
6

Conclusiones e implicaciones didácticas

6. 1. Conclusiones generales e implicaciones didácticas.

Las conclusiones que destacamos a continuación siguen la estructura del análisis y discusión realizado anteriormente; aunque se presentan de manera independiente por razones metodológicas, consideramos conveniente aclarar que están interrelacionadas. Al tiempo que presentamos las conclusiones haremos reflexiones en torno a su posible importancia para la didáctica de las ciencias.

En un segundo momento hacemos referencia a conclusiones de orden metodológico en las que destacamos algunos de los logros y dificultades más importantes con los cuales nos encontramos durante la realización de la investigación. En este segundo grupo de conclusiones presentamos algunas fortalezas y debilidades del diseño de la investigación, de las estrategias de análisis y de los instrumentos utilizados para la recolección de la información.

6. 1. 1. Sobre la categoría evolución conceptual

6. 1. 1. 1. ¿Uno o múltiples modelos explicativos para la respiración?

En la enseñanza del concepto de respiración desde la perspectiva del modelo cognoscitivo de ciencia (Giere, 1992; Izquierdo, 1999, 2000) se reconoce la existencia de **diferentes modelos explicativos** de los hechos, cada uno de los cuales es considerado como una hipótesis que relaciona los fenómenos y los diferentes marcos conceptuales y procedimentales de los estudiantes. En nuestra investigación hemos comprobado que una parte importante de los alumnos emplean distintos modelos explicativos de manera más o menos significativa para responder a las distintas situaciones que se les presentan, es decir, en su estructura cognitiva **co-existen** diferentes modelos explicativos. Dentro de los aspectos que nos llevan a afirmar esto encontramos:

- Las ideas se organizan alrededor de **modelos**, los cuales son estables, tal como sucede en el caso de Juan.
- La **diferenciación y jerarquización** entre los modelos permite referirse a los distintos contextos o situaciones generados por las preguntas.
- La posibilidad que tienen los estudiantes de **criticar** sus propias conceptualizaciones o a las de sus compañeros desde modelos más o menos específicos.
- La **consistencia interna** de los diferentes modelos, lo cual permite emplear un mismo conjunto de ideas para responder a situaciones afines.

Hay pocos alumnos, (como Laura), que en lugar de utilizar modelos en sus explicaciones utilizan **conjuntos de ideas** que emplean con el propósito de responder a las preguntas planteadas. En estos estudiantes encontramos que:

- Los **conjuntos de ideas** se emplean de manera **poco diferenciada y poco jerarquizada**, lo cual les dificulta referirse de manera específica a los diferentes contextos generados por las preguntas.
- La **dificultad** mostrada en este caso por Laura para distanciarse de sus propias conceptualizaciones y de las de sus compañeros y realizar las **críticas** correspondientes.
- La **dificultad para utilizar sus ideas de manera consistente** frente a los diferentes textos analizados.

Podemos decir, por lo tanto, que en nuestro trabajo los alumnos que utilizaron modelos realizaron explicaciones más coherentes, con mayor consistencia interna y estos modelos fueron empleados de manera más específica según los distintos contextos, análogamente a lo reportado por Di Sessa & Sherin (1998); Duit, et al. (1998), Tytler (2000). El empleo de distintos modelos de manera coherente y consistente frente a un conjunto de preguntas que generan contextos situacionales diferentes, exige que los estudiantes reconozcan que sus diferentes modelos se corresponden más con unas u otras situaciones..

La posibilidad de identificar distintos niveles de coherencia e integración entre los modelos utilizados por los estudiantes nos proporciona “marcos” útiles para una **enseñanza orientada hacia la evolución conceptual**. En este sentido, más que tratar de “cambiar” los modelos de los estudiantes, sería interesante buscar que ellos **aprendan gradualmente a emplearlos de manera más significativa** según las situaciones a las que hagan referencia, lo cual requiere a su vez que los alumnos establezcan relaciones “válidas” entre sus conceptos y los estudiados en el aula, que

aprendan a diferenciarlos entre sí, que establezcan relaciones jerárquicas entre ellos y que puedan establecer relaciones de semejanza entre sus modelos y los hechos que estos explican.

6. 1. 1. 2. ¿Se producen cambios fuertes o débiles sobre la respiración?

La **evolución conceptual** de los estudiantes durante los dos cursos académicos mostró **cambios débiles** (Carey, 1985, 1992), sucedidos **al interior** de los diferentes modelos. A pesar de haber sido un tema objeto de estudio y de haberse introducido el modelo quimiomótico, éste no es integrado por los alumnos; los cambios se relacionaron principalmente con una mayor precisión en el uso de las ideas ya existentes y, en menor grado, con el empleo de otras nuevas. Se puede concluir que la evolución se concretó en el reconocimiento de semejanzas y diferencias y el establecimiento de relaciones jerárquicas **entre** los modelos utilizados anteriormente, más que en la integración de nuevas ideas, o en cambios conceptuales fuertes.

En la figura 6.1 mostramos los principales cambios logrados por diferentes estudiantes durante los dos cursos académicos. Destacamos el caso de Laura en el que se observa el mantenimiento de sus ideas, las cuales son empleadas de manera contradictoria e inconsistente, no se observa que haya construido un modelo o modelos de respiración coherentes. En cambio, los otros tres casos analizados muestran la consolidación de diferentes modelos, así como el establecimiento de diferentes tipos de relaciones entre ellos.

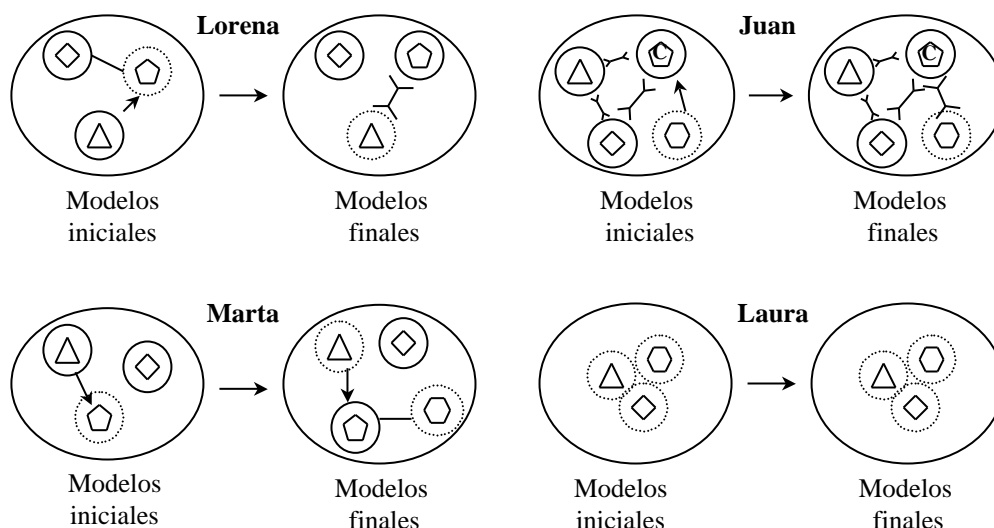


Figura 6. 1: Representación de la estructura conceptual de los estudiantes en la que se destaca los diferentes modelos explicativos utilizados así como distintos tipos de relaciones establecidos entre ellos.

En el caso de Juan se observa poca evolución centrada principalmente en la mayor diferenciación y jerarquización entre los modelos que ya tenía inicialmente y, especialmente en el empleo del modelo de combustión a nivel celular. Esta poca evolución puede deberse a que al iniciar la investigación el estudiante ya demostraba que sus modelos eran coherentes y jerarquizados. Sus referencias al modelo introducido en clase ponen de manifiesto tan solo que el estudiante “intuye” que hay otras formas de explicar los fenómenos, sin embargo, aun no establece relaciones significativas entre los conceptos y los fenómenos y, a su vez, desconoce el lenguaje a utilizar en este nuevo modelo.

En los casos de Lorena y Marta encontramos que la evolución se produce tanto en la diferenciación y jerarquización entre los modelos ya existentes, como en la inclusión de nuevas ideas relacionadas con éstos. Esta mayor evolución, por contraste con lo sucedido con Juan, se debe a que, en los dos casos mencionados, al inicio del curso no demostraban adecuada diferenciación y jerarquización entre los diferentes modelos empleados. El estudio de nuevos puntos de vista sobre la respiración les permitió consolidar, enriquecer y diferenciar sus modelos ya existentes. Además de lo anterior Lorena mostró definir en mayor detalle el modelo de combustión a nivel celular, mientras Marta utilizó preferentemente el nivel sistémico. En síntesis, encontramos mayor evolución conceptual en Marta y en Lorena que en Juan; al comparar los modelos iniciales y finales de la combustión de estas dos estudiantes se observa una mayor **diferenciación** y **consolidación** del modelo de combustión, (ver figura 6. 2).

La evolución conceptual observada la ubicamos en los modelos de la combustión y del intercambio de gases. Sus modelos explicativos tienen diferentes grados de significatividad según las preguntas a las que respondan, lo cual esta más de acuerdo con la existencia de una estructura cognitiva con diferentes grados de coherencia, integración y seguridad propuestas por Niedderer & Schecker, (1992).

Desde nuestro punto de vista la evolución conceptual está determinada por la capacidad de los estudiantes para identificar diferentes contextos explicativos, “moverse” entre ellos y elaborar sus respuestas con base en las ideas más pertinentes según el contexto identificado; es decir, en lograr mayor coherencia entre la situación que quiere explicar y el modelo utilizado en su explicación.

La evolución observada se da dentro del modelo de combustión, sin llegar a integrar de manera significativa otros puntos de vista estudiados en clase. En ninguno de los casos estudiados se encontró el empleo del modelo molecular a partir del cual se tratara de explicar, por ejemplo, los procesos de oxidación y reducción y el transporte de electrones relacionados con la respiración. Esto nos lleva a afirmar la existencia de un salto cualitativo importante entre las explicaciones centradas en el modelo de combustión y las centradas en el modelo molecular; mencionado salto implica una

ruptura epistemológica importante a la cual se enfrentan los estudiantes al aprender este modelo y los profesores al enseñarlo.

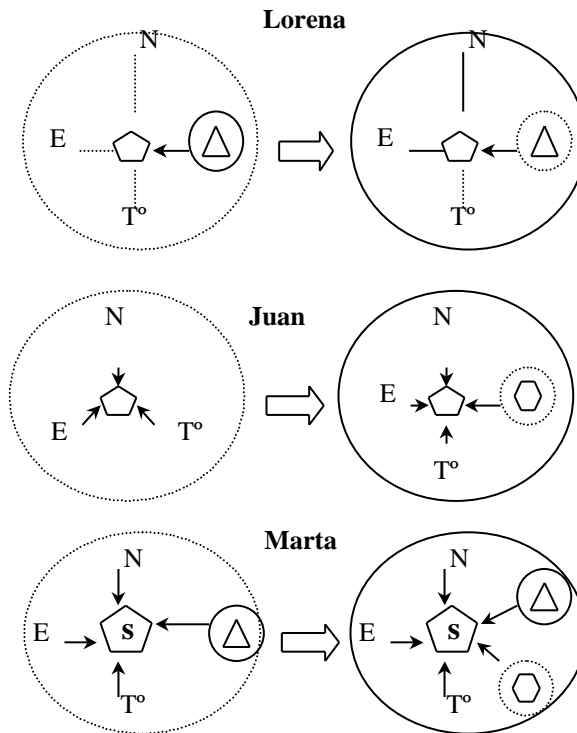


Figura 6. 2. Evolución del modelo de combustión. **Lorena:** En el modelo inicial vincula de manera débil ideas sobre nutrición (N), ejercicio (E) y temperatura corporal (T). En el modelo final se observa la consolidación del modelo de combustión a nivel celular y la integración de ideas vitalistas a los modelos de combustión. **Juan:** En el modelo inicial integra ideas sobre nutrición, ejercicio y temperatura corporal. En el modelo final se observa la consolidación del modelo de combustión a nivel celular y la adición de nuevas ideas del modelo quimiosmótico. **Marta:** En el modelo inicial integra ideas sobre nutrición, ejercicio y temperatura corporal a un modelo de combustión a nivel sistémico (S). En el modelo final se observa la consolidación de este modelo de combustión.

Sin embargo, estos estudiantes fueron capaces de responder en forma adecuada a preguntas de examen. Todo ello muestra que en la enseñanza de nuevos modelos es importante realizar las explicaciones tanto desde los modelos antiguos, ya existentes, como desde los nuevos modelos explicativos. El empleo de los nuevos modelos para explicar un fenómeno determinado debe destacar aquellas características de los hechos que sólo se explican a partir de los nuevos modelos; es decir, se debe procurar “mirar” y “ver” los mismos fenómenos desde otros puntos de vista, o en nuestro caso, desde diferentes modelos explicativos.

Dentro de esta perspectiva evolutiva se debe hacer énfasis en que las teorías estudiadas en clase tengan significado para los alumnos. En este sentido, en el ámbito didáctico cobra importancia la necesidad de **vincular** los diferentes **modelos** estudiados con los **hechos**. Los alumnos analizados no logran vincular la teoría estudiada en clase, relacionada con los procesos de oxidación y reducción, la fosforilación oxidativa, el ciclo del ATP, con los hechos que esta explica; es decir, los alumnos no encuentran que los nuevos conceptos estudiados sean significativos. Como consecuencia, terminan, en el mejor de los casos, “aprendiendo” el modelo por sí mismo y no por sus vínculos con los fenómenos a los que se refiere el modelo estudiado.

Compartimos con (Izquierdo, 1999) que **pensar mediante modelos** es lo más importante que podemos ofrecer a nuestros alumnos siempre y cuando los modelos teóricos presentados sean adecuados a su “mundo”, esto es, que encuentren que son útiles y significativos. Esta es precisamente una de las dificultades descritas en el aprendizaje del modelo molecular de la respiración; se destaca que en la enseñanza de este modelo se hace referencia a procesos abstractos alejados de las experiencias cotidianas de los estudiantes, (Olsher & Beit, 1999), lo cual sería una de las posibles causas que dificultan su aprendizaje.

6. 1. 1. 3. ¿Cómo evolucionan las ideas de los estudiantes sobre la respiración?

La evolución conceptual mostrada por los estudiantes durante los dos cursos académicos nos permite pensar en posibles **secuencia evolutivas del concepto** de respiración. La figura 6. 3 muestra los cambios encontrados en las conceptualizaciones de los estudiantes.

A partir del establecimiento de relaciones jerárquicas entre los diferentes modelos y, con base en los distintos grados de coherencia al interior de cada uno de ellos, es posible proponer vías evolutivas para el concepto estudiado, (ver figura 6. 3). En mencionada secuencia encontramos modelos que se corresponden con los hallados en el grupo analizado al inicio o al final del estudio (a, c, d, e, f y g) y el resto inferidos a partir del establecimiento de relaciones de integración y diferenciación no encontradas en los modelos “reales”. Como es obvio, la posibilidad de proponer otros modelos hipotéticos es muy alta según las múltiples combinaciones posibles.

Sin embargo, es importante resaltar que la evolución de los alumnos no tiene porque ser lineal, por ejemplo en el caso de Marta se observa un “salto” del modelo **c** al **e**. En síntesis, deben “mirarse” las cualidades globales que cambian, tales como: el número de modelos empleados, la mayor o menor consolidación de estos modelos y las clases de relaciones encontradas entre ellos. En la figura se muestra una hipótesis de grados en la evolución del concepto de respiración. Pero a pesar de ello, se

comprueba que la mayoría de los cambios son débiles y no se producen saltos cualitativamente importantes.

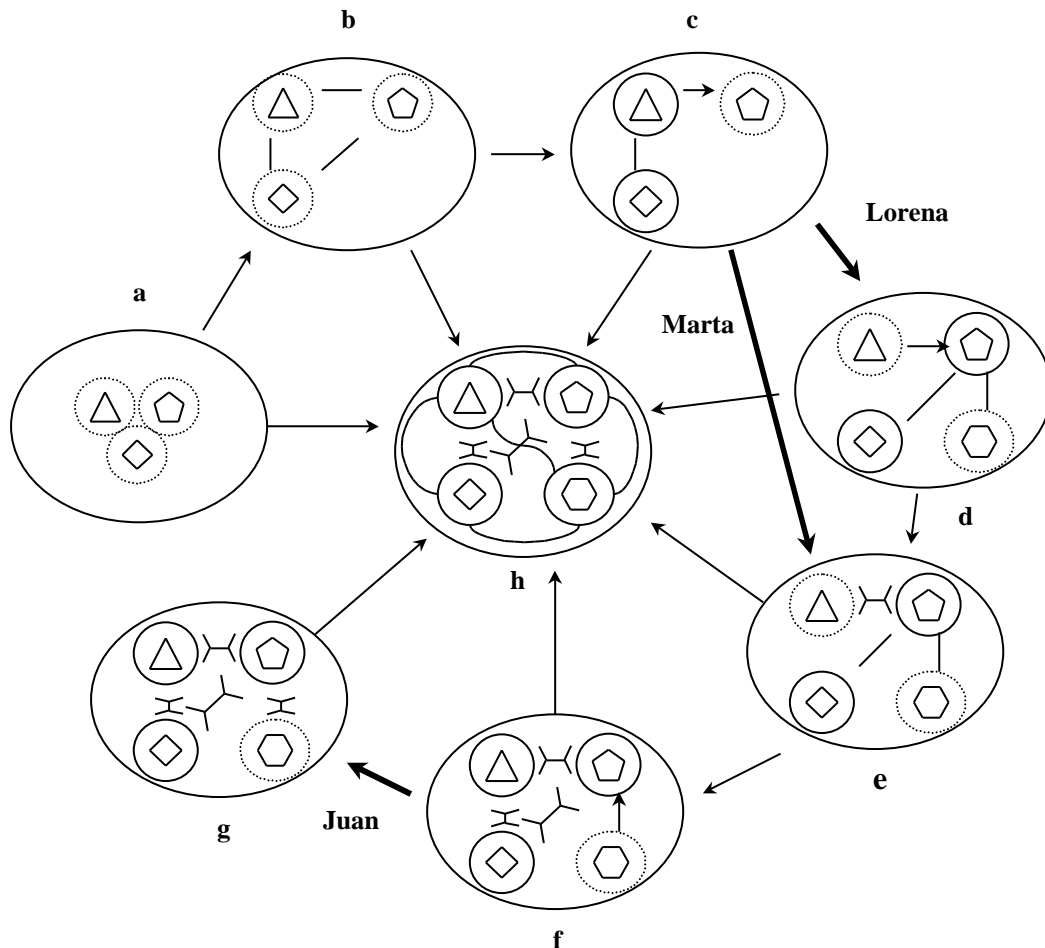


Figura 6. 3: Vía evolutiva hipotética **entre** los diferentes modelos explicativos de la respiración. Se observa el paso de conjuntos de ideas poco precisas (a) a modelos explicativos coherentes y consistentes (f, g, h). De igual manera se destacan cambios progresivos en las relaciones de diferenciación entre los modelos. Con flechas gruesas se señala la evolución conceptual observada en los casos analizados. Cambios desde los modelos ubicados en la periferia al central serían difíciles de suceder.

Si se analiza este proceso evolutivo se puede comprobar que se producen cambios orientados a la diferenciación y jerarquización. En el nivel mínimo de modelización se encuentra que el alumno posee un **conjunto poco diferenciado de ideas** (figura 6. 3, a). En los modelo **b** observa una mayor diferenciación de las ideas así como la consolidación de algunos de los modelos existentes. En **c** se empiezan a establecer relaciones de jerarquización entre diferentes modelos y se continua el proceso de consolidación de éstos. En **e** se representa la diferenciación y jerarquización entre algunos de los modelos, proceso que continua (modelos **f** y **g**) hasta llegar a **un**

conjunto de modelos diferenciados, consistentes y jerarquizado (modelo h). En síntesis, de un conjunto de ideas **poco jerarquizado** (a, b), se pasa a **conjuntos de modelos relacionados jerárquicamente**, (g, h). Estas dos características son de utilidad para la enseñanza de las ciencias en la medida en que reconocen la existencia de procesos cognitivos a partir de los cuales se puede organizar la enseñanza de los conceptos científicos.

Si esta evolución se concreta en los cambios al **interior** del modelo de combustión observamos que las principales diferencias encontradas entre las conceptualizaciones de Lorena / Marta y Juan se centran en la función asignada al oxígeno y la fuente de energía en el proceso de la respiración. Para Juan inicialmente la energía se obtiene mediante una combustión a nivel celular con la participación de los nutrientes y del oxígeno. Para Lorena / Marta se produce a partir del oxígeno, de los nutrientes o de ambos.

Mientras Juan empieza a diferenciar entre un modelo de combustión a nivel celular y otro a nivel mitocondrial, en el cual empieza a introducir débilmente ideas y un lenguaje bioquímico, Marta consolida el modelo de combustión a nivel sistémico, al cual vincula otros procesos como la nutrición y la regulación de la temperatura sin llegar a explicar aspectos moleculares. Lorena, por su parte, muestra la consolidación del modelo de la combustión celular el cual relaciona con la nutrición y producción de energía. Observamos además en el caso de Lorena una mayor diferenciación entre los modelos vitalista y de combustión, (ver figura 6.4). En los tres casos mencionados se observa la intuición de la existencia del modelo molecular, sin embargo no llegan a realizar explicaciones “válidas” según los conceptos estudiados en clase.

Lo anterior nos lleva a encontrar discursos escritos con un alto grado de generalización al interior de un modelo determinado y con baja validez según los principios explicativos para la respiración introducidos en el curso como, por ejemplo, las ideas de la fosforilación oxidativa o del transporte de electrones.

La comprensión de la respiración, y de cualquier otro concepto científico, pasa necesariamente por este proceso de generalización, el cual facilita de manera paralela la reducción gradual del sincretismo de las conceptualizaciones iniciales. En otras palabras, lograr generalizaciones en los atributos esenciales de determinado modelo explicativo de la respiración nos facilita la elaboración de **explicaciones coherentes** y **consistentes** al interior de mencionado modelo.

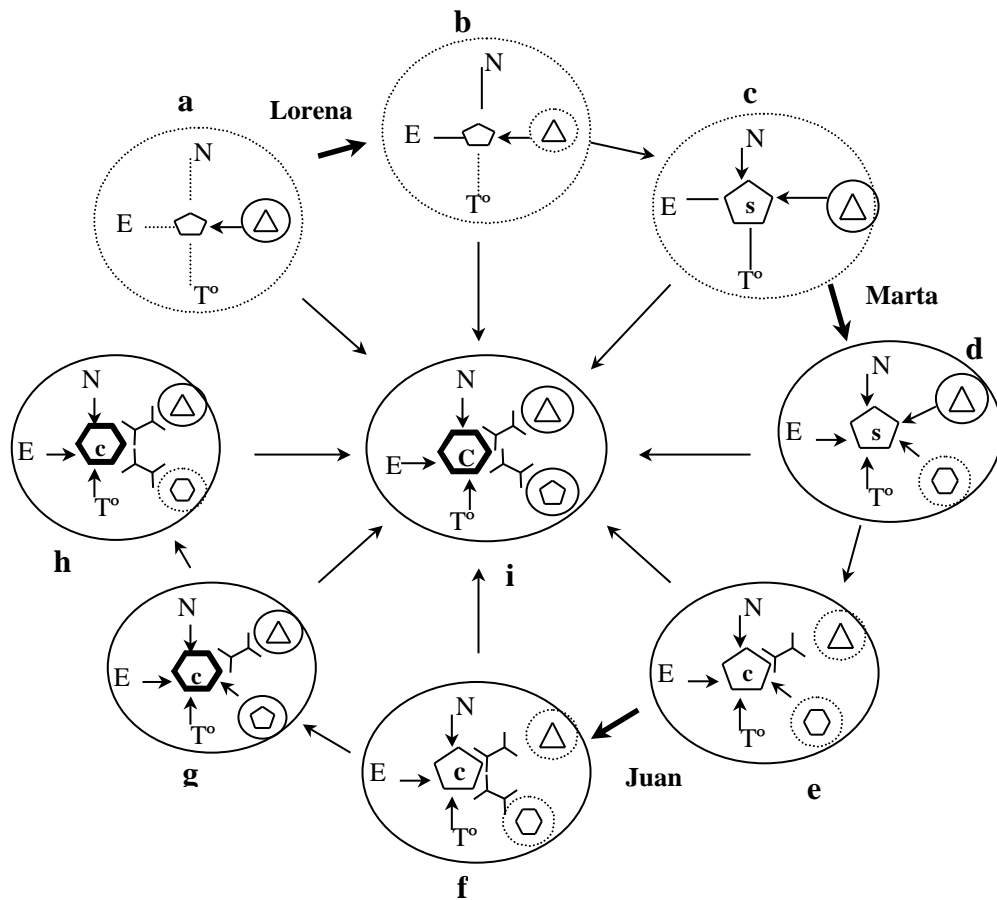


Figura 6. 4: Hipótesis de evolución al **interior** del modelo de combustión en el grupo de estudio. Se han ubicado los diferentes modelos según las conceptualizaciones de los estudiantes, las cuales se destacan con flechas gruesas. Se debe observar la evolución global del modelo. En términos generales, de modelos en los que se relacionan de manera débil los procesos de nutrición (N), ejercicio (E) y temperatura corporal (T), se pasa a modelos en los que se integran de manera más sólida estas ideas, (c, d, e). De modelos de combustión a nivel sistémico (c, d), se pasa a modelos a nivel celular, (e, f). Se observa asimismo la diferenciación entre ideas vitalistas, la consolidación del modelo molecular (g, h, i).

Como ya hemos indicado, la comparación de las figuras 6.3 y 6.4 nos muestra diferencias en la evolución conceptual cuando el análisis se hace **entre** los modelos o al **interior** de un modelo (combustión). Lorena y Marta muestran **mayor evolución en cuanto a la diferenciación y jerarquización entre los modelos** que Juan. En el caso de Juan la **evolución conceptual se concreta en la consolidación del modelo de combustión** a nivel celular.

Juan realiza las críticas a los textos de sus compañeros a partir de su modelo de combustión celular consistente y coherente. Es claro que el estudiante tiene este modelo bien diferenciado de otros modelos explicativos de la respiración y lo emplea

jerárquicamente para referirse a las diferentes situaciones encontradas. En el lado opuesto encontramos en Laura la ausencia de modelos consistentes y coherentes, lo cual la lleva a emplear ideas de manera indiferenciada al referirse a las distintas situaciones presentadas; al no tener algún modelo diferenciado y jerarquizado sus críticas y sus textos son incoherentes y contradictorios.

En los casos de Lorena y Marta, encontramos principalmente el empleo de dos modelos: el de combustión a nivel sistémico y el de intercambio de gases. Estas estudiantes pueden referirse a las diferentes situaciones que se les presentan desde estos dos modelos, siendo posible encontrar incoherencias en sus explicaciones. **Este nivel medio de jerarquización** lleva a que en los casos citados se encuentre **poca diferenciación entre los modelos** mencionados. En estos dos casos no se establecen en forma clara relaciones entre la respiración y la nutrición, a partir de las cuales es posible precisar la fuente de energía en el proceso de la respiración. Lograr establecer esta diferencia permite a la vez definir la función del oxígeno. En el caso de Juan encontramos que sin llegar a especificar la función del oxígeno, rechaza que la energía se obtenga a partir de la “respiración” y menciona en forma permanente la relación entre la respiración y la nutrición.

6. 1. 1. 4. ¿Aporta la jerarquización y la diferenciación entre los modelos a la evolución conceptual?

La relación destacada entre la evolución conceptual y el nivel de jerarquización en nuestra investigación se constituye como central. **Altos niveles de jerarquización y diferenciación** entre modelos explicativos coinciden con **la evolución conceptual al interior de los modelos** ya diferenciados. De otra parte, **poco nivel de jerarquización** entre los modelos ya existentes coincide con la **evolución conceptual que conlleva a la diferenciación entre estos modelos** previamente indiferenciados. El puente entre la evolución conceptual y los cambios conceptuales fuertes, que exigen saltos cualitativos importantes, son los procesos de jerarquización y diferenciación entre los distintos modelos que explican los fenómenos.

Es decir, los diferentes modelos que explican un fenómeno determinado se consolidan mediante los procesos de jerarquización y diferenciación sucedidos **entre** los diferentes modelos ya existentes. Estos procesos son el puente entre los modelos cotidianos y los científicos, evitando en gran medida la necesidad de cambios conceptuales fuertes. En este sentido estamos planteando un proceso gradual de evolución conceptual en el que se produce de manera paralela la diferenciación y jerarquización entre los modelos ya existentes y el enriquecimiento al **interior** de cada uno de éstos, lo que conlleva en última instancia a la existencia de un conjunto de modelos consistentes, coherentes y jerarquizados que explican de manera más o menos significativa los fenómenos.

En las figuras 6.3 y 6.4 este salto cualitativo se representa, en la mayoría de los casos, en los pasos de los modelos periféricos al modelo central. En la figura 6.4 se muestra de manera hipotética la posibilidad de lograr una evolución conceptual gradual siguiendo la secuencia alfabética de los modelos propuestos. Desde esta perspectiva de análisis la **evolución conceptual** no se logra por la yuxtaposición de ideas pertenecientes a diferentes modelos explicativos sino por el reconocimiento de **semejanzas, diferencias y relaciones de jerarquización** entre diferentes modelos que explican una realidad determinada

La enseñanza desde la perspectiva de la evolución conceptual vendría orientada por la elaboración, presentación, reflexión, diferenciación e integración de los modelos teóricos (Pozo, 1999), de los estudiantes, a través de la explicitación y contraste entre los diferentes modelos en los que se destaque su utilidad para los alumnos y no mediante el contraste empírico de los modelos con la realidad.

6. 1. 2. Sobre la categoría cognitivo-lingüística

El proceso de la evolución conceptual no puede comprenderse de manera aislada. Se requiere el reconocimiento de aspectos cognitivos, lingüísticos, metacognitivos y motivacionales. La figura 6.5 se muestran diferentes componentes de la categoría cognitivo-lingüística de los casos estudiados.

6. 1. 2. 1 ¿Que clase de críticas pueden realizar los estudiantes?

En el caso de Juan encontramos que se da de manera paralela la diferenciación de modelos explicativos y el reconocimiento adecuado de distintos contextos situacionales con una buena capacidad de crítica y de distanciamiento y, en general, con buenas habilidades cognitivo-lingüísticas. Tiene la posibilidad de **distanciarse** de los textos que analiza y realizar sus críticas a partir del modelo explicativo que tiene mas generalizado y jerarquizado, esto le permite **criticar** tanto los **conceptos** como los **procesos** encontrados en los textos. En el caso de Laura sucede lo contrario, coinciden la inexistencia de modelos diferenciados con un conjunto de habilidades cognitivo- lingüísticas poco desarrollado, tales como **poca capacidad de distanciamiento** y de **crítica** frente a los textos de sus compañeros.

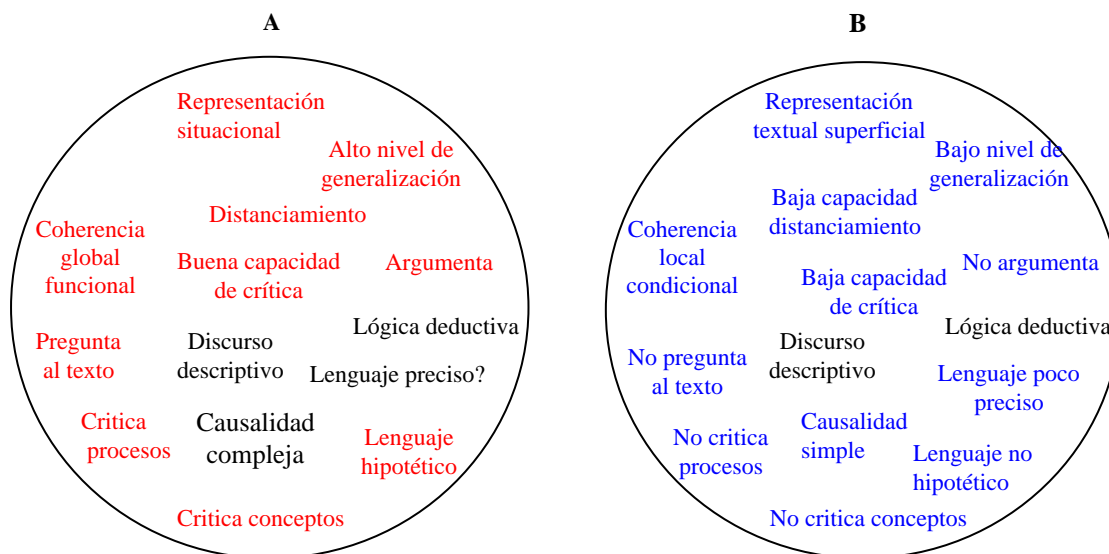


Figura 6. 5: Principales habilidades cognitivo-lingüísticas encontradas en Juan (A) y en Laura (B). Se muestran aquellas habilidades que pueden influir positiva (rojo), o negativamente (azul), en la evolución conceptual.

Juan puede “evaluar” los textos de sus compañeros; en sus críticas da especial importancia al planteamiento de **argumentos** y **razones** y puede especificar diferentes ámbitos en los cuales han elaborado sus respuestas. Identifica las ideas con las que está o no de acuerdo y realizar las correcciones o aclaraciones que cree convenientes. Puede identificar cuando una respuesta elaborada por un compañero es simple y poco desarrollada y realizar **aportes** bien a nivel **de conceptos** específicos o a nivel **del proceso** explicado. Puede así mismo realizar **preguntas al texto que analiza**, las cuales buscan la profundización en aspectos conceptuales no incluidos en este y a su vez puede **señalar sus posibles limitaciones**. En otras palabras, Juan puede **distanciarse** del texto que analiza e identificar diferentes condiciones dentro de las cuales el modelo de la combustión celular le permite una explicación más significativa dentro de un contexto determinado que el uso de ideas más cercanas a otro modelo.

El nivel de generalización logrado por el estudiante le permite distanciarse del plano de la percepción y representación “directa” del texto que analiza y centrarse más en las cualidades internas de éste, lo cual le permite **elaborar una re-presentación situacional** de los textos, a partir de la cual puede hacer sus críticas y comentarios a los textos de sus compañeros.

Las diferencias más destacables entre Lorena y Marta sobre los aspectos cognitivo-lingüísticos se centran en la distinta capacidad de crítica y distanciamiento, (ver figura 6. 6). Marta puede distanciarse más de los textos que analiza, lo cual podría estar relacionado con los diferentes modelos explicativos utilizados. Es coherente

pensar que al haber generalizado las ideas de la respiración en función de 4 modelos explicativos (aunque algunos no estén consolidados), sus posibilidades de distanciarse y de realizar críticas son mayores que en el caso de Lorena que emplea 3 modelos en sus explicaciones. En este sentido surge una relación importante que vincula el **mayor grado de generalización** de las ideas de los estudiantes con sus **posibilidades para realizar críticas** de los textos que analiza, lo cual sería a su vez coherente con la **posibilidad de identificar distintos contextos situacionales** en los cuales sus explicaciones sean más significativas.

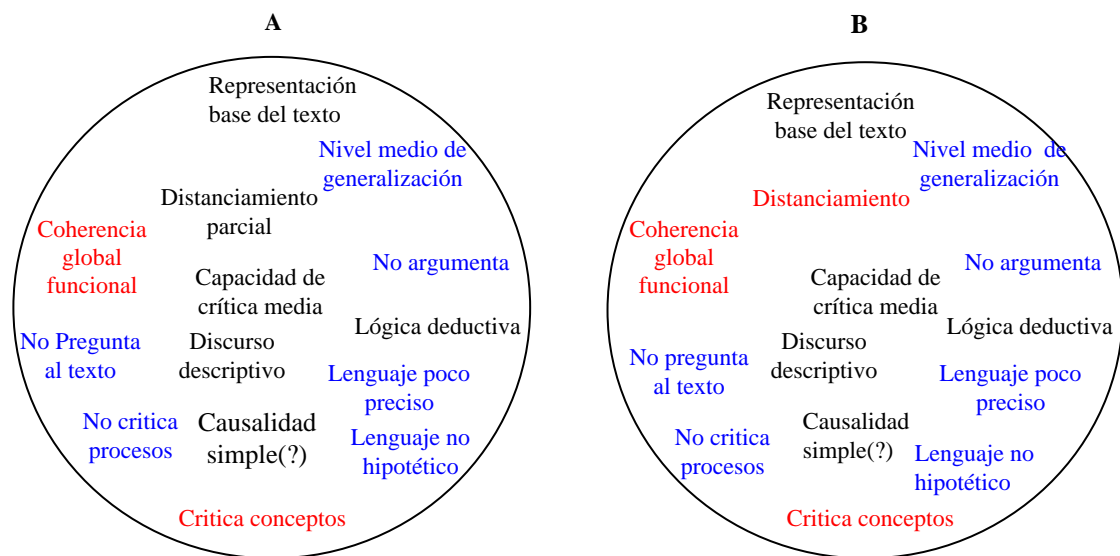


Figura 6. 6: Principales habilidades cognitivo-lingüísticas encontradas en Lorena (A) y en Marta (B).

Encontramos que Lorena **puede distanciarse parcialmente del texto que analiza**, identifica las diferentes ideas contenidas en el texto lo cual le permite relacionar ideas de diferentes partes del texto y a su vez puede realizar aportes de carácter puntual. A diferencia de Laura, quien repite tautológicamente el texto que analiza, y de Juan, quien se distancia tanto de la estructura como del significado del texto base y genera sus críticas de manera relacionada pero independiente del texto, Lorena se ubica en un punto medio en el que puede tomar distancia de la estructura superficial del texto base pero a su vez no logra elaborar una crítica global de éste. Lorena **critica** en forma independiente las ideas que contiene el texto y lo hace principalmente desde la perspectiva **conceptual**. Frente al texto base Lorena **puede aportar nuevos conceptos** y referirse a la **forma** como esta escrito el texto que analiza, estos dos tipos de críticas pueden ser un “primer” indicio del logro de una comprensión global del texto que se quiere criticar. En el primer caso desde perspectiva general de la estructura del texto y, en el segundo, desde una visión global del proceso de la respiración.

En el caso de Marta sus **críticas** son principalmente de orden **conceptual**, puede sugerir conceptos complementarios, corregir posibles errores o sugerir nuevos procesos. Es decir, puede **distanciarse** del texto y **diferenciar entre su contenido y su estructura**. Para ello requiere tener **conciencia** acerca de cuándo el texto no coincide con sus ideas. En este proceso de distanciamiento parecen conjugarse al menos dos aspectos: cierta **capacidad metacognitiva**, que le permite “situarse” frente al texto analizado y, el reconocimiento de diferentes ideas generalizadas, desde las cuales realiza la crítica conceptual correspondiente. En suma, tomar distancia del texto analizado parece requerir tanto un conocimiento metacognitivo como un conocimiento conceptual; de la interacción entre estos dos tipos de conocimientos parece surgir la crítica final al texto analizado.

En el caso de Laura encontramos que es **profundamente tautológica** frente a los textos que critica; cuando hace algún comentario, éste es impreciso y vago y sus explicaciones generalmente no responden a las preguntas planteadas. Tiene dificultad para **distanciarse estructural y funcionalmente del texto** base, y no elabora una representación del modelo situacional (Orrontia, Rosales y Sánchez, 1998; Ericsson & Kintsch, 1995) del contenido del texto que analiza, al cual vincule sus propias ideas.

Desde nuestro punto de vista la capacidad de distanciamiento y de crítica de los estudiantes viene determinada por la presencia de habilidades conceptuales y metaconceptuales a partir de las cuales los alumnos pueden identificar una explicación como adecuada o no y realizar las críticas correspondientes; es decir, lograr que los estudiantes “hablen” de la estructura y del contenido de las explicaciones es importante dentro del proceso de aprendizaje.

Si la capacidad que tienen los estudiantes para realizar críticas a los textos propios y a los de sus compañeros esta determinada, desde la perspectiva conceptual, por la diferenciación jerárquica que han logrado entre los distintos modelos que utilizan, y, desde la perspectiva metaconceptual, por la capacidad de identificar diferentes condiciones en las cuales una explicación es más significativa que otra, es necesario que tanto los procesos de enseñanza como de evaluación de los conceptos científicos estén orientados a que los estudiantes **aprendan a identificar las ideas esenciales de cada uno de los modelos** y, que aprendan a **emplearlos en situaciones específicas** donde adquieren mayor significatividad.

En esta línea, sería necesario que los alumnos aprendieran a establecer diferencias entre los distintos modelos que les permiten explicar un hecho y, además, que aprendieran a emplear estos modelos de manera significativa según los hechos que se les presentan. Para ello será necesario ayudarles a tomar conciencia de su “grado” de dependencia o independencia tanto de los conceptos o modelos que utilizan, como de los procesos que emplean al elaborar sus explicaciones. Dentro de esta visión global se requiere inicialmente que los alumnos conozcan los modelos generales que

explican los fenómenos y, a partir de ellos, empezar a realizar la diferenciación y jerarquización entre ellos, lo cual les permitirá posteriormente elaborar sus explicaciones desde los diferentes modelos específicos.

6. 1. 2. 2. Sobre la coherencia de los textos

La posibilidad que tienen los estudiantes de identificar la **idea central** de un texto bien en el momento de escribirlo o de criticarlo es importante dentro el proceso de evolución conceptual. Al identificar la idea central que se quiere expresar se reconoce la macroestructura del texto, se establecen relaciones entre las diferentes ideas y a su vez facilita identificar aspectos con los que está o no de acuerdo en los textos de sus compañeros. En la figura 6. 6 llamamos la atención sobre las diferencias en la forma de relacionar las ideas contenidas en dos textos.

En los dos casos mencionados se emplea un número similar de ideas pero su organización es diferente. En la figura 6. 7. (a), no se encuentra ninguna idea central en el texto del estudiante, las diferentes ideas son presentadas en forma de cascada; en la figura 6. 7. (b), se observan dos conjuntos interrelacionados de ideas en los cuales se pueden identificar con facilidad algunas ideas de mayor importancia, como la 2 y la 7. Esta capacidad de elaborar textos con **coherencia global** y de relacionar dos o más conceptos al parecer facilita que los estudiantes elaboren críticas y que se distancien de los textos que analizan.

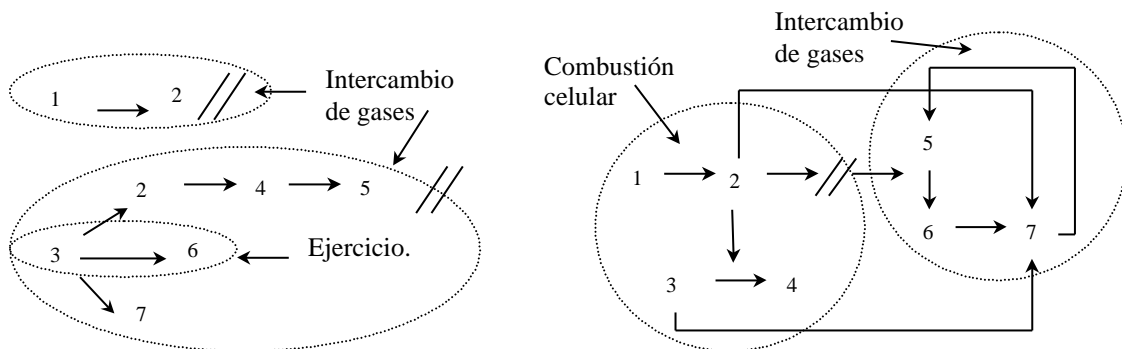


Figura 6. 7: representación de dos discursos escritos en los que se destacan la forma en la cual los estudiantes organizan sus ideas. En la figura a se representa un texto con baja coherencia global, se observa disposición lineal de las ideas así como poca relación entre ellas. En la figura b se representa un texto con alta coherencia global en el que se establecen inter-relaciones entre las principales ideas.

En el caso de Juan, al identificar el sentido global de los textos que escribe y critica, es evidente que lo hace desde su modelo jerarquizado, coherente y consistente; estas características son las que le permiten darle significado a sus textos y a las críticas que realiza. En el caso de Laura, la ausencia de modelos jerarquizados le dificulta encontrar sentidos diferentes en los textos. Lograr identificar el sentido global de un texto y, en términos generales, encontrar una situación como significativa, requiere haberla comprendido. En la medida en que los estudiantes aprendan a dar sentidos diferentes a situaciones cualitativamente distintas, implica que están empleando modelos explicativos jerarquizados y diferenciados para analizarlas.

Lorena puede identificar en las preguntas que se le plantean distintos niveles organizativos que influyen en su respuesta, como el ambiente, el sistema respiratorio y las células. Al reconocer posibles componentes generales de su respuesta ha logrado identificar el sentido global de la pregunta realizada. Destacamos asimismo el **uso de proposiciones unificadoras** con las que trata de vincular las diferentes ideas expresadas. Otro aspecto que nos sugiere la coherencia global funcional en el texto analizado es la presencia de **conceptos con sentidos diferentes**, en distintos párrafos.

Marta puede identificar las ideas centrales de un texto y tomarlas como base para la elaboración de uno nuevo, lo cual requiere haber desarrollado ciertas habilidades cognitivo-lingüísticas que le permiten identificar su macroestructura, a partir de la cual realiza las críticas correspondientes; desde este análisis de la **coherencia global**, algunas de las diferentes ideas planteadas por la alumna se constituyen en centrales en su discurso escrito.

En la comprensión del significado global de un texto es importante el desarrollo de cierto proceso estratégico que le permita al estudiante identificar las ideas más importantes del texto analizado y con base en ellas elaborar su propia crítica. En el grupo estudiado encontramos diferencias importantes en la forma como los estudiantes aprehenden el sentido de un texto; mientras Laura se representa el texto **superficialmente** y Lorena puede referirse a las ideas **contenidas en el texto**, Juan se distancia y elabora sus críticas de manera **independiente de las ideas del texto**.

6. 1. 2. 3. Sobre la estructura general del discurso escrito y la causalidad

Desde esta perspectiva del lenguaje cobra fuerza la posibilidad que tienen los estudiantes de establecer nuevas relaciones entre las ideas que conocen y las estudiadas en el aula o las halladas en los hechos que analizan. Encontramos que los estudiantes en sus textos emplean el lenguaje de manera tautológica, denotativa o hipotética. El uso de un **lenguaje hipotético** en el que se relacionen las nuevas ideas con las antiguas parece ser importante para la evolución conceptual en la medida en que le permite al estudiante crear nuevos contextos en los cuales las ideas adquieran

nuevos significados, tal es el caso de Juan cuando trata de responder a preguntas relacionadas con la regulación de la temperatura, (ver análisis y discusión de Juan).

El uso de lenguajes **denotativo** que reflejan excesiva seguridad, y **tautológicos** que muestran poca comprensión, pueden constituirse como posibles obstáculos para la evolución conceptual; en estos dos últimos es característico el empleo de discursos descriptivos con dominio de conectores de certeza y de lugar y la presencia de relaciones causales simples.

En el caso de Juan, además de la coincidencia de los diferentes modelos explicativos y de su mayor capacidad de crítica encontramos que tiene facilidad para emplear **relaciones causales complejas** en sus explicaciones. Por el contrario, Laura emplea relaciones causales simples donde las ideas están dispuestas de manera secuencial y en las que no se observa relación entre diferentes ideas (variables). En los casos de Lorena y Marta si bien se observa dificultad para relacionar diferentes ideas, éstas no se presentan necesariamente de manera lineal en sus explicaciones.

Para la didáctica de las ciencias la importancia del estudio de la dimensión cognitivo-lingüística reside principalmente en que nos permite identificar posibles obstáculos para el aprendizaje de las ciencias, los cuales nos ayudan a definir con mayor detalle aspectos centrales en la enseñanza. En consecuencia, los aspectos antes señalados permiten identificar líneas de actuación en las clases de ciencias orientadas, entre otros a:

- Ayudar a los estudiantes a reconocer las semejanzas y diferencias entre los discursos escritos lineales en los que las ideas expresadas no se relacionan entre sí y los no lineales, en los que alguna de las ideas centrales se constituye como central en la explicación.
- Propiciar gradualmente la elaboración de discursos con mayor coherencia global, en el campo de estudio específico.
- Ayudar a los estudiantes a elaborar discursos con alta coherencia global cuando responden a una pregunta-problema y reconocer a su vez el aporte de sentido al discurso de las diferentes proposiciones y oraciones utilizadas.
- Favorecer en los estudiantes la toma de conciencia sobre aspectos tanto individuales como contextuales que influyen en la elaboración de discursos (escritos) en la clase de ciencias.
- Propiciar las múltiples representaciones de los hechos, fenómenos, conceptos y teorías, así como las relaciones que entre ellas se establezcan.

6. 1. 3. Sobre la categoría metacognición

6. 1.3. 1. ¿Aportan los conocimientos metacognitivos a la evolución conceptual de los estudiantes?

En los cuatro casos estudiados encontramos que se proponen **estrategias generales** para resolver las preguntas planteadas las cuales pueden resumirse en: identificar la pregunta-pensar-relacionar-redactar. Las etapas descritas definen pasos muy generales en la ejecución de un plan para resolver los ejercicios. Los estudiantes no “hablan” de aspectos más detallados de los procedimientos que utilizan para dar la respuesta a los ejercicios, ni cómo logran entender las preguntas que se les hacen y cómo llegan a sus respuestas.

Juan demuestra **diferentes capacidades metacognitivas** al interior de distintos modelos explicativos. En aquellas preguntas orientadas a explorar sus conocimientos sobre otros modelos, como el quimiosmótico, mencionadas capacidades no se expresan con la facilidad con que lo hacen en aquellos modelos más “familiares” para el estudiante. En otras palabras, las habilidades metacognitivas mostradas se activan según diferentes modelos en los que ubica las preguntas, en tal sentido serían **habilidades metacognitivas contexto-específicas**. En el caso de Laura encontramos que no hace ninguna referencia a aspectos metacognitivos o metaconceptuales en las críticas que realiza a los textos de sus compañeros. Si bien puede reconocer diferentes intencionalidades en las actividades que se le proponen, esto no le permite identificar o diferenciar estas dos clases de conocimientos. Sus críticas y comentarios están referidos exclusivamente al ámbito conceptual (ver figura 6.9).

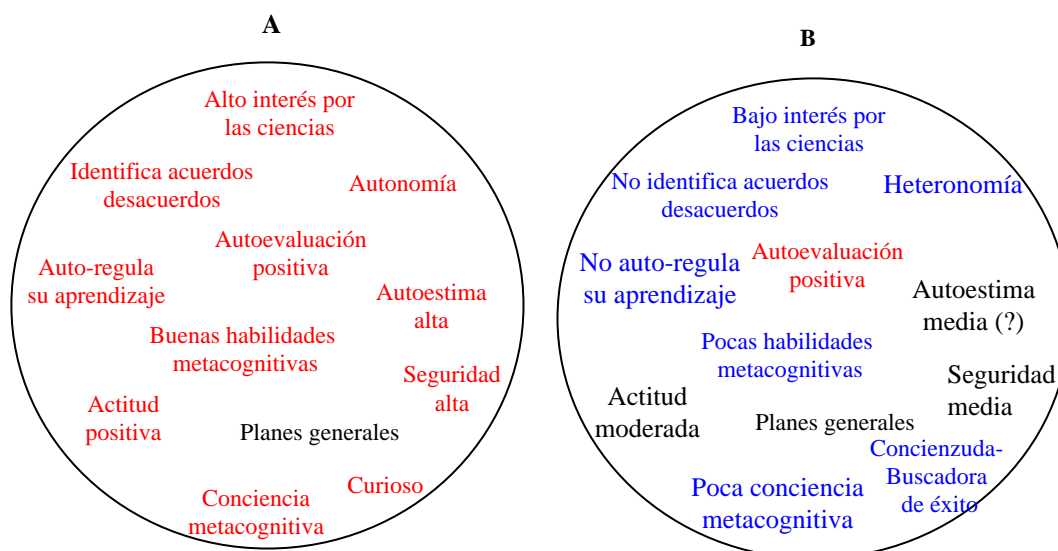


Figura 6.9: Descripción de las principales habilidades metacognitivas y motivacionales de Juan (A) y de Laura, (B). En rojo se destacan las actitudes que favorecen la evolución conceptual. En azul las que se pueden llegar a considerar como obstáculos para la evolución.

En los casos de Lorena y Marta encontramos que se diferencian aspectos conceptuales de otros cognitivos. Las estudiantes pueden referirse a conceptos específicos (relación entre crecimiento bacteriano, concentración de glucosa y demanda de oxígeno), a aspectos metaconceptuales (saber identificar errores) y a otros metacognitivos (saber escribir una mejor respuesta). Aunque encontramos una referencia muy general a estos tipos de conocimientos es importante destacar que las estudiantes dirigen sus reflexiones de manera específica a cada uno de ellos, (ver figura 6.10).

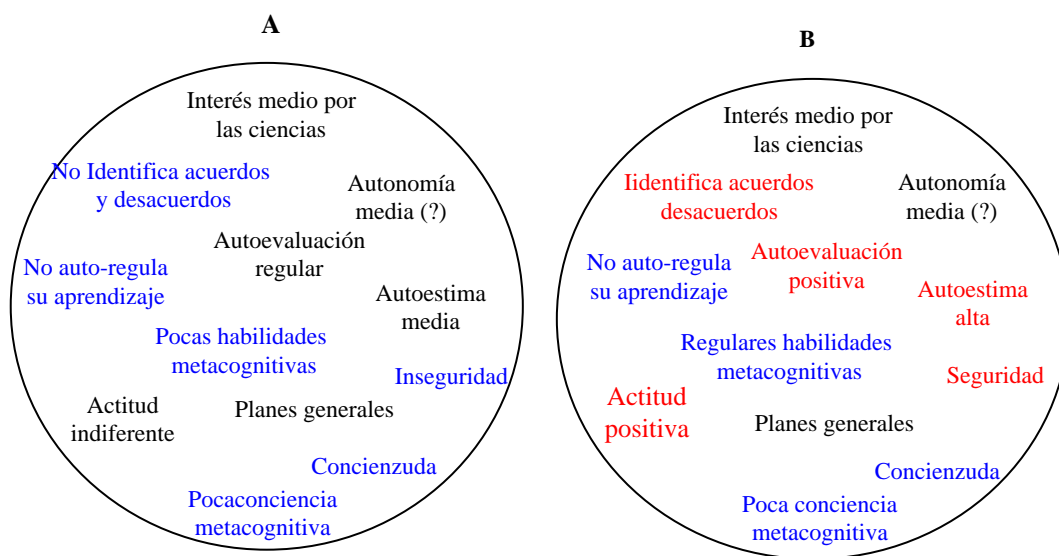


Figura 6. 10: Descripción de las principales habilidades metacognitivas y motivacionales de Lorena (A) y de Marta, (B). En rojo se destacan las actitudes que favorecen la evolución conceptual. En azul las que se pueden llegar a considerar como obstáculos.

Desde nuestro punto de vista consideramos que la posibilidad que tienen los estudiantes de diferenciar entre distintos tipos de conocimiento como el conceptual y el metacognitivo, es importante en el proceso de aprendizaje y evolución de los conceptos. En el caso de Juan al ser consciente de la **estructura, el significado y las limitaciones de sus explicaciones**, puede actuar estratégicamente en el momento de re-elaborar sus textos o de criticar las conceptualizaciones de sus compañeros, puede además responder a las diferentes preguntas y elaborar sus textos desde un modelo explicativo diferenciado y jerarquizado. Por su parte, Laura no “percibe” la existencia de otros tipos de conocimientos diferentes al conceptual; en sus críticas a sus propios textos o a los de sus compañeros hace referencia solo a los conceptos en ellos encontrados, en este sentido la estudiante adolece de un modelo jerarquizado a partir del cual lleve a cabo sus críticas.

Situadas entre los dos casos antes descritos encontramos los casos de Lorena y Marta. Son estudiantes que reconocen en los textos que analizan aspectos conceptuales y metaconceptuales, lo cual les permite tomar distancia de los textos que analizan y referirse específicamente a los conceptos encontrados en ellos o a la forma en que están expresados. Sin embargo, sus críticas y comentarios son menos específicos y menos precisos que los realizados por Juan.

Un mejor conocimiento acerca de los propios procesos de pensamiento es concomitante, en el caso de Juan, con el uso adecuado de los modelos explicativos en situaciones específicas. Llegar a reconocer cambios en los modelos empleados y valorar la validez de las explicaciones antes dadas, son aspectos que señalan el vínculo directo entre la evolución conceptual y las habilidades metacognitivas del estudiante.

6. 1. 4. Aspectos motivacionales

En el caso de Juan encontramos que su perfil motivacional se corresponde con el de un **estudiante curioso**, a su vez, es un alumno con **buenas habilidades metacognitivas, tiene conciencia sobre sus procesos de aprendizaje y puede auto-regular su aprendizaje**. Considera que progresa adecuadamente en el curso de biología, es **consciente de su progreso personal** y del logro del aprendizaje, lo cual nos permite pensar en el desarrollo de cierto nivel de **autonomía** sobre su aprendizaje, lo que también es evidente cuando valora de manera positiva los procesos de aprendizaje en los que él pueda ejercer cierta **auto-dirección**

En el caso de Juan **coinciden** un conocimiento de la respiración en el que se diferencian distintos modelos explicativos que el estudiante activa según la pregunta que se le plantea o el contexto al cual ésta se refiera, con una actitud positiva y una alta motivación y curiosidad por el aprendizaje de las ciencias (ver figura 6.9). De igual manera se encuentran buenas capacidades metacognitivas y auto-reguladoras de sus procesos de aprendizaje, la posibilidad de identificar las ideas centrales de los textos que analiza y, una alta capacidad de distanciamiento y de crítica frente a las conceptualizaciones de sus compañeros.

En los otros tres casos estudiados encontramos que coinciden tipologías de **estudiantes concienzudos** con **pocas habilidades metacognitivas y auto-reguladoras**. Las diferencias motivacionales encontradas entre Lorena y Marta se centran principalmente en la actitud y seguridad frente al aprendizaje de las ciencias, (ver figura 6.10). No obstante la gran semejanza hallada entre las dos estudiantes, encontramos que en el caso de Marta coinciden el mejor desempeño en cuanto a su capacidad de crítica con una actitud positiva, mejor autoestima y seguridad frente al aprendizaje de las ciencias.

A manera de conclusión general y desde la perspectiva multidimensional del estudio de la evolución conceptual, lograr que los estudiantes se desempeñen mejor frente al aprendizaje de los conceptos científicos supone integrar en la clase las diferentes dimensiones aquí discutidas. Para nuestro caso específico de la respiración, y a manera de ilustración, en la enseñanza de este concepto se debe tratar, entre otras cosas, que los estudiantes:

- Reconozcan los diferentes modelos que utilizan para explicar los fenómenos y cuándo y por qué unos de estos modelos son más significativos que otros.
- Encuentren las semejanzas y diferencias entre los diferentes modelos explicativos que utilizan y a la vez las semejanzas entre los modelos y los fenómenos que éstos explican.
- Puedan expresarse de manera coherente y consistente con los diferentes modelos que tienen.
- Tomen distancia de los textos que analizan y puedan realizar sus críticas a éstos tanto en su forma como en su contenido, lo cual requiere adecuado uso de lenguajes específicos para los diferentes modelos empleados por los estudiantes.
- Al leer un texto aprehendan su significado global; que puedan identificar las ideas centrales de los textos que escriben y de los que analizan. Que aprendan a identificar el aporte de significado de las diferentes ideas que contiene un texto al significado global de éste.

Los diferentes aspectos antes mencionados exigen una intervención didáctica en la cual se reconozca la importancia de las dimensiones conceptuales y metaconceptuales en el aprendizaje de las ciencias. Es decir, en la enseñanza de los conceptos científicos se requiere no sólo propiciar la reflexión acerca del concepto *per se*, sino además, es necesario proponer la enseñanza de los conceptos vinculados con los intereses y motivaciones de los estudiantes, con el reconocimiento de que los modelos adquieren mayor significatividad según los distintos contextos en los cuales se utilicen, con la necesidad de hacer un uso adecuado del discurso (escrito) en los diferentes ámbitos en los cuales se elaboren las explicaciones. Es decir, consideramos que el vínculo entre las dimensiones conceptuales y metaconceptuales es crucial para el logro de la evolución conceptual de los estudiantes y, por extensión, para el aprendizaje de las ciencias.

Una comprensión más integral de la evolución conceptual en los distintos casos analizados nos lleva a pensar en algunas de las posibles causas del diferente desempeño encontrado en el grupo analizado. Consideramos la evolución conceptual como un complejo proceso en el que intervienen, entre otras, las dimensiones aquí

analizadas, las cuales actúan de manera inter-relacionada. Es decir, son dimensiones que se encuentran con diferentes grados de integración y coherencia en la estructura cognitiva de los estudiantes. Esto a su vez permite proponer intervenciones didácticas con diferentes grados de integración de mencionadas dimensiones, o, por el contrario, intervenciones que en algunos momentos se decanten por acciones más al interior de una u otra dimensión según las dificultades específicas de los estudiantes.

6. 2. Sobre algunos aspectos metodológicos

El uso en nuestra investigación de instrumentos con preguntas abiertas en las cuales se presentan algunas situaciones problema a los estudiantes y en las que se dio especial importancia al análisis del discurso escrito de los estudiantes, nos permitió recoger información que posteriormente analizamos bajo criterios cualitativos. Sin lugar a dudas la aplicación de otras técnicas para la recolección de la información como las entrevistas y las video grabaciones nos hubieran permitido contrastar aun más los resultados presentados. Igualmente consideramos oportuno mencionar la importancia de realizar investigaciones con diseños longitudinales que estudien la evolución de los conceptos durante periodos más largos de tiempo.

Aunque en nuestra investigación relacionamos diferentes dimensiones en el estudio de la evolución conceptual, queremos destacar que aun distamos mucho de lograr una explicación integral de cómo sucede; somos concientes que los resultados a los que llegamos son solo una aproximación al estudio integral de la evolución conceptual.

Anexo 6

Evaluación el profesor

Una vez terminado el estudio de la unidad didáctica “metabolismo” se realizó la evaluación del curso. Se realizaron 5 preguntas de las cuales una estaba relacionada directamente con la respiración. La pregunta fue:

Vamos a estudiar la velocidad de metabolización de la glucosa de una células de tejido adiposo, para ello mantenemos estas células en un tubo de ensayo cerrado, en presencia de un medio artificial. Cada diez minutos medimos la cantidad de glucosa que hay en el medio de incubación y la cantidad de CO₂ que aparece en la atmósfera del tubo. Después de los primeros 30 minutos eliminamos el oxígeno del medio y continuamos el experimento durante 30 minutos más. ¿Cómo explicas que cuando no hay oxígeno en el medio:

- Se estabiliza la concentración de CO₂?
- La concentración de glucosa en el tubo de ensayo disminuye más rápidamente que en presencia de oxígeno?

A continuación mostramos las respuestas de los estudiantes

Juan

- Porque al ser una vía anabólica no se produce más CO, en cambio en los 30 primeros minutos era catabólica y se produce continuamente como por ejemplo en el ciclo de Krebs
- Porque al terminar la fase de metabolismo primero pasa por la glucólisis y después va al ciclo de Krebs, si tenemos en cuenta que la glucólisis es anaerobia (no necesita oxígeno) y el ciclo de Krebs y otros como la cadena respiratoria son aerobios (necesitan oxígeno), nos damos cuenta que no más podrá actuar la glucólisis porque las otras reacciones estarán paradas. Entonces la concentración de glucosa ira disminuyendo a medida que se transforma en ácido pirúvico y como no podrá continuar el metabolismo por falta de O₂, la glucosa irá bajando regularmente.

Laura

- Antes de utilizar el oxígeno se hace la B-oxidación, después de eliminado el oxígeno se produce la...(o continua su respuesta).
- La concentración de CO₂ se estabiliza cuando no hay oxígeno porque cuando si hay oxígeno la concentración de CO₂ va aumentando

Marta

- Las dos son vías catabólicas, sin oxígeno sin oxígeno se produce la glucólisis, con el oxígeno se produce primeramente la glucólisis, después el sistema piruvato-deshidrogenasa) para hacer el ciclo de Krebs). En este se producen dscarboxilaciones.

- b. Cuando no hay oxígeno en el medio no se produce el ciclo de Krebs, no se producen descarboxilaciones. También influye que la glucosa disminuye. La concentración de glucosa disminuye más rápidamente sin oxígeno porque la glucólisis es un proceso de degradación de glucosa más rápido.

Lorena

- a. La vía metabólica con oxígeno se llama oxigenica, la que no tiene oxígeno anoxigenica. Oxigénica ya que el oxígeno no se necesita del medio que es importante ya que se trata de procesos de oxidación.
- b. Se estabiliza la concentración de CO₂ ya que no hay intercambio de gases ni hay más procesos de combustión ya que se estabiliza al sacar el oxígeno. El nivel de glucosa disminuirá más rápidamente ya que falta oxígeno para volverse a regenerar.

7

Bibliografía

- Abelson, R. P. (1979). Differences between belief and knowledge systems. *Cognitive Science*, 3, 4.
- Adey, P., Bliss J., Head J. and Shayer M. (1989). *Adolescent development and school science*. The Falmer Press: London
- Adey, P. (1997). It all depends on the context, doesn't it? Searching for general educable dragons. *Studies in Science Education*, 29, 45-92.
- Adey, P. (2000). Science teaching and the development of intelligence. In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Aebli, H. (1958). *Una didáctica fundada en la psicología de J. Piaget*. Kapeluzs; Buenos Aires.
- Aebli, H. (1988). *Doce Formas Básicas de Enseñar. Una didáctica basada en la Psicología*. Nercea: Madrid.
- Akeroyd, F. N. (1984). Chemistry, biochemistry and the growth of science knowledge. *Journal of Chemical Education*, 61, 5, 434-436.

- Alexander, P.A. (1996). The past, present and future of knowledge research: A reexamination of the role of knowledge in learning and instruction. *Educational psychologist*, 31,2, 89-92.
- Aliberas, J. (1994). L'epistemologia i el professor de ciències. Universidad Autónoma de Barcelona. Documento no publicado.
- Alonso, T. J. (1997). *Motivar para el aprendizaje*. Edebe: Barcelona.
- Alonso, T. J. (1998). *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*. Santillana: Madrid.
- Anderberg, E. (2000). Word meaning and conceptions. An empirical study of relationships between students' thinking and use of language when reasoning about a problem. *Instructional science*, 28, 89-113.
- Arca, M., Guidoni, P. & Mazzoni, P. (1990). *Enseñar ciencia*. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.
- Artzt, A. F., Armour-Thomas, E. (1998). Mathematics teaching as problem solving: a framework for studying teacher metacognition underling instructional practice in mathematics. *Instructional science*, 26, 5-25.
- Astolfi, J.P. (1988). El aprendizaje de los conceptos científicos: Aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 2, 147-155.
- Astolfi, J-P., Peterfalvi, B. and Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Retz: Paris
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. and Hanesian, H. (1989). *Psicología educativa: Trillas México*.
- von Aufschnaiter, S. and Niedderer, H. (1998). Learning process studies in physics. Two methods for analysing transcripts of videotapes. 4^a ESERA Summerschool. París.

- von Aufschnaiter, C., Schoster, A. and von Aufschnaiter, S. (2000). The influence of students' individual experiences of physics learning environments on cognitive processes. In: Leach, J. And Paulsen, A.: *Practical work in science education. Recent research students*. Roskilde university Press: Denmark.
- Bacas, P. y Martín-Díaz, M. Jesús.(1992). *Distintas motivaciones para aprender ciencias. La presión y el calor. Sus implicaciones*. Nercea: Ministerio de Educación y Ciencia. España.
- Bachelard, G. (1994). *La Formación del Espíritu Científico*. Siglo XXI: México.
- Bahar, M.,Johnstone, A. H. and Hansell, M.A. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological education*, 33, 2, 84-86.
- Banet, E. and Nuñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 2, 105-110.
- Banet, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. En: Perales, F. J. y Cañal, P., *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil: Alcoy.
- Barak, J., Gorodersky, M., and Chipman, D. (1997). Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions. *International Journal of Science Education*, 19, 1, 21- 30.
- Barrabín, J. De M. y Grau, S. R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63.
- Beeth, M. E. (1998). Teaching for conceptual change: using status as a metacognitive tool. *Science education*, 82, 343-356.
- Beltrán, N., y Gonzalez P. (1997). *La formación de conceptos científicos. Una perspectiva desde la teoría de la actividad*. EDUFRN.
- Benarroch, B.A. (1998). *Las Explicaciones de los Estudiantes Sobre las Manifestaciones Corpusculares de la Materia*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Granada. Granada.

- Berger, P. T. y Luckmann, T. (1984). *La construcción social de la realidad*. Amorrortu: Buenos Aires.
- Biggs, J. (1987). *Student approaches to learning and studying*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Bligh, P. (1987). Teaching molecular bioenergetics. *Biochemical Education*, 15, 3, 136-140.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445-457.
- Boo, H. K. (1998). Student's understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*. 35, 5, 568-581.
- Bouma, J., and Brandt, L. (1990). Words as Tools. A simple method for the teacher to obtain information on pupil's. *Journal of Chemical Education*, 67, 1, 24-25.
- Boulter, C. J. (1997). Language, models and modelling in the primary science education. In: *Exploring models and modelling in science and technology education*, 180-200. University of Reading.
- Boulter, C. J. and Buckley, B. C. (2000). Constructing and using typologies of models in science education: Models of decay in ecology. *Third conference of European Researchers in Didactic of Biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.
- Braisby, N.; Franks, B. and Hampton, J. (1996). Essentialism, word use and concepts. *Cognition*, 59, 247-274.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In: Weinert, F. E. and Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, publishers: London
- Bruner, J. (1989). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza: Madrid.
- Bruner, J. (1995). *Actos de Significado. Más allá de la Revolución Cognitiva*.

- Alianza: Madrid.
- Bruner, J. (1997). Celebrating divergence: Piaget and Vygotsky. In: *Human Development.*, 40, 63-73.
- Bruner, J. and Haste, H. (1990). *La elaboración del sentido*. Paidós: Buenos Aires.
- Buckley, B.; Boutler, J. and Gilbert, J. K. (1997). Towards a typology of models for science education. In: *Exploring models and modelling in science and technology education*, 90-105. The University of Reading.
- Campbell, B. and Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situations. *International journal science education*, 22, 3, 239-252.
- Candela, A. (1999). Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso. Paidós: México.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and “inverse respiration” in plants: an inevitable misconceptions? *International Journal Science Education*, 21, 4, 363-371.
- Caravita, S. and Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Cárdenas, J. (1985). *Historia. de la Bioenergética*. Real Academia de las Ciencias Exactas y Naturales Madrid.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Carey, S. (1992). The Origin and Evolution of Everyday Concepts. *Cognitive Models of Science*. Universidad de Minnespta Press: Minneapolis.
- del Carmen, L. (1997). (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE/HORSORI: Barcelona.
- Carr, M. Barker, M. Bell, B., Biddulph, F. Jones, A., Kirkwood, V., Pearson, J. and

- Symington, D. (1994). The constructivist paradigm and some implications of science content and pedagogy. In: Fensham, P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.), *The content of science*. The Falmer Press. London.
- Carrell, P., Gajdusek, L. and Wise, T. (1998). Metacognition and EFL/ESL reading. *Instructional Science*, 26, 97-112.
- Case, R. (1989). *El desarrollo intelectual*. Paidós: Barcelona.
- Casirer, E. (1998) *Filosofía de las formas simbólicas*. Fondo de cultura económica: México.
- Cazden, C. B. (1990). El discurso en el aula. En: M. Wittrock: *La investigación de la enseñanza III*. Paidós: Barcelona.
- Cazden, C. B. (1991). *El discurso en el aula*. Paidós: Barcelona.
- Chalmers, A. F. (1997). *Qué es esa cosa llamada ciencia ? Siglo XXI*: Madrid.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. La pensée sauvage: Grenoble.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Aique: Argentina.
- Chi, M. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In: Giere, R.N. (ed), *Cognitive Models of Science*. Universidad de Minnespta Press: Minneapolis.
- Chi, M. T. Slotta, J. D. and Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chin, C. And Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 2, 109-138.
- Chin, C. and Brewer, W. (1998). Theories of knowledge acquisition. In: Fraser, B. J. and Tobin, K. G. (eds.), *International Handbook of Science Education*.

- Claxton, G. (1984). *Vivir y aprender*. Alianza: Madrid.
- Claxton, G. (1994). *Laboratorilandia y el mundo real. Educar mentes curiosas*. Aprendizaje Visor: Madrid.
- Cleminson A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 5, 429-445.
- Coll, C. (1989). *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcanova: Barcelona.
- Coll, C. (1991). *Psicología y currículum*. Paidós: Barcelona.
- Cordon, F. (1997). *Historia de la bioquímica*. Compañía literaria: Madrid.
- Cosgrove, M. and Schaverien, L. (1997). Models of science education. In: *Exploring models and modelling in science and technology education*, 20-34. University of Reading.
- Crawford, T., Kelly, G. J. and Brown, C. (2000). Ways of knowing beyond facts and laws of science: An ethnographic investigation of student engagement in scientific practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 3, 237-258.
- Das, J.P. (1995). Some thoughts on two aspects of Vygotsky's work. In: *Educational Psychologist*, 30, 2, 93-97.
- Dagher, Z.R. and Cossman, G.W. (1992). Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications. *National Association for Research in Science Teaching. John Wiley and Sons, inc.*
- Dagher, Z.R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 78, 6, 601-614.
- Dagher, Z.R. (1997). The case for analogies in teaching science for understanding. In: Mintzes, Wandersee and Novak (Eds.). *Teaching science for understanding*. Academic press: California.

- Davidov, V (1982). *Tipos de Generalización en la Enseñanza*. Pueblo y Educación: La Habana.
- Delval, J. (1983). *La Formación del Espíritu Científico en el Niño*. Universidad Autónoma de Madrid: Madrid.
- Derek, E. (1996). *Discourse and cognition*. Sage: Londres.
- Dewey, J. (1989). *Cómo pensamos*. Paidós: Barcelona.
- Diakidoy, I-A; Vosniadou, S. and Hawks, J. D.(1997). Conceptual change in astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*. 12, 2, 159-184.
- Diaz, B. J. and Jiménez A. M. P. (2000). Communication in the laboratory sessions and sequences of arguments. *III Conference of European Researchers in Didactic of Biology*. ERIDOB 2000.
- van Dijk, T. A. (Comp.). (1989) *Handbook of discourse analysis*. Academic press: Londres.
- van Dijk, T. (2000). El estudio del discurso. En: van Dijk, T. (Comp.). *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Gedisa: Barcelona.
- Dods, R. F. (1996). A problem-based learning design for teaching biochemistry. *Journal of Chemical Education*, 73, 3, 225-228.
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23, 1, 49-55.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E. and Eliovitch, R. (1990). Applying the “Cognitive Conflict” strategy for conceptual change-Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74, 5, 555-569.

- Driver, R. (1985). *Children's ideas in science*: Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6, 2, 109-120.
- Driver, R., Guesne, T., Tiberghien, A. (1989). *Las Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. Ministerio de Educación y Ciencia-Morata: Madrid.
- Driver, R. and Newton, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Paper prepared for presentation at the ESERA conference. Roma*.
- Dreyfus, A; Jungwirth, E and Eliocitch, R. (1990). Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change- Some implications, Difficulties, and problems. *Science Education*, 74, 5: 555-569.
- Duit, R. (1985). In search of an energy concept. *Paper prepared for “Conference on teaching about energy within the secondary school science curriculum”*. Leeds.
- Duit, R.; Roth, W-M.; Komarek, M and Wilbers, T. (1998) Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science. *International Journal of Science Education*, 20, 9, 1059-1073.
- Dupin, J.J. and Joshua, S. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 6, 649-672.
- Dupin, J.J. and Joshua, S. (1993). *Introduction a la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF: París.
- Duschl, R. A. and Gitomer, D. H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 9, 839-858.
- Duschl, R. A. and Hamilton, R. J. (1992). Introduction: Viewing the domain of science education. In: Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds). *Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice*. Sumy Press: New York.

- Duschl, R. A. and Hamilton, R. J. and Grandy, R. E. (1992) Psychology and epistemology: Match or mismatch when applied to science education.. In: Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds). *Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice*. Sumy Press: New York.
- Duval, R. (1992-1993). Argumenter, démontrer, expliquer: continuité ou rupture cognitive? *Petit X*, 31, 37-61.
- Echeverría, J. (1989). *Introducción a la Metodología e la Ciencia. La Filosofía de la Ciencia en el Siglo XX*. Barcanova: Barcelona.
- Edwards, D. and Potter, J. (1992). *Discursive psychology*. Sage: Londres.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1988). *El conocimiento compartido: el desarrollo de la comprensión en el aula*. Paidós: Barcelona.
- Eisenhart, M. A. and Howe, K. R. (1992). Validity in educational research. In: Lecompte, M., Milroy, W. L. and Priesle, J. (Eds). *The handbook of qualitative research in education*. Academic Press Inc. 643-680.
- Erduran, S. (1999). *Supporting growth of scientific knowledge in the classroom: Towards domain-specific teaching and learning of a chemical knowledge through modeling*. Doctoral thesis. Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, USA.
- Erduran, S., Monk, M., Osborne, J. & Simon, S. (2000). Enhancing the quality of argument in school science. *Paper presented at the annual conference of British Educational Research Association*, September 7-9, Cardiff, Wales.
- Ericsson, K. A. and Kintsch, W. (1995). "Long-term working memory" *Psychological Review*, 2, 211-245.
- Escovedo S. S., Ayres, A. C. & Reznik, T. (2000). Models of human circulatory system in science textbooks: Building a framework for representation analysis. *Third Conference of European Researchers in Didactic of biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.
- Espinet, M. and Sanmartí, N. (1998). Teaching and learning science education research:

- A process of regulation. *Methodology of research in science education*. Joint seminar. King`s College-Universidad Autónoma de Barcelona.
- Everson, H. and Tobias, S. (1998). The ability to estimate knowledge and performance on college. A metacognitive analysis. *Instructional Science*, 26, 65-79.
- Fairbrother, R. (2000), Strategies for learning. In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.) *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Feldman. C.F. (1990). El Pensamiento a partir del Lenguaje: La Construcción Lingüística de las Representaciones Cognitivas. En: Bruner, J. y Haste H. (Comp). *La elaboración del sentido*. Paidós: Barcelona.
- Fellows, N. J. (1994). A windows into thinking: Using students writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 31, 9, 985-1001.
- Fenshman, P.J. (1994). Beginning to Teach Chemistry. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R.(Eds.). *The Content of Science*. The Palmer Press: Londres.
- Fenshman, P.J., Gunstone, R.F. and White, R.T. (1994). Part I. Science Content and Constructivist views of learning and teaching. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R.(Eds.). *The Content of Science*. The Palmer Press: Londres.
- Ferrari, M. and Chi, M. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American psychologist*, 34, 906-911.
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In: Weinert, F. E. and Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, publishers: London
- Fodor, J. A. (1999). *Conceptos. Donde la ciencia cognitiva se equivocó*. Gedisa: Barcelona.

- Forman, E. A. and Larreamendy-Joerns. (1998). Making explicit the implicit: classroom explanations and conversational implicatures. *Mind, culture and activity*, 5, 2, 105-113.
- Franco, C., Lins, H., Colinviaux, D., Krapas, S., Queiroz, G., and Alves, F. (1999). From scientist's and inventors' minds to some scientific and technological products: relationships between theories, models, mental models and conceptions. *International Journal Science Education*, 21, 3, 277-281.
- Frederiksen, J. R., White, B. Y. and Gutwill, J. (1999). Dynamic mental models in learning science: The importance of constructing derivational linkages among models. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 7, 806-836.
- Frege, G. (1973). *Estudios sobre semántica*. Ariel: Barcelona.
- Frege, G. (1984). *Investigaciones lógicas*. Tecnos: Madrid.
- Furió M. C.; Azcona, R.; Guisasola, G. and Mujyka, E. (1993). Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud "polvidada" en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 107-114.
- Furió M. C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, Nº 7, 7-17.
- Gallimore, R. y Tharp, R. (1993). Concepción educativa en la sociedad; enseñanza, escolarización y alfabetización. En Moll, L. (comp), *Vygotsky y la educación, Comunicaciones y aplicaciones de la psicología sociohistórica en la educación*. Aique: Buenos Aires.
- Galperin, P. Y. (1982). *Introducción a la psicología*. Pueblo y educación: La Habana.
- García, Z.A.M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre las representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 2, 129-134.
- García H. J. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el

trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 161-166.

García M. J., Elosúa, M. R., Gutiérrez, F., Luque, J. L. y Gárate, M. (1999). *Comprensión lectora y memoria operativa. Aspectos evolutivos e instruccionales*. Paidós: Barcelona.

Garner, R. (1990). When children and adults do not use learning strategies: towards a theory of setting. *Review of Educational Research*, 60, 517-529.

Garton, A. F. (1994). *Interacción social y desarrollo del lenguaje y la cognición*. Paidós: Barcelona.

Gee, J. P., Michaels, S. & O'Connor, M. (1992). Discourse analysis. In: LeCompte, M., Millroy, E. & Preissle (Eds.). *The handbook of qualitative research in education*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.

Gentner, D. and Stevens, A. (1983). *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers: New Jersey.

Gentner, D. and Medina, J. (1998). Similarity and the development of rules. *Cognition*, 65, 263-297.

Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42, 2, 119-139.

Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Junio.

Gil, P. D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 1. pp 26-33.

Gil, P. D. (1993). Contribuciones de la historia y de la filosofía de las ciencias al

desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias.*, 11, 2.

Gilbert, J.K. Watts, M, and Osborne, R.J. (1985). *Eliciting student views using and interview-about-instances Technique*. In: West L..H. T. and Pines A. L. (Eds). *Cognitive structure and conceptual change*. (pp. 29-49). Academic Press Inc.: London.

Gilbert, J. (1997) Models in science and science education. In: *Exploring models and modelling in science and technology education*, 5-19. University of Reading.

Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998a). Models in explanations, part 1: Whose voice? Whose ears? *International Journal of Science Education*, 20, 187-203.

Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998b). Models in explanations, part 2: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20, 83-97.

Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998c). Learning science through models and modelling. In: B. Fraser and K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. 2, Section 1.4: Learning edited by R. Duit and D. Treagust.

Gindis, B. (1995). The social/cultural implication of disability: Vygotsky`s paradigm for special education. *Educational Psychologist*. 30, 2, 77-81.

Giordan, A. and de Vicchi, G. (1995). *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones personales a los Conceptos Científicos*. Diada Editores: Sevilla.

Giordan, A., Raichuarg-Jean, Marc, D. Gagliardi, R. and Canay, A. (1988). *Conceptos de Biología*. Labor: Barcelona.

Goez, J. P. y LeCompte, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata: Madrid

Goldstone, R. L. and Barsalou, L. W. (1998). Reuniting perception and conception. *Cognition*. 65, 231-262.

- Gomez, C.M. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la Química. *Alambique*, 7, 37-44.
- Gourgey A. F. (1998). Metacognition in the basic skills instruction. *Instructional Science*, 26, 81-96.
- Graesser, A. C., Gernsbacher, M. A. y Goldman, S. R. (2000). Cognición. En: van Dijk, T. (Comp.). *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Gedisa: Barcelona.
- De Grave, W. S. Boshuizen, H. P. A. and Schmidt, H. G. (1996). Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instructional Science*, 24, 321-341.
- Greca, J. and Moreira , M. A. (1997). The kinds of mental representations -models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of field: *International Journal Science Education*, 19, 6, 711-724.
- Greca, J. y Moreira , M. A. (1998a). Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 2, 289-303.
- Greca, J. y Moreira , M. A. (1998b). *Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. Cuadernos Catalanes de Enseñanza de la Física* , 15, 2, 107-120.
- Grosbois, M., Rico, G. and Sirota, R. (1991). Les manuels, un mode de textualisation scolaire des savoir savant. *Aster*, 13.
- Guidoni, P. (1991). Dinámica del coneixement. Curs de doctorat: Didàctica de las ciènces i de les matemàtiques. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gunstone, R. F. (1994). The Importance of Specific Science Content in the Enhancement of Metacognition. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.). *The Content of Science*. London: The Palmer Press.
- Gunstone, R. F., Gray Robin, C. M. and Searle, P. (1992). Some long-term effects of uniformed conceptual change. *Science Education*, 76, 2, 175-197.

- Gunstone, R. F. and Mitchell, I.J. (1998). Metacognition and conceptual change. In: Mintzes, Wandersee and Novak (Eds.). *Teaching Science for Understanding*. Academic press: California.
- Gutiérrez, R. (1987). El desarrollo mental. En: Meren, B. y otros. *La Enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Nercea: Madrid.
- Gutiérrez, R. (1990). Aportaciones de la investigación en inteligencia artificial a la investigación en didáctica: El modelo mental mecánico de De Kleer y Brown. En: Escudero, T: y otros. *Aspectos Didácticos de la Física y Química 4*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Gutiérrez, R., (1996). Modelos Mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*, 7, 73-86.
- Gutiérrez, R. (1999). La causalidad en los razonamientos espontáneos. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Junio.
- Gutierrez, R. (2000). Mental models and the fine structure of conceptual change. XIII GIREP. Barcelona
- Haenen, J. (1995) Report of the Vygotsky conference, Moscow, september 1994. *Educational Psychologist*, 30, 2, 103-104.
- Hahm, U. and Chater, N. (1998) Similarity on rules: distinct? Exhaustive? Empirically distinguishable? *Cognition*. 65, 197-230.
- Halliday, M. A. K. and Martin, J. R. (1993). Writing science: literacy and discursive power. University of Pittsburg Press: Pittsburg.
- Hampton, J. A. (1998). Similarity-based categorization and fuzziness of natural categories. *Cognition*. 65, 137-165.
- Hargreaves, D. H. (1999). The knowledge-creating school. *British Journal of Educational Studies*. 47, 2, 122-144.

- Harrison, C., Simon, S. and Watson, R. (2000). Progression and differentiation. In: Monk, M. and Osborne, J. (Eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (2001). Conceptual change using multiple interpretative perspectives: two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science*, 29, 45-85.
- Hartman, H. J. (1998). Metacognition in teaching and learning: an introduction. *Instructional Science*, 26, 1-3.
- Haste, H. (1990). La Elaboración de Reglas. En: Bruner J. (Comp). *La Elaboración del Sentido*. Paidós: Barcelona.
- Hatano, G. and Inagaki, K. (1997). Qualitative Changes in Intuitive Biology. *European Journal of Psychology Education*., 12, 2, 111-130.
- Head, J.O. and Sutton, C.R. (1985). Language, understanding and commitment. In: West L.H.T. and Pines A.L. (Eds). *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press Inc: London.
- Hedegaard, M. (1998). Situated learning and cognition: Theoretical learning and cognition. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 114-126..
- Helldén, G. (2000). 15-Year-old pupils' ideas about the development of their own understanding of biological processes. *Third Conference of European Researchers in Didactic of Biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.
- Heller, A. (1986). La estructura de la vida cotidiana. En: *Aportes* , 24-25, 113-136.
- Hewson, M. G. A`B. (1985). The Role of Intellectual Environment in the Origin of Conceptions: An Exploratory study. In: West L.H. T. and Pines A. L. (Eds). *Cognitive structure and conceptual change*. (29-49). Academic Press Inc.: London.

- Hewson, P. and Lemberger, J. (2000). Status as the hallmark of conceptual learning. In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Howe, A.C. (1996). Development of Science Concepts within a Vygotskian Framework. *Science Education.*, 80, 1, 35-51.
- Hynd, C. R.; McWhorter, J. Y.; Phares, V. L. and Suttles, C. W. (1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 933-946.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P. y Sanmartí, N. (1995). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. Universidad Autónoma de Barcelona. Documento no publicado.
- Izquierdo, M. (1996). *Cognitive models of science and the teaching of science, history of science and curriculum*. Proceedings of the second Ph D. Summer School. Ed. Art of Text, Thessaloniki.
- Izquierdo, M. and Calvet, M. (1998). Analysis and representation of the pupils text about experimental work: Conceptual maps. In: *Methodology of research in science education*. Joint seminar. King`s College-Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. Junio.
- Izquierdo, M. (2000). Estructuras retóricas en los libros de texto. Documento no publicado. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En: Perales, F. J. Y Cañal, P. (dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil: Alcoy
- Jewitt, C. (2000). Formas de comunicación en la clase de ciencias. En: Enseñar ciencias: construcción de significados i comunicación multimodal. *Universidad de Barcelona*. Documento no publicado.

- Jiménez, A.M. (1988). Entrevista a Rosalin Driver. En: *Cuadernos de Pedagogía.*, 155, 32-35.
- Jiménez, A. M. (1997). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. Murcia: *Enseñanza de las ciencias*, V Congreso investigación en Didáctica de las Ciencias.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness.* Harvard University Press: Cambridge. MA.
- Johnson-Laird, P. N. (1991). Mental Models. In: Posner, M. I. (Ed). *Foundations Cognitive Science.* (pp 469-500). The MIT Press: Cambridge.
- Johnson-Laird, P. N. (1994). Mental Models and probabilistic thinking. *Cognition.* 50, 189-209.
- Johnson-Laird, P. N. (1995). Mental Models, deductive reasoning, and the brain. In: Gazzanig, M.S. (Ed.). *The cognitive neurosciences.* The MIT Press: Cambridge.
- John-Steiner, V., Meechan, T. M. And Mahn, H. (1998). A functional systems approach to concept development. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 127-134.
- Jones, M. G., Carter, G. and Rua M. J. (2000). Exploring the development of conceptual ecologies: communities of conceptual related to convection and heat. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 2, 139-159.
- Jones, C. (2000). The role of language in the learning and teaching of science. In: Monk, M. and Osborne, J. (Eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say.* Open University Press: Buckingham.
- de Jong, T., Ferguson-Hessler, M. (1996). Tips and qualities of knowledge. *Educational Psychologist.*, 31, 2, 105-113.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994). *Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de regulación continua. propuesta didáctica para el área de las ciencias de la naturaleza y matemáticas.* Ministerio de Educación y Cultura: España.

- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1997). El desarrollo de las habilidades cognitivolingüísticas en la enseñanza científica. En: *O ensino da química. II xornadas internacionais sobre o ensino da química*. Universidad de Vigo.
- Kamen, M., Roth, W-M, Flick, L. B., Shapiro, B., Barden, L., Kean, E., Marble, S. and Lemke, J. (2000). A multiple perspective analysis of the role of language in inquiry science learning: To build a tower. HTML
- Kapov, Y.V. and Bransford, J. (1995). L. V. Vygotsky and the doctrine of empirical and theoretical learning. *Educational Psychologist*, 30, 2, , 61-66.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. M. I. T. Press: Cambridge. MA.
- Karmiloff-Smith, A. (1995). Restricciones de la conciencia metalingüística. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 33-50.
- Keil, F. C., Smith, W. C., Simons, D. J. and Levin, D. T. (1998). Two dogmas of conceptual empirism: Implications for hybrid models of the structure of knowledge. *Cognition*, 65, 103-135.
- Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 7, 676-690.
- Kinchin, I. M., Hay, D. B. and Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 41, 1, 43-57.
- Kintsch, W. (1988). The use of knowledge in discourse processing: A construction-integration model. *Psychological Review*, 85, 163-182.
- de Kleer, J. and Brown, J. S. (1981). Mental models of physical mechanism and their acquisition. In: Anderson, J. R. (Ed.). *Cognitive skills and their acquisition*. (pp 285-309). Hillsdale: New York.
- de Kleer, J. and Brown, J. S. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic

- mental models. In: Gentner, D. and Stevens, A. (Eds.). *Mental models*. (pp155-190). Hillsdale: New York.
- Köningsberg, M. (1999). A simple model to facilitate student's understanding of the mitochondrial respiratory chain. *Biochemical Education*, 27, 1, 9-11.
- Kosslyn, S. M. (1978). Imagery and internal representation. In: *Cognition and categorization*. Rosch, E. and Lloyd, B. (Eds.). Hillsdale: New Jersey.
- Kozulin., Presseisen B.Z. (1995). Mediated learning experience and psychological tools: Vygotsky's and Feuerstein's perspectives in a study of student learning. *Educational Psychologist*. 30, 2, 67-75.
- Kuiper, J. (1994). Student ideas of science concepts: alternative frameworks? *International Journal Science Education*, 16, 3, 279-292.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. F.C.E: México.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press: San Diego. CA.
- Kwon, Y-J. and Lawson, A. E. (2000). Linking brain growth with the development of scientific reasoning ability and conceptual change during adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1, 44-62.
- Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Tecnos: Madrid.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza: Madrid.
- Lakoff, G. (1987). Cognitive models on prototype theory. In: *Cognition and categorization*. Rosch, E. and Lloyd, B. (Eds.). Hillsdale: New Jersey.

- Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metáforas de la Vida Cotidiana*. Cátedra: Madrid.
- Last, A. (1992). Chemistry and popular culture. *Journal of Chemical Education* , 69. 3, 206-208.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del crecimiento científico*. Encuentro: Madrid.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R, Clark, B. R. and Falconer, K. A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Conceptual construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 9, 996-1018.
- Leach, J. and Scott, P. (2000). Children's thinking, learning, teaching and constructivism. In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Lee, Y. and Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal Science Education*, 23, 2, 111-149.
- Le Maréchal, J-F. (1998). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemical education. *UMR GRIC-COAST*. Lyon, 2 University.
- Le Maréchal, J-F. (2000). Modelling student's cognitive activity during the resolution the problems based on experimental facts in chemical education. In: Leach, J. And Paulsen, A. (Eds.): *Practical work in science education. Recent research studies*. Roskilde University Press: Denmark.
- Leal, A. (1998). Teorías del significado en el lenguaje. En: *Conocimiento y cambio*. Paidós: Barcelona.
- Lee, K-W. L., Goh, N-K., Chia, L-S, and Chin, C. (1996). Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*. 80, 6, 691-710.

- Leont'ev, A. N. (1983) The assimilation of scientific concepts by schoolchildren. A problem in pedagogical psychology. In: Davidov, V. Zienchenko, A. Leont'ev, A. and Petrovskii, A. (Eds.). [*Selected psychological works*]. (Vol. 1, pp 324-347). Pedagogika Publishers: Moskow.
- Lemke, J.L. (1997). *Aprender a Hablar ciencia*. Paidós: Barcelona.
- Lemke, J. L. (1999). Meaning-making in the conversation: Head spinning, heart winning, and everything in between. *Human Development*, 42, 87-91.
- Lemke, G. L. (In press). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In: J. R. Martin and R. Veel (Eds.), *Scientific discourse*. Longman: London. HTML format.
- Lemos, M. S. (1999). Students' goals and self-regulation in the classroom. *International Journal of Educational Research*, 31, 471-485.
- Limon, M. and Carretero, M. (1997). Conceptual Change and Anomalous data: A Case Study in the Domain of Natural Sciences. *European Journal of Psychology Education*., 12, 2. 213-230.
- Luna, F. S., García-Rodeja, I. And Brañas M. (2000). Discourse analysis: pupils' discussions of soil science. III Conference of European Research in Didactic of Biology. Santiago de Compostela. ERIDOB 2000.
- Luria, A.R. (1984a). *Conciencia y Lenguaje*. Aprendizaje Visor: Madrid.
- Luria, A.R. (1984b). *Lenguaje y Comportamiento*. Fundamentos: Madrid.
- Luria, A.R. and Yudovich, F. (1984). *Lenguaje y Desarrollo intelectual en el niño*. Siglo XXI: Madrid.
- Magnusson, S. J., Templin, M, & Boyle, R. A. (1997). Dynamic science assessment: a new approach for investigating conceptual change. *Journal of the Learning Science*, 6, 91-142.

- Manson, L. (1994). Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22, 3, 157-187.
- Manson, L. and Boscolo, P. (2000). Writing and conceptual change. What change? *Instructional Science*, 28, 199-226.
- Mardones, J. M. (1991). Filosofía de las ciencias humanas y sociales. Materiales para una fundamentación científica. Anthropos: Barcelona.
- Marín, M. N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 1, 80-92.
- Marina, J.A. (1995). *Teoría de la inteligencia creadora*. Anagrama: Barcelona.
- Martí, E. (1995). Metacognición: Entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 9-32.
- Martí, E. Y Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: La adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Martín-Díaz, M. y Kempa, R. F. (1991). Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 1, 59-68.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J. and Clavijo, I. E. (2000). Restructuring knowledge in biology: cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal Science Education*, 22, 3, 303-323.
- Martins, I. (2000). Onda ou partícula: Argumentação e rotótica na aprendizagem da natureza da luz. Trabalho apresentado e publicado nas Atas do VII Encontro de pesquisa em ensino de física, Florianópolis, SC, Brasil, 27-31 de mayo.
- Martins, I. (2001). Anàlisi retòrica i recerca en educació científica. *Seminario de reserca*. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Marton, F. (1983). Beyond individual differences. *Educational Psychology*, 3, 289-303.

- Mata, A., Anta, C. (1985). Evolución y nuevas tendencias en los trabajos sobre didáctica de las ciencias experimentales. En: *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.
- Matthews, M.R. (). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 4.
- Mayer, R. E. (1992). Knowledge and thought: Mentals model that support scientific reasoning. In. Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.). *Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice*. Sumy Press: New York.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivacional aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49-63.
- Meyling, H. (1997). How to change student's conception of the epistemology of science. In: *Science and Education.*, 6, 397-416.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for.
In: J. Wellington (Ed): *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 16-31). Routledge: London.
- Miller, G. A. (1978). Practical and lexical knowledge. In: *Cognition and categorization*. Rosch, E. and Lloyd, B. (Eds.). Hillsdale: New Jersey.
- Miller, G. A. and Johnson-Laird, P. N. (1976). *Language and perception*. Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Mockus, A. (1989). Formación básica y actitud científica. En: *Educación y Cultura.*, 17.
- Moll, L.C. (Comp.). (1993). Vygotsky y la Educación. Connotaciones y aplicaciones de la psicología sociohistórica en la educación. Aique: Argentina.
- Monk, M. and Dillon, J. (2000). The nature of scientific knowledge. In: Monk, M. and Osborne, J. (Eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.

- Moreira, M. A. (1994). Cambio conceptual: Crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. En: *II Simposio sobre investigación en educación en física*. Buenos Aires. Argentina.
- Moreno, M., Sastre, G., Bovet, M. and Leal, A. (1998). *Conocimiento y cambio*. Paidós: Barcelona.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*, 4, 267-283.
- Mortimer, E. F. (1998). La tensió entre deàleg y mobolég en la interacció professor-alumne a l'aula de ciències. En: *Ideas para una cultura científica*. Barcelona: Museo de la Ciencia.
- Mortimer, E. F. (1998 b). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from the theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20, 1, 67-82.
- Mortimer, E. and Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science clsssroom. (2000). In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Morriam, S. B. (1988). *Case study research in education. A qualitative approach*. Jossey Bass: San Francisco.
- Navarro B. V. (1983). La historia de las ciencias y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* , 1, 50-54.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education.*, 69 , 3, 191-196.
- Nentwig, P., Bündler, W., Demuth, R. and Parchmann, I. (2000). "Chemie im Kontext". Setting chemistry teaching back on its feet. *Third Conference of European Researchers in Didactic of Biology. ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.
- Nersessian, N. (1992). How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual

- change in science. In: Giere, R. (Ed.) *Cognitive models in science*. (pp 3-44). University of Minnesota Press: Menneapolis.
- Newton, D. P. & Newton, L. D. (2000). Do teachers support causal understanding through their discourse when teaching primary science. *British Educational Research Journal*, 26, 5, 599-613.
- Nicholls, D.G. (1982) *Bioenergetics*. Academic press: New York.
- Niedderer, H. and Schecker, H. (1992) Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning. Institute of physics education. University of Bremen.
- Niemibirta, M. (1999) Motivational and cognitive predictors of goal getting and task performance. *International Journal of Educational Research*, 31, 487-498.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In: Gentner, D. and Stevens, A. L. (Eds.). *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Not, L. (1994). *Las pedagogías del conocimiento*. FCE: México.
- Novak, J. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Universidad: Madrid.
- Nuñez, F. and Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*. 14, 3, 261-278.
- Nussbaum, J. (1989). *Classroom conceptual change: philosophical perspectives*. Taylor and Francis Ltd.
- Oliva, M. J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 1, 93-107
- O'Loughlin, M. (1992). Rethinking science education: beyond Piagetian constructivism towards a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 791-820.
- Olsher, G and Beit, B. O. (1999). Biotechnologies as a context for enhancing junior

- high-school student's ability to ask meaningful questions about abstract biological processes. *International Journal Science Education*, 21, 2, 137-153.
- Orrantia, J., Rosales, J. Y Sánchez, E. (1998). La enseñanza de estrategias para identificar y reducir la información importante de un texto. Consecuencias para la construcción del modelo de la situación. *Infancia y Aprendizaje*, 83, 29-57.
- Osborne, J.F. (1996). Beyond Constructivism. In: *Science Education*. 80, 1, 53-82.
- Osborne, R. and Freyberg, P. (1985). *Learning in science*. Heinemann.
- Osborne, J. (2000). Measuring metacognition in the classroom: A review of currently-available measures. josborne@ou.edu.
- Osborne, J. (2000). Assessing metacognition in the classroom: The assesment of cognition monitoring effectiveness. josborne@ou.edu.
- Paccaud, M. (1991). Les conceptions comme levier D'apprentissage du concept de respiration. *Aster*, 13.
- Panopsky, C.P., John-Steiner V. and Blackwell, P.J. (1993). Desarrollo de los Conceptos Científicos y Discurso. En: *Vygotsky y la Educación*. Aique: Argentina.
- Penuel, W.R. and Wertsch, J.V. (1995). Vygotsky and identity formation: A sociocultural approach. *Educational Psychologist*, 30, 2, 83-92.
- Pereiro, M. C. And Jiménez, A. M. P. (2000). Relevant knowledge in decision making about the environment: a case study. Paper presented at the 3^a ERIDOB conference. Santiago de Compostela.
- Petri, J. & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20, 1075-1088.
- Pfundt, H. and Duit, R. (1988). *Bibliography students' alternative frameworks and science education*. Institute for science education. 2^o Ed. IPN: Kiel.

- Pfundt, H. and Duit, R. (1991). *Bibliography students' alternative frameworks and science education*. Institute for science education. 3° Ed. IPN: Kiel.
- Piaget, J. (1975a). *Psicología y Pedagogía*. Ariel: Barcelona.
- Piaget, J. (1975b). *Seis estudios de psicología*. Seix Barral: Barcelona.
- Piaget J. and García R. (1973). *Las explicaciones causales*. Seix Barral: Barcelona.
- Pines, A.L. (1985). Toward a taxonomy of conceptual relation and the implications for the evaluation of cognitive structures. In: West L. H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change*. (pp. 29-49). Academic Press Inc.: London.
- Pinto, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre las concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 2.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167-199.
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31, 459-470.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 2, 211-227.
- Potter, J. (1998). *La representación de la realidad*. Paidós: Barcelona.
- Pozo, J.I. (1989). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Morata: Madrid.
- Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: De donde vienen, a donde van... y mientras tanto que hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Pozo, J.I. (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y

el conocimiento científico: Del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Junio

Pozo, J.I. and Gómez C. M.A. (1997). ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En: Del Carmen L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE/HORSORI.

Pozo, J.I. y Gómez C. M.A. (1998). *Aprender a enseñar ciencia*. Morata: Madrid.

Pozo, J. I., Gómez, C. M., Limón, M. y Sanz, S. A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química. C.I.D.E: Madrid.

Pozo, J. I., Pérez M. D. P., Sanz, A. Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*. 57, 3-22.

Prechtel, H., Urhahne, D., von Davier, M. & Schenzer, M. (2000). Animations, self-regulation, and motivation in a computer-based learning environment for neurobiology instruction. *Third Conference of European Researchers in Didactic of Biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.

Regis, A. Albertazzi, G. and Roletto, E. (1996). Conceptual maps in chemistry education. *Journal of Chemical Education*. 73, 11, 1084-1088.

Reif, F. (1985). Acquiring an Effective Understanding of Scientific Concepts. In: West, L. H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Academic Press Inc: London.

Reiner, M. and Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22, 5, 489-506.

Resnick, L. B., and Chi, M. (1988). Cognitive psychologist and science learning. *Science for the fun of it. A guide to informal science education*. National Science Teachers Association: Marvin Druger.

Rickey, D. & Stacy, M. A. (2000). The role of metacognition in learning chemistry.

Journal of Chemical Education, 77, 7,915-919.

Riviere, A. (1986). *Razonamiento y representación*. Siglo XXI: España.

Rogoff, B. (1993). *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Paidós: Barcelona.

Rorty, R. (1991). *Objectivity, relativism and truth. Philosophical papers*. Vol1. Trad. Jorge Vigil E. Paidós: Barcelona.

Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In: *Cognition and categorization*. Rosch, E. and Lloyd, B. (Eds.). Hillsdale: New Jersey.

Rubinshtein, S. L. (1957). *Ser y conciencia*. Izdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR: Moscú.

Rye, J. A. and Rubba, P. A. (1998). An exploration of the concept cap as a interview tool to facilitate the externalization of students' understandings about global atmospheric change. *Journal of Research in Science Teaching*. 35, 5, 521-546.

Säljö, R. (1991). Learning and mediation. Fitting reality into a table. *Learning and Instruction*, 1, 261-272.

Sanmartí, N. (1992). *Estratègies didàctiques per a l'atenció a la diversitat a través del currículum: anàlisi d'algunes experiències en l'àrea de ciències*. A. *Ciències experimentals: del diseny curricular a l'aula*. Bellaterra-ICE.UAB: Barcelona 6. 10-6. 34.

Sanmartí, N. (1995). El aprendizaje de actitudes y de comportamientos en relación a la educación ambiental. Reflexiones desde el área científica. En: Unño, T. y Martinez, K (Eds.). *Educar a favor del medio*. Bilbao. U. P. V. Pp. 163-181.

Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de didáctica de la lengua y la literatura.*, 8, 26-39.

Sanmartí, N. (1997). ¿Cómo enseñar ciencias? En: Sanmartí, N. and Pujol, R. M.

- (Coord): *Ciencias de la Naturaleza ESO. Guía Práctica*. Praxis: Barcelona.
- Sanmartí, N and Jorba, J. (1996). Importancia del lenguaje en la evaluación del proceso de construcción de los conocimientos científicos. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanmartí, N. and Azcárate, C. (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 1, 3-9.
- Sanmartí, N and Pujol, R.M. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?. En: *Ciencias de la Naturaleza. ESO. Guía práctica para el profesorado*. Praxis: Barcelona.
- Sanmartí, N., Jorba, J., Ibañez, V. (1997). Aprender a regularse y a autorregularse. En: Seminario UAM/UAB. Madrid.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: Perales, F. J. y Cañal, P., *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil: Alcoy.
- Santamaría, A. (2000). La mediación semiótica de las acciones humanas: Análisis sociocultural de la situación experimental. *Infancia y Aprendizaje*, 91, 79-98.
- Schaverien, L. (1999). A biological basis for generative learning in technology-and-science part I: A theory of learning. *International Journal of Science Education*, 21, 12, 1223-1235.
- Schnotz, W. and Preub, A. (1997). Task-dependent Construction of Mental Models as a Basic for Conceptual Change. *European Journal of Psychology Education*., 12, 2. 185-211.
- Schoultz, J., Säljö, R. and Wyndhamn, J. (2001). Conceptual knowledge in talk and text; What does it take to understand a science question? *Instructional Science*, 29, 213-236.
- Schoster, A. and von Aufschnaiter (2000). The influence of learning environments on cognitive processes. In: Leach, J. And Paulsen, A.: *Practical work in science education. Recent research students*. Roskilde University Press: Denmark.

- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113-125.
- Schunk, D. H. & Zimmermann, B. J. (1994). *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NY.
- Scott, P. Asoko, H., Driver, R. and Emberton, J. (1994). Working from children's Ideas: Planning and Teaching a Chemistry Topic from a Constructivist Perspective. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.). *Content of Science*. The Palmer Press: London.
- Scott, P and Leach, J. (1998). Learning science concepts in the secondary classroom. In: Ratcliffe, M: *ASE Guide to secondary science education*. Stanley Thornes (Publishers) LTD: London:
- Scott, P.(2000). Teacher talk and meaning-making in science classrooms. En: Enseñar ciencias: construcción de significados i comunicación multimodal. *Universidad de Barcelona*. Documento no publicado.
- Serrano, G. T. (1992). Desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Complutense. Madrid.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In: G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age*. Laurence Erlbaum: Hillsdale, NY.
- diSessa, A. and Sherin, B. L. (1998). What change in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 2, 10, 1155-1198.
- Shuell, T. J. (1985). Knowledge Representation, Cognitive Structure and School Learning: A Historical Perspective. In: West L..H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change*. (pp. 29-49). Academic Press Inc.: London.
- Siegel, H. (1993). Naturalized philosophy of science and natural science education. *Science and Education*, 2, 57-68.

- Siegler, R. J. (1995). How does Change Occur: A Microgenetic Study os Numbre Conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225-273.
- Silveira, F. L. y Moreira, M. A. (1996). Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 1, 75-86.
- Simon, S. (2000). Students' attitudes towards science. In: Monk, M. and Osborne, J. (eds.). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Open University Press: Buckingham.
- Simonneaux, L. (2000). Comparison of the impact of a role-play and conventional debate on pupils' arguments on an issue in animal transgenesis. *Third Conference of European researchers in Didactic of Biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.
- Sloman, S. A. and Rips, L. J. (1998). *Similarity as an explanatory construct*. *Cognition*, 65, 87-101.
- Smagorinsky, P. (1998). Thinking and speech and protocol analysis. *Mind, Culture and Activity*, 5, 3, 157-177.
- Smith, E. E. (1991). Concepts and Induction. In: Posner, M. J. (Ed.). *Foundations Cognitive Science*. The MIT Press: Cambridge. MA.
- Solbes, J. Calatayud, J. y Navarro, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. En: *Enseñanza de las Ciencias*. 5, 3, 189-195.
- Solis V. R. (1984). Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 2, 83-89.
- Solsona, N. (1997). L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics. Tesis doctoral no publicada. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory, In:

- Carey, S. & Gelman, R. (Eds.). The epigenesis of mind: essays on biology and cognition. Erlbaum: Hillsdale, NY.
- Stavridou, H. and Solomonidou, C. (1998). Conceptual Reorganization and construction of the chemical reaction concept during secondary school. *International Journal of Science Education.*, 20, 2, 205-221.
- Stavy, R. (1998). Conceptual development in science education (Introduction). *International Journal of Science Education*, 20, 10.
- Sternberg, R. J. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise: what makes an expert student?. *Intructional Science*, 26, 127-139.
- Stetsenko, A. and Arievitch, I. (1997). Constructing and deconstructing the self: Comparing post-vygotskian and discourse-based version of social constructivism. *Mind, Culture and Activity.*, 4, 3, 159-172.
- Strike, K. and Posner, G.J. (1985). A Conceptual Change View of Learning and Understanding. West L..H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change.* (29-49). Academic Press Inc: London.
- Strike, K. and Posner, G. L. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.) *Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice.* Sumy Press: New York.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique.* 12, 8-32.
- Sutton, C. (1998a). Science as conversation: come and see my air pump!. Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science.* Which way now? Routledge: London.
- Sutton, C. (1998b). New perspectives on language in science. Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 27-38.
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal Science Education*, 22, 4, 399-417.

- Talizina, N. (1988). *Psicología de la enseñanza*. Edit. Progreso: Moscú.
- Tamayo A., O. (1990). Desarrollo de capacidades que faciliten el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Tesis de Master. Universidad Pedagógica Nacional-CINDE. Manizales.
- Tamayo, A., O. (1997). Enseñanza de las ciencias: Aspectos epistemológicos, pedagógicos y curriculares. Documento no publicado. Universidad Autónoma de Manizales. Colombia.
- Tamayo, A., O. (1999). Tendencias sobre el concepto de bioenergética en estudiantes de primero de bachillerato. Sus representaciones mentales. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Barcelona
- Tamayo, A. O. E. y Sanmartí, N. (2000). Obstáculos lingüísticos en el discurso de los estudiantes en clases de ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. Documento no publicado.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton University press: Princeton.
- Tiberghien, A. (1997). Learning and teaching: Differentiation and relation. *Research in Science Education*, 27, 3, 359-382.
- Tirosh, D.; Stavy, R. and Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, 20, 10, 1257-1269.
- Tobias, S. & Everson, H. T. (1996). *Assessing metacognitive knowledge monitoring*. College Board Report No 96-01. The College Board: NY.
- Toulmun, S. (1977). *La racionalidad humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza: Madrid.
- Tyson, L. M.; Venville, G. J.; Harrison, G. and Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.
- Tytler, R. (1998a). The nature of students' informal science conceptions. *International*

- Journal of Science Education*, 20, 901-927.
- Tytler, R. (1998b). Children conceptions of air pressure: exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20, 929-954.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal Science Education*, 22, 5, 447-467.
- Van der Veer, R. (1998). From concept attainment to knowledge formation. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 89-94.
- Venville, G. J. & Treagust, D. F. (1998) Exploring conceptual change in genetics using multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*. 35, 9, 1031-1055.
- Vienot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Herman Cop.: Paris.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*. 57, 1, 51-67.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of the conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*. 24, 535-585.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*. 18, 123-183.
- Vosniadou, S. (1994a). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (1994b). Introduction. (Modelos mentales-Cambio conceptual). *Learning and Instruction*. 4, 3-6.
- Vosniadou, S. and Schnotz W. (1997). Introduction. *European Journal of Psychology Education*., 12, 2, 105-110.

- Vosniadou, S. (1997). On the development of the understanding of abstract ideas. In: Härnqvist and Burgen (Eds.) *Growing up with science. Developing early understanding of science*. Athenaeum Press: Great Britain.
- Vosniadou, S. and Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 10, 1213-1230.
- Vuala, J. (1991). Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration. *Aster*, 13.
- Vygotski, L. S. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Grijalbo.
- Vygotski, L. S. (1995a). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós: Barcelona.
- Vygotski, L. S. (1995b). *Obras escogidas*. Visor: Madrid.
- Wardekker, W. L. (1998). Scientific concepts and reflection. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 143-153.
- Watts, M. (1994). Constructivism, Re-constructivism and Task-oriented problem-solving. In: Fensham, P., Gunstone, R and White, R. (Eds.). *The content of science*. The falmer press: London.
- Welzel, M., von Aufschnaiter, C. and Schoster, A. (2000). How to interact with students? The role of teachers in a learning situation. In: Leach, J. And Paulsen, A.: *Practical work in science education. Recent research students*. Roskilde university Press: Denmark.
- Wertsch, J. V. (1995). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Paidós: Barcelona.
- West, L.H. Fensham, P.J. and Garrard, J.E. (1985). Describing the cognitive structures of learners following instruction in chemistry. West L. H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change*. (pp. 29-49). Academic Press Inc: London.
- West, L. H. and Pines A. L. (Eds.), (1985). *Cognitive Structure and Conceptual*

- Change. Academic Press Inc: Florida.
- White, R. T. (1985). Interview protocols and dimensions of cognitive structure. In: West L. H. T. and Pines A. L. (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change*. (29-49). Academic Press Inc: London.
- White, R.T. (1994). Dimensions of Content. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.). *The Content of Science*. The Palmer Press: London.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International journal of Science Education*. 18, 7, 761-774.
- White, R. T. and Mitchell, I. J. (1994) Metacognition and the quality of learning. *Studies in Science Education*. 23, 21-37.
- Wilson, V. L. Ackerman, C. And Malave, C. (2000). Cross-time attitudes, concept formation, and achievement in college freshman physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 10, 1112-1120.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist*. 30,4, 173-187.
- Wittgenstein, L. (1989). *Tractatus Lógico-philosophicus*. Alianza Editorial: Madrid.
- Witrock, M.C. (1994). Generative Science Teaching. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.). *The Content of Science*. The Palmer Press: London.
- Wolcott, H. F. (1992). Posturing in qualitative inquiry. In: LeCompte, M., Millroy, E. & Preissle (Eds.). *The handbook of qualitative research in education*. Academic Press, Inc.: San Diego, CA.
- Wolters, C. (1998). Self-regulated learning and college student's regulation of motivation. *Journal of Educational Psychology*, 90, 224-235.
- Yair, G. (2000). Reforming motivation: how the structure of instruction affects students' learning experiences. *British Educational Research Journal*, 26, 2, 191-210.

Young, R. M. (1983). Surrogates and Mappings: Two Kinds of Conceptual Models for Interactive Devices. In: Geniner, D. and Stevens, A. L. (Eds.). *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Zimmerman, B. J. (1999). Commentary: toward a cyclically interactive view of self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*. Elsevier science Ltd. Pp 545-551.

Zimmerman, E. (1997). Models of science in science education. *Exploring models and modelling in science and technology education*, 35-75. University of Reading.

Zogza, V. and Gritsi, F. (2000). The development of ideas of pre-school children regarding the organization and function of human body organs through a socio-cognitive intervention. *Third Conference of European Researchers in Didactic of Biology- ERIDOB 2000*. Santiago de Compostela. España.

Zohar, A. (1999) Teachers' metacognitive knowledge and the instruction of higher order thinking. *Teaching and Teacher Education*, 15, 413-429.