de las dos maneras posibles a: a) haciéndola sólo dependiente de la forma de la molécula (*reducción funcional geométrica*) b) o que sólo dependa de la polaridad de los enlaces (*reducción funcional de enlace*).

**Palabras clave:** reducción funcional, fijación funcional, aprendizaje, geometría y polaridad molecular.

**Abstract**

This paper tries to find out the procedural difficulties of students (grade-12 , 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> year of university) due to a common sense reasoning (functional reduction and functional fixedness) in geometry and polarity of molecules. The incorrect responses given to the proposed items using Lewis structure are explained by functional fixedness. The students have a tendency, in many cases, to reduce the dependence of the polarity of a molecule: a) assuming that polarity only depends on shape ("geometric functional reduction") or b) that polarity of molecules only depends on the polarity of bonds ("bonding functional reduction").

**Keywords:** learning, functional reduction, functional fixedness, molecular geometry and polarity.

## INTRODUCCIÓN

La investigación didáctica ha puesto de manifiesto que los estudiantes tienen puntos de vista sobre los conceptos científicos ( concepciones alternativas) diferentes de los que generalmente son aceptados por la comunidad científica. Al mismo tiempo, esta investigación ha generado nuevos modelos de enseñanza que ponen el énfasis en la necesidad de tener en cuenta las ideas del alumnado y de favorecer un *cambio conceptual* que les aproxime a las ideas científicas (Posner et al 1982). Otras investigaciones muestran que algunas concepciones alternativas son resistentes a la instrucción (White y Gunstone 1989) . De esto se puede derivar que para que suceda un cambio conceptual no será suficiente tener en cuenta las ideas previas sino también las formas de razonamiento que los estudiantes usan para formar sus construcciones (Duschl y Gitomer 1991; Gil y Carrascosa 1985). Estos razonamientos espontáneos que están basados en la metodología del sentido común y que subyacen a las ideas previas, pueden suponer *dificultades de tipo estratégico* que permitirían explicar las resistencias al cambio de preconcepciones muy persistentes. En este trabajo nos ocuparemos de las dos clases de razonamientos de sentido común que se denominan *fijación y reducción funcionales*.

Como se expuso en el artículo anterior (Furió y Calatayud, 2000) la existencia de razonamientos de sentido común como la "*fijación funcional*" (Anderson 1990, Shearer 1963, Birch y Rabinowitz 1968, Fredericksen 1984) y la "*reducción funcional*" (Viennot 1989, 1992 y 1996) pueden justificar muchas de las dificultades de los estudiantes pre y universitarios de Química en un dominio determinado de química como es el caso del equilibrio químico. Ahora se tratará de contrastar que los principales errores cometidos por los estudiantes en la geometría y polaridad molecular pueden explicarse con base en la fijación y reducción funcionales.

### 1. LA FIJACIÓN Y LA REDUCCIÓN FUNCIONAL EN EL CASO DE LA GEOMETRÍA Y POLARIDAD DE LAS MOLECULAS

En este contexto el trabajo pretende mostrar cómo muchas de las dificultades del aprendizaje en dominios específicos de la Química tienen su fundamento no sólo en el conjunto de ideas que ya tiene el estudiante, sino en el conocimiento procedimental y estratégico de 'sentido común' empleado al relacionarlas o, en razonamientos inducidos por una enseñanza de la Química que no tiene entre sus objetivos la familiarización de los estudiantes con la actividad científica. Así pues el problema investigado trata de averiguar en qué medida los estudiantes pre y universitarios de Química que tenían dificultades procedimentales debidas a razonamientos como la fijación y la reducción funcionales en el equilibrio químico, también las tienen en el caso de la geometría y polaridad de las moléculas.

Se propone como hipótesis sobre estas dificultades metodológicas en el caso de la geometría y polaridad de las moléculas la siguiente:.

*H.1.- Las principales dificultades de los estudiantes cuando responden a cuestiones sobre la geometría y polaridad de las moléculas pueden explicarse también con base en el uso de razonamientos de sentido común como la fijación y la reducción funcionales.*

Para la operativización de la H.1 se han analizado las principales destrezas y conocimientos que deben tener los estudiantes, así como las dificultades que se les puede presentar a la hora de resolver con éxito la determinación de la geometría y polaridad de las moléculas (Furió y Calatayud 1996). Este análisis se ha resumido en las tablas I y II, respectivamente. En la tabla I puede observarse que una de las principales dificultades que se manifiestan en la geometría molecular es una fijación funcional donde el estudiante es capaz de llegar a dibujar correctamente la estructura de Lewis de la molécula y de ella derivar directamente la forma geométrica sin llegar a soluciones tridimensionales. Otras dificultades procedimentales que se han supuesto en la polaridad de las moléculas son formas de razonamiento reduccionistas que hemos

llamado "*reducción funcional geométrica*" (la polaridad depende solamente de la forma molecular) y "*reducción funcional de enlace*" (donde la polaridad molecular depende solamente de la polaridad de uno de los enlaces de la molécula) (tabla II).

**Tabla I. Conocimientos, destrezas y principales dificultades de los estudiantes cuando predicen la geometría de las moléculas (XY<sub>a</sub>)**

<i>Conocimientos y destrezas</i>	<b>Tipo y nivel de dificultad esperada</b>
<p>a. Saber la estructura electrónica de la capa de valencia de los átomos X e Y.</p> <p>b. Dibujar correctamente la estructura de Lewis de la molécula.</p>	<p>1. Ambas destrezas serán prerequisites muy importantes para los estudiantes noveles. Cuando se dé la fórmula empírica en lugar de la estructura de Lewis se espera menos éxito en las respuestas de los estudiantes de COU. Los estudiantes universitarios no tendrán dificultades con estos prerequisites.</p>
<p>c. Identificar correctamente la geometría de los pares electrónicos a partir de la estructura Lewis.</p>	<p>2. Un obstáculo importante será la fijación <i>funcional</i> de la estructura plana de Lewis en compuestos con enlaces múltiples y simples.</p> <p>3. Se espera que los estudiantes no tengan dificultades cuando:</p> <p>(a) el átomo central tiene solo pares de electrones de enlace.</p> <p>(b) La geometría molecular es tetraédrica.</p> <p>(c) El átomo central tiene un número de pares de electrones (enlazados y solitarios) igual o menor que 3.</p>
<p>d. Inferir la geometría molecular a partir de su estructura electrónica.</p>	<p>4. El principal problema perceptivo es confundir la distribución espacial de los pares electrónicos con la forma geométrica de la molécula.</p>

**Tabla II. Conocimientos, destrezas y principales dificultades de los estudiantes cuando determinan la polaridad resultante de una molécula  $XY_a$ .**

<i>Conocimientos y destrezas</i>	<i>Dificultades conceptuales y procedimentales previstas</i>
a. Saber hacer la geometría molecular (ver tabla I)	<p>5. No saber cual es la capa de valencia del átomo central y la falta de habilidad requeridas para imaginarse una molécula tridimensionalmente.</p> <p>6 <i>Reducción funcional geométrica:</i></p> <p>La polaridad de una molécula sólo depende de su forma. No se tiene en cuenta si la molécula tiene enlaces polares y cómo estos enlaces se colocan uno con respecto a otro. Un ejemplo de razonamiento reduccionista es:</p> <p>“Si la molécula es tetraédrica será no polar independientemente de los átomos periféricos”.</p>
<p>b. Saber si los átomos periféricos Y tienen o no la misma electronegatividad que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- el átomo central y</li> <li>- entre ellos mismos.</li> </ul>	<p>7. <i>Reducción funcional de enlace:</i></p> <p>La polaridad de una molécula depende únicamente de la diferencia de electronegatividad entre los átomos que forman cada enlace en la molécula sin tener en cuenta su forma molecular.</p> <p>Como consecuencia de este razonamiento causal, la polaridad de la molécula está determinada por la polaridad de uno de los enlaces entre X e Y.</p>
c. Llevar a cabo un análisis funcional teniendo en cuenta los conocimientos y destrezas <b>a</b> y <b>b</b> . Ejemplos: ‘si la forma molecular fuera tal que los dipolos de los enlaces se cancelaran , la molécula no debería ser polar’, ‘si por el contrario la simetría de la molécula es de tal forma que los dipolos de los enlaces no se cancelan , entonces las moléculas son polares.”	<p>8. Aunque los estudiantes tengan en cuenta ambas variables, pueden tomar decisiones inadecuadas:</p> <p>(i) identificar la electronegatividad de un átomo con la diferencia de electronegatividad de los átomos enlazados.</p> <p>(ii) asociar directamente la presencia de pares de electrones no enlazantes con la existencia de polaridad en la molécula.</p>

## **2. DISEÑO PARA CONTRASTAR LA FIJACIÓN Y REDUCCIÓN FUNCIONALES EN LA GEOMETRÍA Y POLARIDAD DE LAS MOLECULAS.**

En este caso se ha seleccionado de las tablas I y II las dificultades que hacen referencia a la fijación y reducción funcionales. El instrumento de diagnóstico consiste en un cuestionario 1 con 4 ítems sobre la geometría de moléculas y otros 4 ítems sobre la polaridad de las moléculas (apéndice 1). Hay algunos ítems de respuesta abierta y otros de opción múltiple con un apartado para la explicación particular que han dado los estudiantes al distractor elegido como respuesta correcta. De esta manera se puede ver si las respuestas son consistentes. Este cuestionario 1 se pasó a 85 estudiantes de Química de COU, a 151 y 100 estudiantes de primer y tercer cursos, respectivamente, de la Universidad de Valencia. Estas muestras se completaron con otra de 40 de profesores de Física y Química en formación del CAP (Curso de Adaptación Pedagógica). Los estudiantes de COU habían estudiado una vez el tema de la geometría y polaridad de las moléculas, los de 1º de facultad dos veces y los de 3º tres veces.

## **3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS.**

### 3.1 Dificultades de aprendizaje al determinar la geometría y la polaridad de las moléculas.

La investigación ha mostrado (Wan-Yaacob y Siraj 1992; Al-Mousawl 1990) que la mayoría de los problemas que tienen los estudiantes al predecir la geometría molecular son: elegir el átomo central, completar su capa de valencia y dibujar la estructura de Lewis de la molécula. Por ello los ítems 1 y 2 del cuestionario 1 se han elaborado tomando compuestos sencillos con una distribución tetraédrica de los pares electrónicos porque es la más familiar a los estudiantes. Como puede observarse en la tabla III, los resultados en estos ítems son muy positivos dado que aciertan, en general, más de un 80% de las muestras. A pesar de ello, se observa una disminución de un 13% en el éxito de las respuestas de estudiantes de COU cuando se les da la fórmula empírica en lugar de la estructura de Lewis de la molécula como se indica en la dificultad 1 de la tabla I.

**Tabla III. Porcentaje de respuestas correctas obtenidas por estudiantes de COU, 1º y 3º de Universidad, y del CAP sobre la geometría de las moléculas.**

Ítem	Respuestas correctas %			
cuestionario1	COU	1º Univ	3º Univ	CAP
	N=85	N=151	N=100	N=40
1	81.0	81.2	85.0	87.0
2	68.3	84.0	87.0	80.0
3	33.3	41.5	-	77.4
4	-	50.0	77.0	77.4

Los estudiantes universitarios parecen haber vencido estas dificultades conceptuales porque los resultados obtenidos son más elevados, puede verse que no hay diferencias significativas entre las muestras de primer y tercer curso y los profesores en formación. Sin embargo, los porcentajes de respuesta correcta en los ítems 3 y 4 para las muestras de COU y 1º bajan considerablemente (40 y 50%, respectivamente). Esta disminución se puede explicar si se admite la existencia de cierta fijación funcional de la estructura de Lewis en los estudiantes noveles. En efecto, podemos observar como la mayoría de los estudiantes de COU y de 1º (63% y 54%, respectivamente), eligen como molécula lineal al Cl-S-Cl (distractor c) en el ítem 3. Para ellos la estructura plana de Lewis de la molécula que se da como dato se corresponde con la estructura espacial de la molécula. El argumento utilizado en las respuestas erróneas por la mitad de los estudiantes de COU es el siguiente :

*"La forma molecular del  $SCl_2$  es lineal porque los enlaces S-Cl no tiene momento dipolar neto y los pares de electrones sobre el S al tener la misma fuerza están compensados, así la molécula es lineal".*

La posición de los dos átomos de Cl a la derecha e izquierda del átomo de S y la posición de los pares de electrones arriba y abajo del átomo de S es interpretado por los estudiantes como una estructura plana y así la molécula es no polar. Los alumnos (ítem 3) parecen ignorar que, al usar la teoría de la repulsión de pares electrónicos de valencia (VSEPR) para predecir las formas moleculares, tendríamos que tratar el enlace múltiple como si fuera un par electrónico simple. Un análisis similar se puede hacer de los errores cometidos por los estudiantes en el ítem 4. En esta pregunta el distractor c es elegido por el 20% de los estudiantes de 1º Ellos argumentan como sigue:

"Los átomos de cloro están a la misma distancia del átomo de C, pero la distancia entre O y C es diferente, así la forma correcta es c)"

El razonamiento muestra que la estructura de Lewis se propone como forma de la molécula.

El distractor b en este mismo ítem es elegido por otro 30% de los estudiantes de 1°. En cambio, los estudiantes de 3° y los profesores en formación han superado parcialmente estas dificultades pues aciertan el 77%.

Pasemos a ver las principales dificultades que se presentan en las respuestas dadas a los ítems relativos a la polaridad de las moléculas. Un prerrequisito esencial para poder determinar correctamente la polaridad de una molécula es saber determinar la geometría de la misma. Podemos ver la influencia que supone no saber la capa de valencia del átomo central en estudiantes novatos y la "fijación funcional" de la estructura de Lewis en todas las muestras en los resultados obtenidos en el ítem 5 (tabla IV).

**Tabla IV. Porcentaje de respuestas correctas obtenidas por estudiantes de COU, 1° y 3° de Universidad, y del CAP sobre la polaridad de las moléculas  $\text{BeCl}_2$  (5a),  $\text{SH}_2$  (5b) y  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  (5c).**

Ítem 5 cuestionario 1	Respuestas correctas (%)			
	COU N=85	1° Univ N=151	3° Univ N=100	CAP N=40
5a	51.0	76.5	87.0	80.0
5b	42.8	57.0	75.3	74.0
5c	22.4	23.4	44.8	48.4

La falta de dominio en conocer la capa de valencia del átomo de Be puede ser la razón del bajo porcentaje obtenido por los de COU en el caso del  $\text{BeCl}_2$ . Los mayores porcentajes de error encontrados al predecir si es polar el  $\text{SH}_2$  pueden explicarse al derivar directamente la geometría de la molécula de la estructura de Lewis (fijación funcional) de manera similar a lo que ocurrió en el  $\text{SCl}_2$  del ítem 3. Esta forma de razonar fue observada explícitamente en las explicaciones (entre 22% y 15%) de las muestras de estudiantes de cada nivel, mientras que en los profesores en formación no se observó. Un ejemplo de explicación es la siguiente:

*"Debido al hecho de que la geometría (del  $\text{SH}_2$ ) es lineal y al ser simétrica entonces su momento dipolar es cero".*

Cuando la geometría molecular ha sido correctamente determinada por los estudiantes, pueden aparecer otras dificultades metodológicas o procedimentales ya que la polaridad de una molécula depende de su estructura y de la polaridad de los enlaces. Sin embargo, los estudiantes tienen tendencia, en muchos casos, a reducir esta dependencia de dos maneras posibles: i) suponiendo que la polaridad molecular sólo depende de la forma (razonamiento que hemos llamado "*reducción funcional geométrica*"); ii) o que la polaridad de las moléculas solamente depende de la polaridad de los enlaces ("*reducción funcional de enlace*"). Para mostrar la existencia de estos razonamientos causales simples se propusieron los ítems 5, 6, 7 y 8 (tabla V).

**Tabla V. Dificultades procedimentales de los estudiantes cuando predicen la polaridad molecular debido a razonamientos basados en un causalismo simple (reducción funcional geométrica y de enlace).**

Instrumentos de diagnóstico	Porcentaje de respuestas incorrectas (%)			
	COU N=85	1° Univ N=151	3° Univ N=100	CAP N=40
<b>Reducción funcional geométrica</b>				
a) eligen $\text{CCl}_2\text{F}_2$ como no polar porque es tetraédrica (ítem 5)	10.0	9.4	10.0	9.6
b) indican de forma explícita ésta reducción funcional en el ítem 6	53.0	40.2	26.5	25.8
c) eligen $\text{CCl}_2\text{F}_2$ como molécula no polar (ítem 7)	27.6	25.0	12.0	20.0
<b>Reducción funcional de enlace</b>				
a) indican de forma explícita ésta reducción funcional en el ítem 6				
b) eligen ozono como molécula no polar en el ítem 8	20.0	20.5	5.0	12.9
	51.7	30.6	2.0	10.0

Así la reducción funcional geométrica es indicada explícitamente por, aproximadamente, el 10% de cada una de las muestras en el ítem 6 de respuesta abierta. No obstante, esta forma de pensar es la principal fuente de error cuando se les pregunta en el ítem 7 si la molécula  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  es polar o no. En efecto, sólo responden correctamente el 22 % de los estudiantes del COU, el 23 % de 1°, el 45% de 3° y 48 % del CAP. Los estudiantes sólo consideran la geometría para predecir la polaridad, independientemente de los átomos enlazados al átomo central. Como ejemplo de respuesta prototípica dada por los estudiantes

se presenta la siguiente:

*"El momento dipolar del  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  es cero, porque los dipolos de la molécula se equilibran debido a su geometría tetraédrica".*

Las respuestas dadas al ítem 6 sirvieron para verificar si se explicitaba o no la reducción funcional de enlace. En la tabla V puede observarse que una quinta parte de los estudiantes de los primeros niveles considera que la polaridad de la molécula depende exclusivamente de la diferencia de electronegatividad entre los átomos que forman cada uno de los enlaces de la molécula. Ejemplo de respuesta en este sentido es la siguiente:

*"Si la electronegatividad de los átomos (enlazados) es similar, la molécula es apolar, si es diferente será polar".*

Este argumento se utilizó en el ítem 8 donde más de la mitad de los estudiantes de COU y al menos la quinta parte de 1º eligieron el  $\text{O}_3$  como molécula no polar en lugar del  $\text{CO}_2$

Esta dificultad también fue detectada por Peterson, Treagust y Garnett (1989) en estudiantes de grados 11 (similar a 3º de BUP) y 12 (similar a COU)

#### **4.CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS.**

El análisis de los resultados obtenidos en esta investigación nos muestra que la fijación funcional es un modo de razonar que también se manifiesta, además de en el equilibrio químico (Furió y Calatayud, 2000), en otras áreas de la Química como es la determinación de la geometría de moléculas. En efecto, cuando se trata de moléculas tetraédricas se ha comprobado que los estudiantes noveles no tienen muchas dificultades incluso cuando se dan las fórmulas empíricas y tienen que averiguar previamente la fórmula de puntos de Lewis. Sin embargo, empiezan a aparecer errores en algunas moléculas (como por ejemplo la del  $\text{SH}_2$ ) que se explican debido a que los estudiantes derivan rápidamente la estructura espacial de la molécula a partir de la estructura plana de Lewis.

Otro modo de razonar transversal a la física y la química que se ha mostrado en este trabajo es la "reducción funcional". En particular se ha supuesto su presencia para explicar los errores de los estudiantes pre y universitarios en cuestiones relativas a la polaridad de las moléculas. En efecto, los estudiantes utilizan explicaciones en las que reducen la dependencia de la polaridad de las moléculas a la geometría molecular sin tener en cuenta los átomos enlazados ("reducción funcional geométrica") como, por ejemplo, en el caso de la molécula de  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ . Otras veces razonan reduciendo esta dependencia a la diferencia de electronegatividad de los átomos ligados en uno de los enlaces independientemente de su geometría como es, por ejemplo, el caso del ozono.

El bajo rendimiento en el conocimiento procedimental de los estudiantes manifestado en las respuestas al cuestionario 1 nos está indicando los tipos de razonamiento que comúnmente se utilizan en la enseñanza y qué destrezas cognitivas se está favoreciendo en clase de Química. Los profesores deberíamos tener presente que los estudiantes ya poseen formas de enfocar las cuestiones y problemas prototípicas de la metodología y epistemología de 'sentido común' (por ejemplo repitiendo mecánicamente una estrategia, dando respuestas rápidas y seguras basadas en evidencias, sin reflexionar sobre posibles soluciones alternativas, ...). Tendríamos que planificar nuestra enseñanza tratando de familiarizar a los alumnos con formas de razonar y proceder más próximos a la metodología y epistemología científicas, si estamos de acuerdo en que no sólo hay que aprender conocimientos químicos sino también a "hacer Química" en clase introduciendo actividades propias del razonamiento científico.



En el caso de la reducción funcional cuando se determina la polaridad de una molécula, se pueden mostrar estas formas de razonamiento de manera funcional planteando el debate en una clase organizada en pequeños grupos. Por ejemplo, primeramente se puede proponer una actividad general en la que se pregunte de qué puede depender la polaridad de las moléculas. Esta actividad de emisión de hipótesis tiene como objetivo incidir en el análisis funcional de los factores que pueden influir en dicha polaridad. A continuación y después de explicitar las variables que pueden influir se pueden diseñar estrategias para contrastar las hipótesis emitidas. En esta segunda actividad se pondrá a prueba el conocimiento procedimental del estudiante ya que tendrá que explicar como se hace este análisis funcional y si lo ha desarrollado correctamente o no.

## **Bibliografía**

Al-Mousawi, S.M. (1990). Molecular shape prediction and the lone- pair electrons on the central atom. *Journal of Chemical Education*, 67, 861.

Anderson, J.R. (1990) *Cognitive Psychology and Its Implications* (New York: W.H. Freeman).

Birch, H.G. & Rabinowitz, H.S. (1968). The negative effect of previous experiences on productive thinking. In Watson, Johnson- Laurel (eds), *Thinking and Reasoning* (New York: Penguin Books).

Duschl, R.A. y Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, *Journal for Research in Science Teaching*, 28 (9),839-858.

Fredericksen, N. (1984) Implication of cognitive theory for instruction in problem solving. *Review of Educational Research*, 54 (3), 363-407.

Furió, C. y Calatayud M<sup>a</sup>.L. (1996). Difficulties with the Geometry and Polarity of Molecules: beyond misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 73 (1), 36-41.

Furió C. y Calatayud M.L.(2000). Fijación y reducción funcionales como razonamientos de sentido común en el aprendizaje de la Química (I): equilibrio químico. *Revista de Educación de las Ciencias* , 1, (1), 6-12 .

Gil, D. y Carrascosa,J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.

Peterson, R.F., Treagust, D.F. y Garnett, P.(1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal for Research in Science Teaching*, 26, 301-314.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-217.

Shearer, M. (1963). Problem Solving. *Scientific American*, April, 2-9.

Viennot, L. (1992). Raisonnement à plusieurs variables: tendances de la pensée commune. *ASTER*, nº 14, 127-141.

Viennot L. (1989). Obstacle épistémologique et raisonnement en physique: tendance au contournement des conflits chez les enseignants. In *Construction des savoirs: Obstacles et conflits*. Ottawa: Agence d'ARC, Inc.

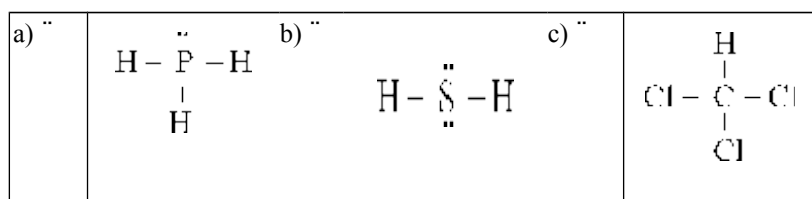
Viennot L (1996). *Raisonner en physique*. Paris-Bruxelles: De Boeck.

Wan-Yacob, A. y Siraj, O. (1992). Drawing Lewis Structures: A step-by-step approach. *Journal of Chemical Education*, 60, 791-792.

White, T.R. y Gunstone, F.R (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 11, 577-586.

### Cuestionario 1

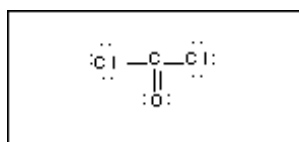
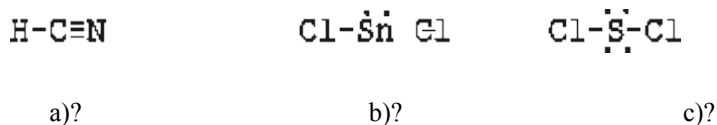
**Ítem 1.** ¿Cuál de las siguientes moléculas tiene geometría tetraédrica? Explica la respuesta.



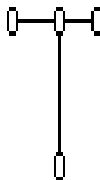
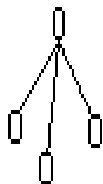
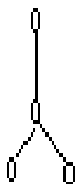
**Ítem 2** ¿Cuál de las siguientes moléculas tiene geometría tetraédrica? Explica la respuesta..

- a)  $\text{CF}_4$  ?                      b)  $\text{SCl}_4$  ?                      c)  $\text{SeCl}_4$  ?

**Ítem 3.** ¿Cuál de las siguientes moléculas tiene geometría lineal? Explica la respuesta..



**Ítem 4.** ¿Cuál es la forma molecular de  $\text{COCl}_2$ ? Explica la respuesta.



c)o

a)o

b)o

**Ítem 5.** ¿Cuál de las siguientes moléculas es no polar? Explica la respuesta

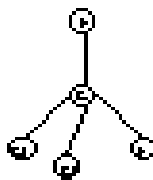
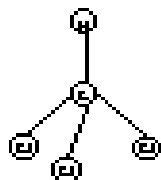
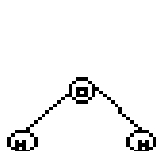
a)  $\text{BeCl}_2$  ?

b)  $\text{SH}_2$  ?

c)  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  ?

**Ítem 6.** Dada la fórmula del compuesto  $\text{AB}_x$ . Explica los pasos a seguir para determinar si la molécula de un compuesto es polar o no polar.

**Ítem 7.** ¿Cuál de las siguientes moléculas es no polar? Explica la respuesta.



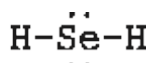
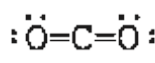
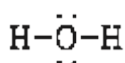
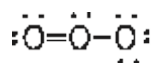
a)

b)

c)

d) ninguna de ellas

**Ítem 8.** Dada la estructura de Lewis de las siguientes moléculas ¿Cuál de ellas es no polar? ,



a)

b)

c)

d)

