
5

Análisis y discusión

Introducción

A continuación presentamos el análisis y discusión de la información recolectada. En primer lugar nos referimos al análisis de cada uno de los 4 estudiantes sobre los cuales se presenta el informe de investigación. El análisis realizado a cada estudiante está organizado a manera de estudios de caso, en el cual se pretende construir una comprensión global que integre las tres categorías estudiadas: *cambio conceptual*, *habilidades cognitivo-lingüísticas* y *metacognición-motivación*. Una vez realizada la discusión de cada uno de los casos pasamos a realizar un análisis conjunto con el propósito de encontrar algunas semejanzas y regularidades en el desempeño de los estudiantes, de tal forma que podamos avanzar algunas hipótesis futuras de trabajo.

A continuación presentamos la discusión de cada uno de los casos estudiados en sus tres categorías o dimensiones analizadas. La categoría *análisis conceptual* se estudia en 3 fases: en la fase 1 se exploran las concepciones de los estudiantes acerca de la respiración; en la fase 2 se analiza la información recogida durante el estudio de la unidad didáctica *metabolismo*; en la fase 3 se comparan las diferentes respuestas dadas por los estudiantes a lo largo de la investigación. Posteriormente presentamos el análisis correspondiente a las categoría *habilidades cognitivolingüísticas* y *metacognición*. A continuación discutimos cada uno de los casos estudiados.

5. 1. Análisis y discusión de las conceptualizaciones de Juan.

5. 1. 1. Análisis conceptual

Análisis conceptual, Fase 1: Concepciones de Juan sobre la respiración.

Para el análisis de las concepciones de Juan acerca de la respiración tenemos en cuenta las siguientes tópicos: la *ubicación*, la *función*, y el *proceso* asignado a la respiración así como las posibles *relaciones* con otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal. A continuación nos referimos a cada uno de ellos.

Ubicación del proceso de la respiración:

Las diferentes ideas utilizadas por Juan en sus explicaciones pueden ubicarse a nivel celular, en el cual se identifica a las mitocondrias como las organelas donde se realiza este proceso, en el que participan el oxígeno y los nutrientes.

Necesitan [las células] más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “quemar” los nutrientes para conseguir más energía ...

De esto se encargan las mitocondrias de las células que son unas organelas membranosas de la célula muy importantes.

... En los procesos de respiración, en un lugar donde la célula se despoja del CO₂, es el ciclo de Krebs.

En las afirmaciones anteriores encontramos que el estudiante sitúa el proceso de la respiración a nivel celular y destaca la importancia de las mitocondrias. Señala a la vez que la producción del CO₂ se da en el ciclo de Krebs.

Funciones asignadas a la respiración:

Juan considera que la función central de la respiración es la obtención de energía, cree que la respiración es *un proceso bioquímico en el cual los organismos obtenemos energía que nos servirá para realizar las actividades vitales*. Dice que en la producción de energía intervienen el oxígeno y los nutrientes, sin embargo no precisa la función de cada una de estas sustancias, como ilustramos en las siguientes afirmaciones:

[La respiración] se encarga de obtener energía (que para mi es lo más importante) a través de la combustión de oxígeno y nutrientes...

..en la respiración celular se obtiene energía mediante la combustión de oxígeno y nutrientes.

El colibrí no produce energía con el oxígeno del aire, lo utiliza con otros compuestos. Me da la impresión que Marta cree que la energía viene directamente del O₂.

Juan considera que asociado a la producción de energía se obtienen diferentes subproductos tales como el gas carbónico; en términos del estudiante, *son los restos de este proceso.*

Proceso de la respiración:

Inicialmente encontramos que Juan considera que los procesos relacionados con la respiración pueden ser de naturaleza diferente. En algunos momentos se refiere a los diferentes tipos de respiración encontrados y en otros lo hace en función de la clase de organismos.

La respiración no es sólo un proceso a nivel macromolecular y no es exclusivo de los humanos.

La respiración en si tiene dos partes, la que se realiza en órganos y la celular.

La respiración es diferente para cada tipo de organismo. Así pues no podemos comparar un hombre con una planta o un pez o una bacteria. Sin embargo la finalidad de la respiración es común.

El estudiante al parecer reconoce diferentes ámbitos en los cuales se puede *hablar* de respiración, sin embargo por el momento llamamos la atención en un doble sentido: el primero en cuanto a la función asignada a la respiración de manera independiente del organismo y, el segundo, en cuanto al proceso que ella implica, el cual parece ser diferente según el organismo. Dentro de los diferentes procesos a los cuales se refiere Juan encontramos su alusión a organismos con pulmones,

En los seres pulmonares recogemos, gracias al sistema respiratorio, el aire que tras pasar por la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones pasa a la sangre su elemento O₂. Los glóbulos rojos se encargan de distribuir el oxígeno que será transportado hasta ciertos órganos del cuerpo del organismo. Este oxígeno le será útil a las células para realizar una combustión donde se producirá energía y CO₂. El CO₂ será excretado al exterior por el sistema respiratorio. La energía será utilizada en beneficio para el organismo.

A plantas y bacterias,

En el caso de las plantas el proceso es diferente y hay que explicar que se realiza por fotosíntesis ... En las bacterias puede haber una respiración fotosintética o quimiosintética ambas son diferentes ..., además según parece la respiración se centraba en la humana en las preguntas anteriores.

Porque puede ser que las bacterias sean aeróbicas y necesiten O₂ para realizar su respiración y obtener la energía necesaria para vivir.

Considera la respiración como un proceso de combustión, el cual permite a las células obtener energía y, para ello, utilizan tanto los nutrientes como el oxígeno. Los textos que presentamos a continuación nos ilustran lo anterior.

“...en la respiración celular se obtiene energía mediante la combustión de oxígeno y nutrientes.

[La combustión] “lo transforma todo [oxígeno y nutrientes como las proteínas, grasas...] en energía.

Juan expresa que la respiración es semejante a la combustión tanto explícitamente como con el empleo de expresiones figurativas, como cuando dice que *...mediante el oxígeno “queman” los nutrientes...* y con analogías al encontrar semejanzas entre lo que le sucede a un animal vivo y a una vela encendida en ausencia de oxígeno. Aunque en sus respuestas encontramos expresiones como: *...el oxígeno es utilizado por las células para producir energía...; ...los nutrientes no se queman...*, estas pasan a ser expresiones puntuales que no inciden de manera importante en la conceptualización global que realiza debido a que no aparecen de forma repetida y, además, dada la importancia preponderante que otorga al proceso de la combustión.

Al igual que especifica que el proceso que se da en la respiración es una combustión, encontramos que Juan no está de acuerdo en que la respiración sea un proceso de intercambio de gases que suceda bien a nivel sistémico o a nivel celular. De igual manera rechaza la idea de que la respiración sea una combustión a nivel pulmonar. Observamos una clara diferenciación entre los procesos orientados al intercambio de gases y los destinados a la obtención de energía; en síntesis, Juan diferencia claramente entre la respiración como intercambio de gases y como combustión y a su vez, plantea las diferentes ideas relacionadas con el intercambio gaseoso en función de su explicación de la combustión.

Juan ubica el proceso de la combustión a nivel mitocondrial, lo cual supone un conocimiento más detallado del lugar en el que sucede el fenómeno, sin embargo el proceso mediante el cual se obtiene la energía sigue siendo el mismo en los dos casos señalados: una combustión, en la que se obtienen además subproductos como el gas carbónico, el cual es producido a nivel celular. Consideramos importante mencionar que identificar determinados subproductos como el CO₂ en el proceso de la respiración puede considerarse como reciente en el estudio de la respiración. Este reconocimiento permite un distanciamiento cualitativo importante de aquellos paradigmas que consideraban o incluían el intercambio de gases como la finalidad principal de la respiración.

Lo anterior nos lleva a pensar que Juan ha logrado cierto grado de abstracción y diferenciación en sus respuestas, los cuales le permite referirse a la respiración dentro de un modelo explicativo determinado: la combustión celular. En sus

conceptualizaciones se observa el empleo de un conjunto de ideas consistentes con el modelo mencionado así como una menor participación de ideas provenientes de otros modelos explicativos que entren en conflicto con las primeras. En este sentido estamos describiendo, para el caso de Juan, la generalización en los atributos esenciales de la respiración como combustión a nivel celular.

Relaciones de la respiración con otros procesos.

En las siguientes respuestas encontramos que el estudiante reconoce posibles relaciones entre la respiración y diferentes procesos como la nutrición,

La nutrición (obtención de nutrientes) va relacionada con la respiración, ya que la respiración necesita forzosamente nutrientes.

...en la respiración celular se obtiene energía mediante la combustión de oxígeno y nutrientes.

En que el oxígeno se necesita para la realización de la combustión de los hidratos que ingiere.

Cambios en la temperatura,

Porque contra más bacterias haya, más respiración aeróbica habrá y en consecuencia más energía se conseguirá. Si tenemos en cuenta que parte de esta energía se transforma en calor podríamos pensar en que el incremento de temperatura es debido al incremento de los procesos de respiración.

Por el calor corporal que desprende el ratón. El agua esta a 17°C pero el calor que desprende el ratón le hace incrementar su temperatura... El calor que provoca el animal sólo existirá hasta que él viva, luego se disipará y el agua volverá a una temperatura inicial.

... el agua capta el incremento de calor [producido por el ratón] y se "regula", por decirlo de alguna manera, a ese calor, en nuestro caso el que desprende el ratón.

La temperatura aumenta debido al desprendimiento de energía en forma de calor que provocan las combustiones con O₂.

Y el ejercicio,

También pienso que volando [el colibrí] gasta más oxígeno debido a que requiere mayor cantidad de hidratos de carbono para generar la energía suficiente que comporta su actividad muscular.

La energía que produce el colibrí es utilizada en muchas funciones además de la física.

Los textos anteriores nos muestran que Juan reconoce en términos generales posibles relaciones entre la respiración y diferentes procesos. En sus textos acerca de las

relaciones entre la respiración con la nutrición y con los cambios en la temperatura, es característico que el estudiante emplee explicaciones de carácter general; al parecer, no considera necesario realizar sus explicaciones desde el modelo molecular de la respiración.

Análisis Conceptual, Fase 2.

La información que se analiza en la fase 2 del análisis conceptual fue recogida durante el estudio de la unidad didáctica *metabolismo*. El objetivo central de este análisis es el de confirmar la presencia de ciertas concepciones sobre la respiración, así como evaluar su estabilidad y su posible cambio a través del estudio de la unidad. De igual manera pretendemos establecer posibles relaciones entre los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos conocimientos enseñados.

Las preguntas 4.1 y 4.2, (ver tabla 5.1) exploran las ideas de Juan acerca de la relación entre metabolismo-nutrición y consumo de oxígeno. En primera instancia se observa que Juan considera esta relación como posible. Da importancia al oxígeno en la producción de energía, aunque no llega a precisar cual es la función de este elemento. Relaciona además el proceso de respiración con la producción de energía, y reconoce que parte de la energía obtenida en la respiración se transforma en calor.

Tabla 5.1: Respuestas de Juan al cuestionario 4: crecimiento bacteriano en el que se buscan posibles relaciones entre respiración y metabolismo (nutrición).

Pregunta	Respuesta
4.1 En un experimento que se realizó en el laboratorio sobre crecimiento de bacterias en presencia y en ausencia de aire se obtuvo la siguiente gráfica ¿Por qué crees que el crecimiento bacteriano fue mayor en presencia de aire?	Porque puede ser que las bacterias sean aeróbicas y necesiten O ₂ para realizar su respiración y obtener la energía necesaria para vivir.
4.2. ¿Cómo crees que va cambiando la concentración de glucosa en cada tubo de ensayo?	Va creciendo a medida que aumenta el número de bacterias. En cada tubo la concentración de glucosa es mayor con lo cual el crecimiento de bacterias también porque pueden tener más recursos.
4.3. El dióxido de carbono fue uno de los gases liberado por las bacterias, cómo crees que se formó este gas?	Creo que se formó por desecho de las reacciones que se suceden en la respiración aeróbica. Las células no necesitan el CO ₂ y lo expulsan al exterior. En los procesos de respiración, en un lugar donde la célula se despoja del CO ₂ , es el ciclo de Krebs.

<p>4.4. Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?</p>	<p>Porque contra más bacterias haya, más respiración aeróbica habrá y en consecuencia más energía se conseguirá. Si tenemos en cuenta que parte de esta energía se transforma en calor podríamos pensar en que el incremento de temperatura es debido al incremento de los procesos de respiración.</p>
---	---

El análisis de las respuestas a las preguntas 4.3 y 4.4 nos muestran que Juan tiene cierto conocimiento acerca del origen del CO₂ asociado a la respiración. En primer lugar considera que es un subproducto de la respiración aeróbica y, en segundo lugar, que se obtiene a nivel del ciclo de Krebs.

El análisis del cuestionario 5 nos permite profundizar un poco acerca de la relación entre la respiración y la temperatura corporal (ver tabla 5.2). Las respuestas no hacen referencia explícita al proceso que permite obtener la energía. Se realiza la explicación del incremento de la temperatura del agua de manera general sin llegar a especificar cuales son las razones para ese cambio de la temperatura. (ver anexo: entrevista). Como ilustración de lo anterior podemos citar: *...el calor corporal que desprende el ratón...hace incrementar su temperatura... El calor que provoca el animal sólo existirá hasta que él viva; ... su temperatura máxima será la del ratón. Afirmo esto porque ... el agua capta el incremento de calor y se "regula", por decirlo de alguna manera, a ese calor, en nuestro caso el que desprende el ratón.* En los dos textos anteriores encontramos que Juan reconoce que el ratón desprende calor, sin embargo no relaciona este proceso con el empleo de nutrientes, responsables en última instancia del cambio en la temperatura del agua del calorímetro.

Tabla 5.2: Respuestas de Juan al cuestionario 5: calorímetro. Posibles relaciones entre respiración y los cambios en la temperatura.

Pregunta	Respuesta
<p>5.1. ¿Cómo puedes explicar el incremento observado en la temperatura?</p>	<p><i>Por el calor corporal que desprende el ratón. El agua esta a 17°C pero el calor que desprende el ratón le hace incrementar su temperatura, ya que el calor se propaga de medios calientes a medios de temperatura inferiores, como en este caso. El calor que provoca el animal sólo existirá hasta que él viva, luego se disipará y el agua volverá a una temperatura inicial.</i> <i>Creo que deberá ser una prueba con cierto tiempo experimental porque el foco de calor (ratón) no es externo para el agua y los cambios podrían tardarse en darse.</i></p>
<p>5.2. ¿Cuál crees que sea la temperatura máxima que puede alcanzar el agua y por qué?</p>	<p><i>Supongo que su temperatura máxima será la del ratón. Afirmo esto porque el calor pasa de cuerpos calientes a otros menos calientes y el agua capta el incremento de calor y se "regula", por decirlo de alguna manera, a ese calor, en nuestro caso el que desprende el ratón. Pero no creo que llegue a alcanzar la temperatura corporal del ratón del todo, porque creo que tendríamos que tener en cuenta la</i></p>

	<p><i>temperatura ambiental. Pienso que esta última temperatura también determina la del agua.</i></p> <p><i>En conclusión; yo aseguraría que la máxima temperatura rondaría cerca relativamente, de la del ratón siempre y cuando se disponga de tiempo para realizar la prueba.</i></p>
<p>5.4. Explica brevemente la gráfica que has realizado</p>	<p><i>He dibujado una gráfica tal que muestre el lento crecimiento de temperatura (°C) en el agua y que en un determinado momento vaya parando de incrementar y continúe con la misma temperatura. La gráfica vendría a ser una curva.</i></p>

A continuación presentamos un análisis más detallado acerca del consumo de oxígeno y su relación con la actividad física, para ello utilizamos las respuestas dadas al cuestionario 7 (ver tabla 5.3). Es claro que Juan asigna al oxígeno una función dentro del proceso de la combustión, sin llegar a mencionarla explícitamente. Plantea que el oxígeno se necesita para la combustión de los hidratos de carbono y destaca la relación existente entre la actividad física, el gasto de carbohidratos y de oxígeno. Rechaza enfáticamente las ideas de que el oxígeno cumple funciones importantes en la refrigeración del organismo, de que el movimiento es el causante del incremento en la temperatura corporal y de que se produzca energía a partir del oxígeno del aire.

En estos textos Juan parece reconocer con más claridad las relaciones existentes entre respiración y nutrición. Aunque no especifica la función del oxígeno en la respiración, sí plantea que este elemento *...es necesario para las reacciones aeróbicas del organismo para combustionar (sic) un determinado reactivo*. Con esta apreciación parece distanciarse de concepciones en las que vinculaba directamente la respiración con la obtención de energía (ver respuestas 4.1 y 4.4).

Tabla 5.3: Respuestas de Juan al cuestionario 7 que exploran el consumo de O₂ por el colibrí y su relación con la actividad física.

Pregunta	Respuesta
<p>7.1 El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.</p>	<p>Esta de acuerdo con: En nada, creo que es una explicación absurda.</p> <p>Esta en desacuerdo con: Prácticamente en todo. Dudo mucho que el colibrí necesite oxígeno para enfriarse y que al volar aumente la temperatura por el movimiento de las alas. Creo o tengo entendido que el oxígeno es necesario para las reacciones aeróbicas del organismo para combustionar (sic) un determinado reactivo. No creo tampoco que aumente la temperatura a causa de las alas. La temperatura aumenta debido al desprendimiento de energía en forma de calor que provocan las combustiones con O₂.</p>

<p>7.2 Creo que la gráfica es errónea. No creo que haya una diferencia tan importante en el consumo de oxígeno cuando el colibrí vuela y cuando esta en reposo. Cuando el colibrí vuela debe consumir casi la misma cantidad de oxígeno que cuando esta en reposo.</p>	<p>Esta de acuerdo con: En nada. Creo que la gráfica es correcta.</p> <p>Esta en desacuerdo con: Que la gráfica es correcta y si que hay tanta diferencia entre un animal activo y en reposo.</p>
<p>7.3 El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.</p>	<p>Esta de acuerdo con: En que el oxígeno se necesita para la realización de la combustión de los hidratos que ingiere. También pienso que volando gasta más oxígeno debido a que requiere mayor cantidad de hidratos de carbono para generar la energía suficiente que comporta su actividad muscular.</p> <p>Esta en desacuerdo con: En que el oxígeno se necesita también para otras muchas reacciones en el organismo. Lo demás más o menos recoge una idea correcta.</p>
<p>7.4 Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.</p>	<p>Esta de acuerdo con: La energía que produce el colibrí es utilizada en muchas funciones además de la física.</p> <p>Esta en desacuerdo con: El colibrí no produce energía con el oxígeno del aire, lo utiliza con otros compuestos. Me da la impresión que Marta cree que la energía viene directamente del O₂.</p>

El análisis de los cuestionarios 4, 5, 6 y 7 nos permite llegar a las siguientes conclusiones acerca de las ideas de Juan:

1. Relaciona la respiración con la producción de energía. Reconoce la importancia del oxígeno en la producción de energía mediante un proceso de combustión sucedido a nivel celular. No especifica la función del oxígeno dentro de este proceso de combustión.
2. Reconoce que parte de la energía obtenida en la respiración se transforma en calor.
3. Relaciona la producción del CO₂ con el ciclo de Krebs.
4. Reconoce las relaciones generales entre metabolismo y nutrición, entre respiración e incremento de la temperatura y entre actividad física, gasto de carbohidratos y consumo de oxígeno. No explícita un conocimiento detallado de los aspectos moleculares de la respiración celular que le permitan explicar cómo se relacionan la respiración con la producción de calor y con el incremento de la temperatura.
5. Al parecer no ve la necesidad de emplear los conocimientos bioquímicos para responder a las preguntas o a los problemas que se le plantean.
6. No especifica cómo a partir de los nutrientes es posible obtener energía mediante el proceso de la respiración.
7. Rechaza la idea de que el oxígeno sea la fuente de la energía en la respiración.

Análisis conceptual, Fase 3.

A continuación realizamos el análisis conceptual de las respuestas de Juan al cuestionario 8, en el cual se propone al estudiante que discuta las respuestas que dio a diferentes preguntas en el curso anterior, (ver tabla 5.4). Las respuestas finales se recogieron después de dos semanas de haber terminado el estudio de la unidad *metabolismo*. Este análisis es importante para precisar cuales aspectos son los más estables y/o dinámicos de la estructura conceptual de los estudiantes. Sirve además como referencia para establecer posibles cambios conceptuales en el campo de estudio.

Tabla 5.4: Respuestas de Juan al cuestionario n° 8. Posibles cambios conceptuales sobre la respiración

Pregunta	Respuesta inicial	Respuesta final
8.1 No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición	<i>Completamente en desacuerdo, porque en la respiración celular se obtiene energía mediante la combustión de oxígeno y nutrientes. La nutrición (obtención de nutrientes) va relacionada con la respiración, ya que la respiración necesita forzosamente de nutrientes.</i>	No estoy de acuerdo con: no sólo se obtiene energía con la combustión de oxígeno y los nutrientes. La explicación de la combustión no es la correcta.
8.2 Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.	<i>Completamente en desacuerdo porque además del oxígeno se necesitan nutrientes como las proteínas, grasas... y además se necesita una combustión que lo transforme todo en energía. De esto se encargarán las mitocondrias de las células que son unos organulos membranosos de las células muy importantes.</i>	Estoy de acuerdo con: casi todo. Estoy en desacuerdo con: no solo necesita una combustión.
8.3 La respiración es semejante a la combustión?	<i>Completamente de acuerdo porque precisamente con más combustión obtiene energía</i>	Estoy de acuerdo con: nada. <i>Puede que algo se asemeje, sin embargo, hay que tener en cuenta diversos pasos que no se engloban todos en una simple combustión</i>
8.4 Un animal cuando se muere se enfría?	<i>Completamente de acuerdo porque:</i> 1. <i>No hay producción de energía</i> 2. <i>Porque la sangre no fluye y pierde temperatura</i>	Estoy de acuerdo con todo a pesar de la simplicidad de la respuesta. Estoy en desacuerdo con: Espacio en blanco.
8.5 Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?	<i>Completamente en desacuerdo. No, creo que no, yo diría que después de obtener la energía, que es lo principal, se obtiene gas carbónico porque son, digamos, los restos de este proceso.</i>	Estoy de acuerdo con: generalmente en todo. No estoy de acuerdo con: El CO ₂ no solo se desprende por la obtención de energía con el O ₂ , también se desprende en procesos como el ciclo de Krebs de la respiración animal.

En cuanto a la pregunta 8.1 observamos que la respuesta inicial de Juan reconoce que la energía se obtiene a través de un proceso de combustión en el cual participan el oxígeno y los nutrientes. En su respuesta final a esta misma pregunta plantea no estar de acuerdo con la explicación dada a la combustión. De igual manera dice que no sólo se obtiene energía con la combustión del oxígeno y de los nutrientes. Esto último aparece nuevamente en la respuesta a la pregunta 8.2 al decir primero que *...se necesita una combustión que lo transforme todo en energía...* y luego que, *...no solo necesita una combustión.* Mas adelante pone en duda que la respiración sea semejante a la combustión y termina planteando que *... Puede que algo se asemeje, sin embargo, hay que tener en cuenta diversos pasos que no se engloban todos en una simple combustión.* Estas respuestas nos muestran que el estudiante al parecer empieza a identificar diferentes contextos en los cuales sus explicaciones puedan ser más significativas y reconoce posibles semejanzas entre la respiración y la combustión.

A continuación presentamos las principales ideas del análisis conceptual, fases 1, 2 y 3, realizados a las conceptualizaciones de Juan, (ver tabla 5.5).

Tabla 5.5: Principales ideas de Juan mostradas durante las tres fases del análisis conceptual

Fase 1: Análisis de las Concepciones Cuestionarios 1 y 3	Fase 2: Ideas durante la unidad metabolismo. Cuestionarios 4, 5, 6 y 7	Fase 3: Comparación de la información de la información Cuestionario 8
La función central de la respiración es la obtención de energía a partir de oxígeno y nutrientes mediante un proceso de combustión celular.		
Relación general entre la respiración y la nutrición sin especificar aspectos moleculares.		
Diferencia entre la respiración como combustión y como intercambio de gases.		
Rechaza la idea de la respiración como intercambio de gases y como combustión a nivel pulmonar.		
Considera que la respiración es semejante a la combustión		Considera que la combustión es <i>algo</i> diferente de la respiración
No especifica la función del oxígeno dentro de este proceso de combustión.		
Poco conocimiento de aspectos moleculares de la respiración que permitan explicar, por ejemplo, la producción de calor asociado a la respiración y la función central del oxígeno en la respiración. Sobre este aspecto reconoce el origen del CO ₂ a nivel del ciclo de Krebs.		
No especifica cómo a partir de los nutrientes es posible obtener energía mediante el proceso de la respiración.		
Reconoce las relaciones generales entre metabolismo y nutrición, entre respiración e incremento de la temperatura y entre actividad física, gasto de carbohidratos y consumo de oxígeno.		
Diferencia en forma adecuada entre las ideas propias del intercambio de gases a nivel sistémico y celular con las ideas de la combustión.		Empieza a considerar que las ideas de la combustión no son aplicables para explicar la respiración
Rechaza ideas vitalistas en las que la fuente de energía es el oxígeno respirado.		

5. 1. 2. Análisis cognitivo-lingüístico

El análisis cognitivo-lingüístico se realizó a partir de los textos más extensos escritos por el alumno (160 palabras en promedio), con base en las subcategorías *estructura del discurso escrito* y *coherencia* del discurso realizado el estudiante. A continuación analizamos cada una de estas subcategorías basados en los textos 1 y 2.

Estructura del discurso escrito

Texto 1. Para Juan la respiración es:

Un proceso bioquímico en el cual los organismos obtenemos energía(1) que nos servirá para realizar las actividades vitales(2).

La respiración es diferente para cada tipo de organismo(3). Así pues no podemos comparar un hombre con una planta o un pez o una bacteria(4). Sin embargo la finalidad de la respiración es común(5).

En los seres pulmonares recogemos, gracias al sistema respiratorio, el aire que tras pasar por la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones pasa a la sangre su elemento O₂(6). Los glóbulos rojos se encargan de distribuir el oxígeno que será transportado hasta ciertos órganos del cuerpo del organismo(7). Este oxígeno le será útil a las células para realizar una combustión donde se producirá energía y CO₂(7). El CO₂ será excretado al exterior por el sistema respiratorio(8). La energía será utilizada en beneficio para el organismo(9).

En el caso de las plantas el proceso es diferente y hay que explicar que se realiza por fotosíntesis (necesitaría bastante espacio y mas tiempo)(10). En las bacterias puede haber una respiración fotosintética o quimiosintética ambas son diferentes (11) y no voy a explicarlas por el mismo motivo que el de las plantas, además según parece la respiración se centraba en la humana en las preguntas anteriores(12).

En el texto anterior se identifican 4 párrafos. En el primero, Juan define de manera precisa la respiración. Posteriormente hace referencia a diferentes tipos de respiración según distintas clases de organismos. En el párrafo 3 detalla aspectos relacionados con la respiración en los organismos que tiene pulmones. Por último, en el párrafo final vuelve sobre los tipos de respiración especificados en el párrafo 2.

El número de conceptos o palabras-concepto empleados por Juan para su explicación es de 24. La razón de relaciones causales simples a relaciones causales complejas es de 12:1. El 50% de los conectores empleados por Juan son de certeza y el 20% de consecuencia (ver tabla 5.6). La diferencia central encontrada entre la definición inicial y la descripción posterior es, básicamente, que en la definición emplea mayoritariamente conectores de certeza y de consecuencia, mientras que en el texto descriptivo emplea conectores de certeza y de condición. En el caso de Juan observamos que en sus textos se diferencian con facilidad secuencias descriptivas y explicativas, (ver figura 5.1).

Tabla 5.6: Clase de conectores y frecuencia de uso en textos largos. Ca: causa, Ce: certeza, Co: condición, Cs: consecuencia, O: oposición, L: lugar.

Oraciones	Conectores						Porcentaje
	Ca	Ce	Co	Cs	O	L	
<p><u>Un</u> proceso bioquímico <u>en el cual</u> los organismos <u>obtenemos</u> energía(1) <u>que nos servirá para</u> realizar las actividades vitales(2). La respiración <u>es diferente para</u> cada tipo de organismo(3). <u>Así pues</u> no podemos comparar un hombre <u>con una planta o un pez o una bacteria</u>(4). <u>Sin embargo</u> la finalidad de la respiración es común(5).</p>		xx		xx			Ce = 40% Cs = 30% O = 30%
<p><u>En los</u> seres pulmonares recogemos, <u>gracias al</u> sistema respiratorio, el aire que <u>tras pasar por</u> la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones <u>pasa</u> a la sangre su elemento O2(6). Los glóbulos rojos <u>se encargan de</u> distribuir el oxígeno <u>que será transportado hasta</u> ciertos órganos del cuerpo del organismo(7). <u>Este</u> oxígeno le será útil a las células <u>para</u> realizar una combustión <u>donde se producirá</u> energía y CO2(7). El CO2 <u>será</u> excretado al exterior <u>por el</u> sistema respiratorio(8). La energía <u>será utilizada en</u> beneficio <u>para</u> el organismo(9). En el caso de las plantas <u>el proceso es</u> diferente y <u>hay que</u> explicar que <u>se realiza por</u> fotosíntesis (necesitaría bastante espacio y mas tiempo)(10). <u>En</u> las bacterias <u>puede haber</u> una respiración fotosintética o quimiosintética ambas <u>son</u> diferentes (11) y no voy a explicarlas por el mismo motivo que el de las plantas...(12)</p>		x	x x	x	x x	x	Ce = 50% Co = 20% Cs = 20%

Encontramos expresadas un total de 12 ideas generales, las cuales se organizan en dos grupos: las relacionadas con la definición del proceso de la respiración (ideas 2 a 5) y las relacionadas con la respiración en diferentes organismos, (ideas 6 a 24). (ver figura 5.2).

En las ideas 2-5 Juan plantea en términos globales la función central del proceso de la respiración y orienta todo su discurso posterior a explicar cómo se obtiene la energía tanto en organismos pulmonares como en otros tipos de organismos. Consideramos importante mencionar el hecho de iniciar su discurso con una definición precisa, frente a la cual lo que hace en los dos párrafos finales es describir de manera detallada el proceso general de la respiración. El texto elaborado por Juan contiene, en síntesis, una definición inicial y posteriormente un conjunto de párrafos descriptivos que tratan de sustentar los aspectos centrales dados en la definición. El 9% del texto escrito por Juan corresponde a la definición de la respiración, mientras el 91% corresponde a aspectos descriptivos derivados de la definición inicial.

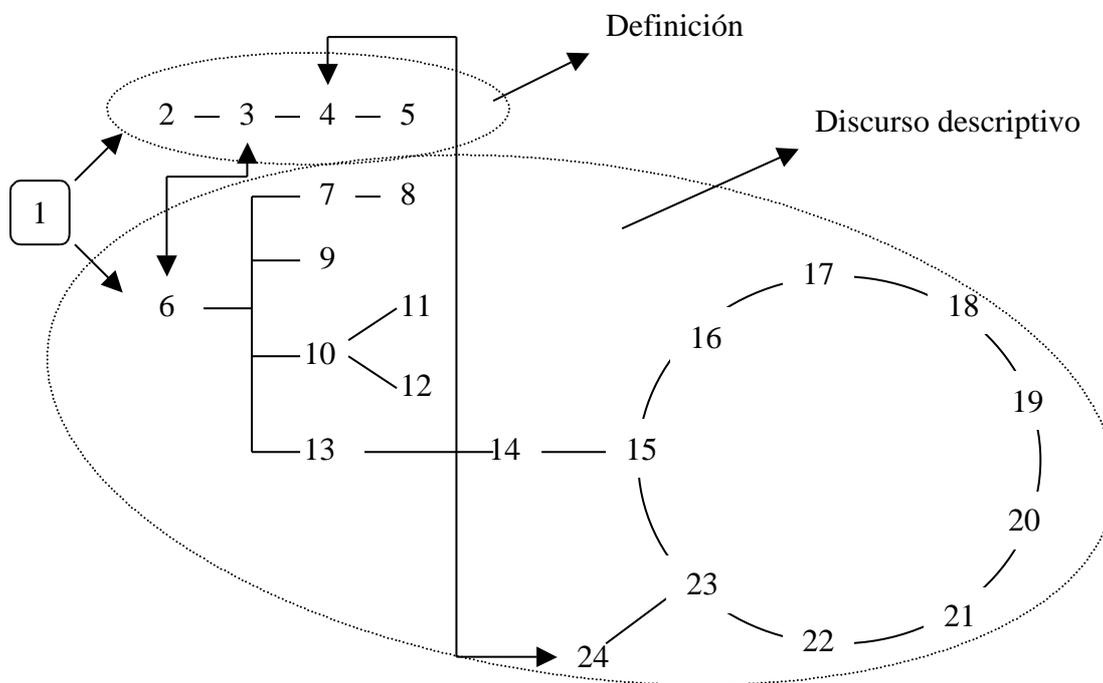


Figura 5. 1: Representación de las conceptualizaciones de Juan en la que se resaltan las relaciones establecidas entre los dos conjuntos principales de ideas, lo que le confiere coherencia global a su discurso. Es importante destacar el número de ideas y conceptos empleados por el estudiante en su explicación.

A la figura 5.1 mostramos el esquema general de la conceptualización de Juan. En él podemos observar gráficamente los dos conjuntos de ideas y las relaciones establecidas entre ellas, señaladas con flechas quebradas. Podemos identificar en esta figura tanto la riqueza conceptual en el texto analizado como la coherencia global del discurso.

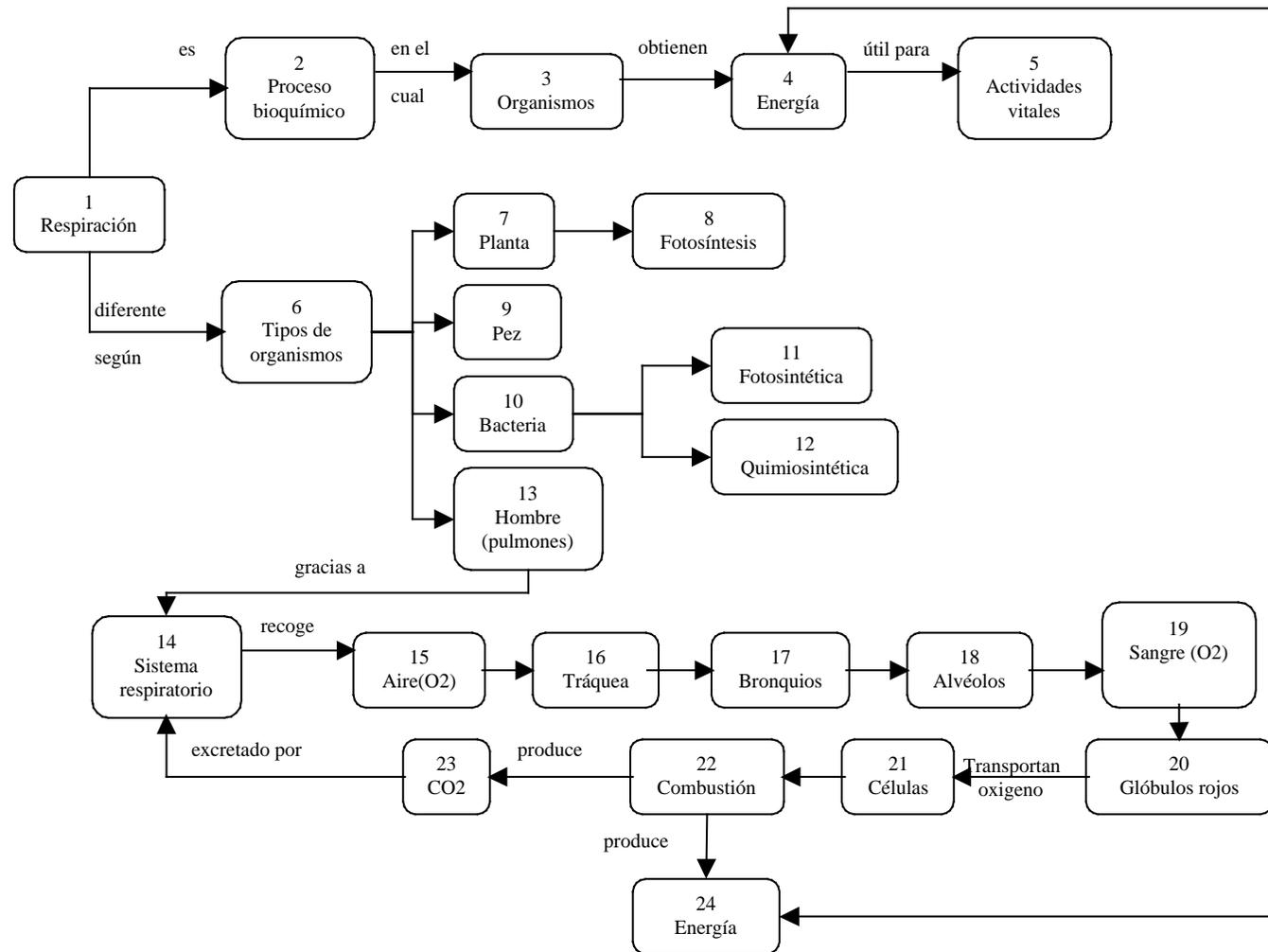


Figura 5. 2: Representación de los diferentes conceptos empleados por Juan en su explicación

Análisis de la coherencia

Texto 2:

Las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “queman” los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad. Esta energía debe ser muy alta cuando hacemos ejercicio, por eso se necesita mucho oxígeno. Basándonos en esto primero debemos captar ese oxígeno y para ello tenemos el sistema respiratorio. Parte del aire de nuestro alrededor pasa a la sangre y a los glóbulos rojos son los que se encargan de llevarlos a las células. Como las células necesitan muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para “bombear” más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe de coger más oxígeno. Debido a esto respiramos más de prisa.

En el texto citado el número de ideas diferentes identificadas es 7, (centradas en los conceptos de: actividad celular, necesidad de oxígeno, nutrientes, energía, sistema respiratorio, sangre y célula), las cuales se relacionan inicialmente de manera lineal y posteriormente se interrelacionan. La figura 5.3 esquematiza las relaciones establecidas por Juan; los conceptos de actividad celular (1), necesidad de oxígeno (2), nutrientes (3) y energía (4) se relacionan de manera lineal, destacamos la organización de estos conceptos con cierto carácter funcional en el que se utilizan los conceptos 1, 2 y 3 en función del 4. Los conceptos esquematizados en la figura 2b se relacionan más directamente con aspectos relacionados con el proceso de intercambio de gases.

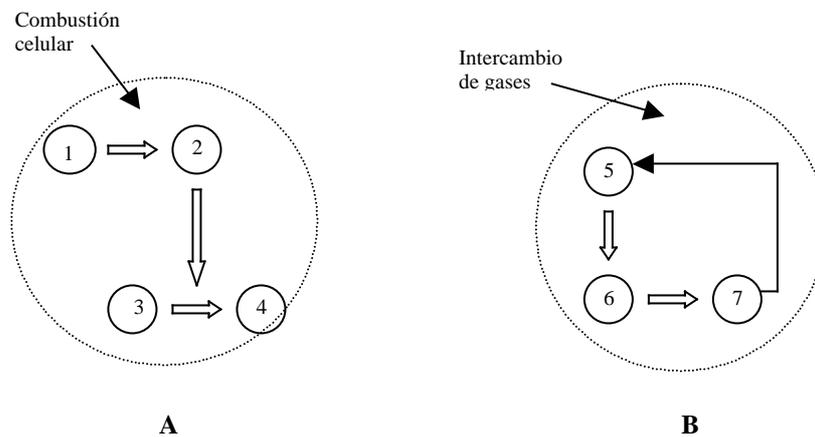


Figura 5.3: esquema general que muestra la coherencia funcional en el texto elaborado por Juan. Los primeros 4 conceptos corresponden al paradigma de la combustión celular y los conceptos 5-7 al paradigma del intercambio de gases

Tanto en la figura 5.3.(a) como en la 5.3(b) se observa cierto carácter funcional en la explicación dada por Juan. Mencionada funcionalidad es más notoria al analizar las relaciones establecidas entre los dos conjuntos de conceptos, en donde adquiere

importancia el concepto *célula* (7) el cual relaciona tanto con el consumo de oxígeno (2) como con la utilización de nutrientes (3). Destacamos además el empleo de expresiones “resumidoras” en el discurso, tales como: *basándonos en esto primero, debido a esto*, las cuales refuerzan el carácter funcional del discurso escrito de Juan. Llamamos la atención en cuanto a la definición clara dentro del modelo de la combustión a nivel celular, con apoyo en proposiciones propias de otros modelos como el del intercambio de gases.

El establecimiento de interrelaciones entre los dos conjuntos de ideas antes descritos (figuras 5.3a y 5.3b) nos permite referirnos a la coherencia global del discurso escrito elaborado por Juan, la cual representamos en la siguiente figura 5.4:

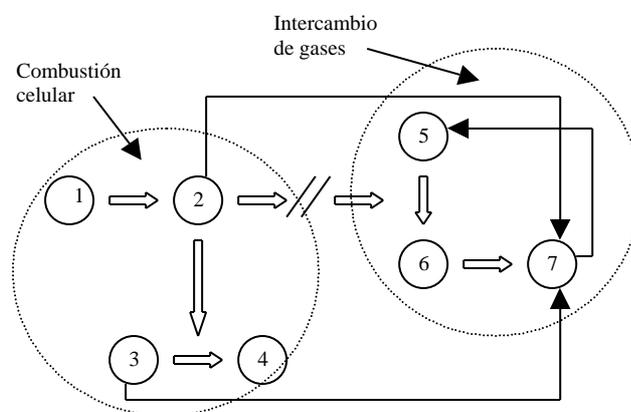


Figura 5.4: Representación de la coherencia global en un texto escrito por Juan. Se destacan las diferentes ideas con números y las relaciones entre estas.

5. 1. 3. Análisis metacognitivo

Análisis del juicio crítico

El análisis del *juicio crítico* se realizó principalmente con base en las críticas elaboradas por Juan a los textos de sus compañeros (cuestionarios 3, 7) y a sus propios textos (cuestionario 8). Frente a los textos analizados, los estudiantes debían plantear con cuales aspectos estaban de acuerdo y en desacuerdo y explicar sus razones. A continuación representamos gráficamente cada una de las preguntas realizadas y la respuestas elaboradas por el estudiantes. En recuadros se representan los diferentes conceptos o ideas y en elipses los aportes realizados.

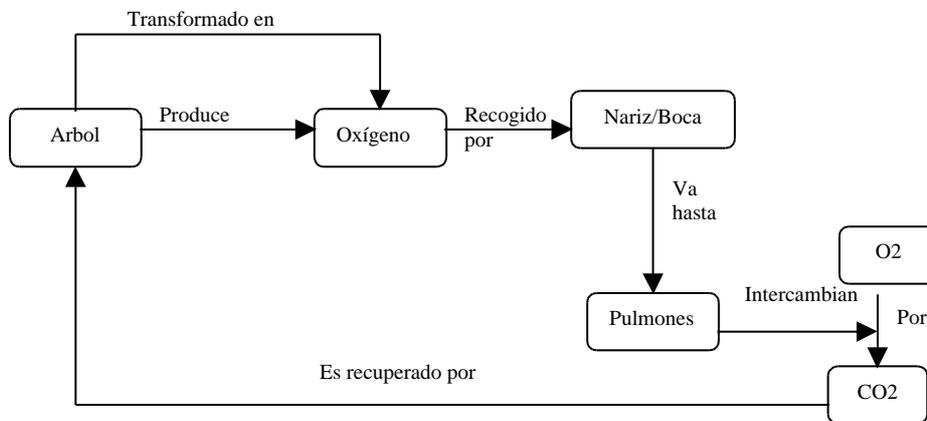
La pregunta planteada fue la siguiente.

En una evaluación sobre respiración el profesor pidió a sus estudiantes que explicaran el proceso de la respiración. Posteriormente repartió las evaluaciones entre los estudiantes para que fueran corregidas por los mismos compañeros. Debes decir para cada respuesta si estas de acuerdo o desacuerdo y explicarle a tu compañero tus opiniones.

A mencionada pregunta Laia contesto:

El árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca, baja por la tráquea hasta los pulmones que intercambian el aire (oxígeno) por el dióxido de carbono. El dióxido de carbono lo recuperan los árboles que lo transforman en oxígeno.

Representación de la respuesta de Laia:



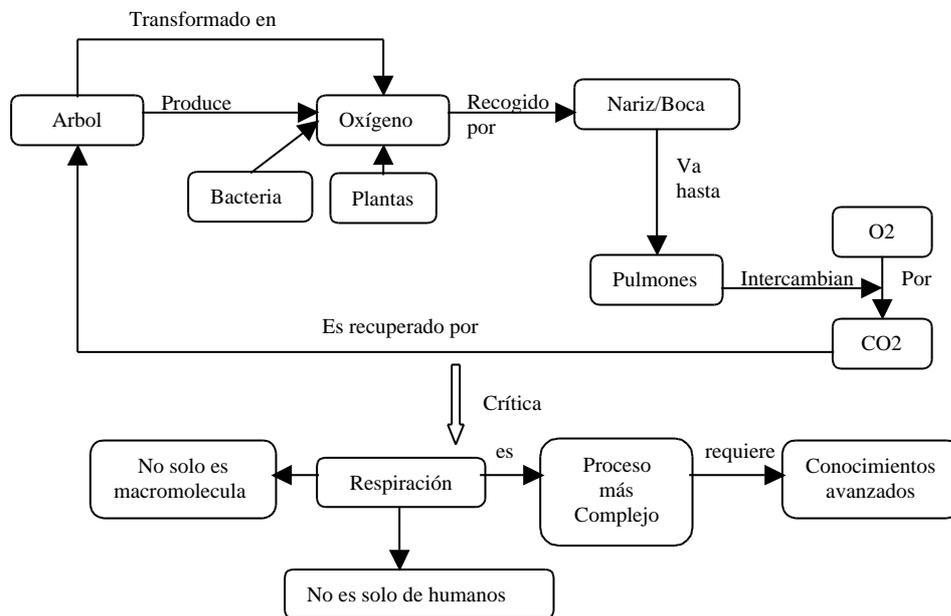
Estoy de acuerdo con:

En parte con lo que dice cuando "el árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca" y "el dióxido de carbono lo recuperan ... en oxígeno. Pero es demasiado limitada la respuesta.

Estoy en desacuerdo con:

El concepto que tiene por respiración. La respiración no es sólo un proceso a nivel macromolecular y no es exclusivo de los humanos. El mecanismo de la respiración es mucho más complejo y comporta saber y conocer algunos conceptos más avanzados que los que se presentan en la anterior explicación. Para empezar, no es el árbol únicamente el que empieza a producir oxígeno, también existen otros organismos como bacterias o plantas que lo producen. Tampoco los pulmones intercambian el oxígeno por dióxido de carbono, el oxígeno pasa por muchos lugares como los alvéolos o las células pulmonares, es más complejo que lo que ella contesta y para explicarlo se necesita bastante tiempo.

Representación de la respuesta de Juan:

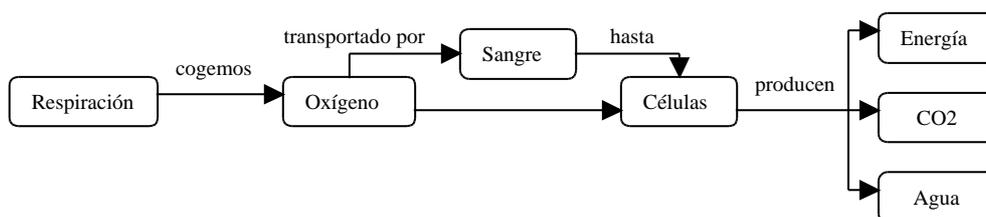


Aunque Juan se muestra de acuerdo con la respuesta de Laia, plantea que el proceso es más complejo. Inicialmente enfatiza en que el oxígeno también es producido por las plantas y por las bacterias y no solo por los árboles. Reconoce a su vez que la respiración no es solo un proceso que se da a nivel macromolecular. En la crítica realizada por Juan destacamos su insistencia que el proceso de la respiración es complejo y requiere de conocimientos avanzados para su explicación. Su crítica es realizada en un doble sentido: en primer lugar hace algunos aportes, precisiones y correcciones puntuales a lo expresado por Laia, y en segundo lugar realiza una crítica general al texto analizado. Este segundo aspecto es importante debido a que nos informa de la posibilidad de Juan de construir una visión global del texto que esta analizando. Al parecer es consciente de que el proceso que está analizando es más complejo que lo enunciado en el texto de Laia, sin embargo su explicación final se centra en identificar los posibles errores en la respuesta de Laia.

Carlos contestó:

A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua.

Representación de la respuesta de Carlos:

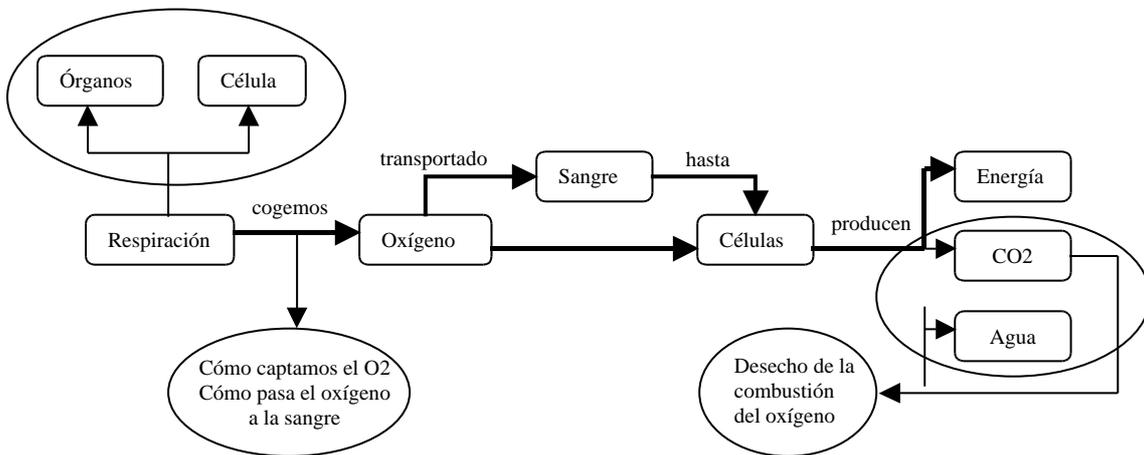


Estoy de acuerdo con:

En que el oxígeno es transportado por la sangre y llega de esta manera a las células del tejido humano. También estoy de acuerdo con que el oxígeno es utilizado por las células para producir energía.

No estoy de acuerdo con:

Como explica cómo captamos el oxígeno. La respiración en si tiene dos partes, la que se realiza en órganos y la celular. No dice nada de como se recoge el oxígeno ni como pasa a la sangre. Además las células no utilizan el oxígeno para producir dióxido de carbono y agua. Esta frase la interpreto como si hubiera necesidad de CO2 y el CO2 es un desecho de la combustión del O2 que más tarde debemos expulsar para que no perjudique al organismo. Falta mucho desarrollo en la explicación, es demasiado simple.

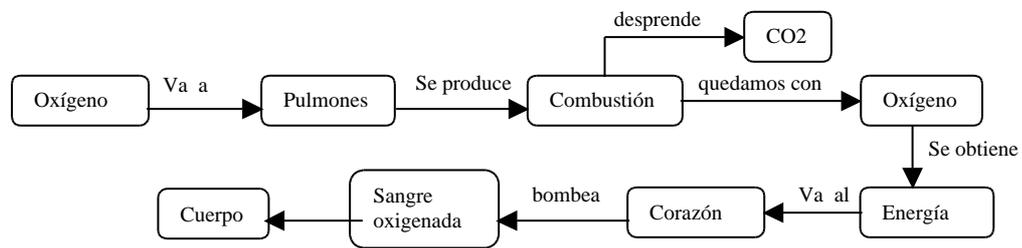
Representación de la respuesta de Juan:

Frente a la lectura del texto de Carlos, Juan se plantea preguntas que tratan de profundizar en los aspectos específicos no encontrados en el texto analizado tales como la captación del oxígeno y su paso a la sangre. En síntesis, la crítica realizada incluye el reconocimiento de algunos aspectos con los que está de acuerdo, la identificación de posibles errores, el planteamiento de preguntas al texto analizado con las cuales aparentemente pretende mostrar limitaciones específicas de la explicación y por último una crítica global del texto en la que lo cataloga como simple y poco desarrollado.

María contestó

Nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones donde se produce una combustión donde desprendemos dióxido de carbono y nos quedamos con el oxígeno mediante el cual obtenemos energía que va al corazón, y el corazón bombeará la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.

Representación de la respuesta de María:



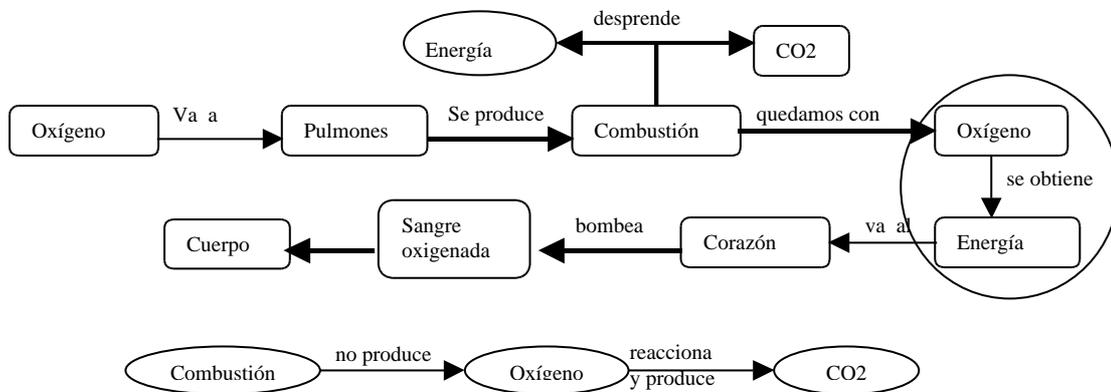
Estoy de acuerdo con:

Nosotros cogemos oxígeno. Se produce una combustión donde desprendemos CO2 y nos quedamos con el oxígeno. El corazón bombeará la sangre... a todas las partes de nuestro cuerpo.

No estoy de acuerdo con:

Me llama la atención que afirme que con el oxígeno que nos quedamos se obtiene energía. Creo que esa energía se produce en la reacción de la combustión. También pienso que en la combustión no se obtiene O2, este reacciona y da unos productos (entre los cuales está el CO2). La respiración no se basa únicamente en una combustión química.

Representación de la respuesta de Juan:

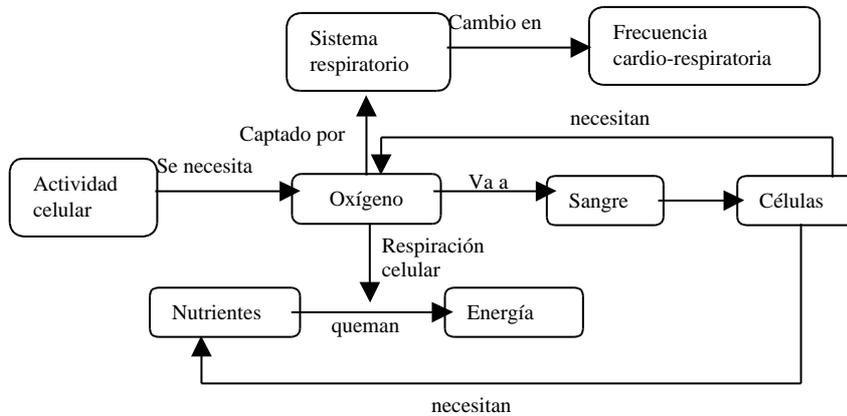


En los textos anteriores Juan puede identificar aspectos con los que está o no de acuerdo. Tiene la posibilidad de realizar correcciones al texto que lee y de sorprenderse al ver que María piense que con el oxígeno que nos quedamos se obtiene energía. Creemos importante mencionar la facilidad de Juan para identificar los aspectos con los que no está de acuerdo y pasa a escribir sus textos excluyéndolos; no menciona en sus respuestas que la combustión se realiza a nivel pulmonar, que en ella se desprende oxígeno y que la energía va al corazón. Lo anterior nos confirma la posibilidad de Juan de distanciarse del texto que analiza.

Ana contestó:

Las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “quemamos” los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad. Basándonos en esto primero debemos captar ese oxígeno y para ello tenemos el sistema respiratorio. Parte del aire de nuestro alrededor pasa a la sangre y los glóbulos rojos son los que se encargan de llevarlos a las células. Como las células necesitan muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para “bombear” más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe de coger más oxígeno.

Representación de la respuesta de Ana



Estoy de acuerdo con:

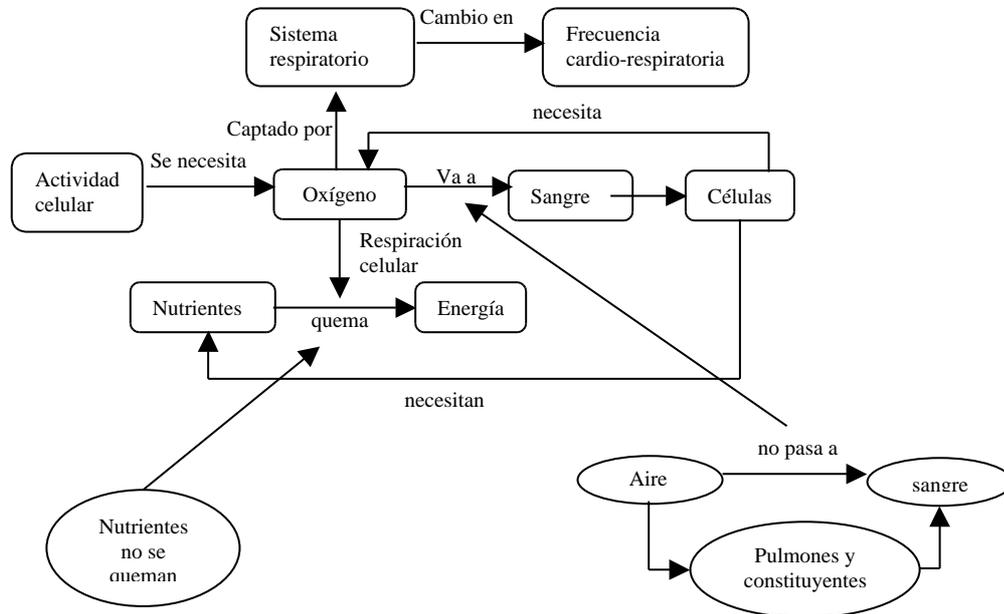
Si nos sometemos a una actividad que no es habitual las células necesitan más oxigenación

No estoy de acuerdo con:

Casi nada. Parece que esta intentando explicar la respiración en un ser humano en una actividad física. Los nutrientes no se queman. El aire de alrededor no pasa a la sangre, para ello están los pulmones y sus constituyentes. Si preguntan por respiración no se limita a aplicar la del ser humano y de momento todos lo han hecho así. Ana tiene un lío tremendo, no consigo seguirla sin prestar atención al texto.

Representación de la respuesta de Juan: (página siguiente)

En cuanto a las afirmaciones de las cuales se podría esperar alguna crítica, encontramos que Juan reconoce que el O₂ no se transforma en CO₂ y a su vez que no se obtiene H₂O a partir de él. Juan no parece situarse en una explicación de la respiración a nivel del ciclo de Krebs, desde este diferente dominio explicativo sería posible explicar en forma coherente el origen del CO₂ y del H₂O en la respiración. Desde este marco molecular centrado fundamentalmente en conceptos como los enzimas acoplados, los intermediarios activos y la teoría quimiosmótica es posible realizar una descripción válida a la luz del conocimiento actual acerca de la respiración y del origen de mencionadas sustancias.



Aunque Juan no se centra en describir los procesos moleculares de la respiración si reconoce que el oxígeno no se transforma directamente en dióxido de carbono. Considera que el proceso es mucho más complejo que el descrito, por ejemplo, por Javier o por Laia quienes consideran esta transformación directa.

Consideramos importante mencionar que en las conceptualizaciones de Juan no encontramos contradicciones conceptuales derivadas del empleo de ideas pertenecientes a diferentes modelos de la respiración. De manera hábil, el estudiante elabora su conceptualización centrada en la combustión celular, apoyándose en ideas de otros modelos como el del intercambio de gases. Lo anterior nos lleva a pensar en que Juan reconoce ciertos alcances y límites de algunos de los modelos explicativos de la respiración y de cómo pueden entrar a complementarse mutuamente.

A continuación presentamos las críticas de Juan a preguntas específicas en las que se relaciona la respiración con otros procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal, la nutrición y la actividad física. La dinámica del análisis es similar a la propuesta anteriormente, en la cual Juan además de criticar los textos de sus compañeros crítica sus propias conceptualizaciones elaboradas en el curso anterior. La intencionalidad de este análisis es la de establecer la capacidad del estudiante para actuar en forma crítica frente a sus textos y a los de sus compañeros. A continuación presentamos los diferentes textos y los análisis realizados.

Respuesta de Aída

El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.

Está de acuerdo con:

En nada, creo que es una explicación absurda.

Está en desacuerdo con:

Prácticamente en todo. Dudo mucho que el colibrí necesite oxígeno para enfriarse y que al volar aumente la temperatura por el movimiento de las alas. Creo o tengo entendido que el oxígeno es necesario para las reacciones aeróbicas del organismo para combustionar un determinado reactivo. No creo tampoco que aumente la temperatura a causa de las alas. La temperatura aumenta debido al desprendimiento de energía en forma de calor que provocan las combustiones con O₂.

En la crítica realizada por Juan al texto de Aída destacamos inicialmente la puesta en duda de las explicaciones encontradas en el texto. Juan aborda el texto mostrando su desacuerdo total con él. Pone en duda las primeras tres afirmaciones encontradas en el texto que analiza y posteriormente plantea su idea de cómo sucede el proceso que quiere explicar. Esta secuencia se repite con las otras ideas que discute: reconoce aspectos con los que no está de acuerdo y posteriormente trata de explicarlos desde su perspectiva.

En cuanto al texto:

El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

Esta de acuerdo con:

En que el oxígeno se necesita para la realización de la combustión de los hidratos que ingiere. También pienso que volando gasta más oxígeno debido a que requiere mayor cantidad de hidratos de carbono para generar la energía suficiente que comporta su actividad muscular.

Esta en desacuerdo con:

En que el oxígeno se necesita también para otras muchas reacciones en el organismo. Lo demás más o menos recoge una idea correcta.

Se observa en este caso que Juan comparte las ideas encontradas en el texto. Las tres ideas expresadas en el texto analizado son mantenidas por Juan, lo cual hace que no

se de un distanciamiento en su análisis que posibilite la identificación de posibles errores.

En cuanto al texto:

Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.

Esta de acuerdo con:

La energía que produce el colibrí es utilizada en muchas funciones además de la física.

Esta en desacuerdo con:

*El colibrí no produce energía con el oxígeno del aire, lo utiliza con otros compuestos.
Me da la impresión que Marta cree que la energía viene directamente del O₂.*

Frente a este texto Juan puede identificar aspectos con los cuales no está de acuerdo. El hecho de poder identificar en los textos afirmaciones o relaciones con las cuales está o no está de acuerdo implica que el estudiante ha logrado consolidar un conjunto de ideas acerca de la respiración las cuales son contrastadas permanentemente con las ideas que encuentra en los textos que analiza.

Los aspectos más interesantes destacados por Juan los reunimos en tres clases: los que tienen relación con el campo conceptual de la respiración, los que se refieren a aspectos metaconceptuales y por último los metacognitivos. Dentro de los aspectos conceptuales Juan incluye nuevos pasos en el proceso mediante el cual el oxígeno llega a la sangre una vez éste ha pasado por los pulmones. Destacamos en este caso el hecho de que Juan considere la respuesta de Ana como incompleta en lo relacionado con el transporte de oxígeno, sin embargo no emplea nuevos conceptos que aclaren lo planteado por ella en su respuesta. De igual manera plantea que los nutrientes no se queman, sobre este último aspecto no hace ninguna aclaración adicional.

Acerca de los aspectos metaconceptuales Juan reconoce que en el texto analizado se habla de respiración en términos generales y no a nivel específicamente del cuerpo humano. Observamos en este caso que Juan puede emitir un concepto general sobre la respuesta que está analizando; al plantear que “...si preguntan por respiración no se limita a aplicar la del ser humano y de momento todos lo han hecho así...” parece reconocer diferentes niveles o contextos en los cuales se puede hablar acerca de la respiración. Juan percibe que la respuesta que está analizando responde a una pregunta acerca de la respiración del ser humano durante momentos de actividad física. En este caso hace una clara alusión al contexto en el cual se hace la pregunta, al hacerlo se está cuestionando acerca de diferentes posibilidades de respuestas, las

cuales no llega a precisar. En este sentido es importante destacar la capacidad que tiene el estudiante de delimitar posibles ámbitos en los que se realizan las preguntas y, al igual, identificar posibles respuestas diferentes para cada uno de ellos.

Juan, al reconocer que “...Ana tiene un lío tremendo”, considera que la respuesta es confusa y admite que el texto que está analizando demanda de su atención permanente. En este caso el estudiante hace referencia explícita a dos aspectos metacognitivos importantes: conocimiento acerca del conocimiento de los demás, al pensar que Ana tiene poca claridad en lo que expone y, conocimiento acerca de su propia cognición, al considerar que el texto que analiza demanda su atención puesto que “...no consigo seguirla sin prestar atención al texto.”.

Dentro de los principales tipos de aportes realizados por Juan a las respuestas de sus compañeros podemos mencionar los siguientes:

1. corrección de errores,
2. aportes conceptuales,
3. reflexión metaconceptual y
4. valoración de las respuestas de sus compañeros.

En el análisis del juicio crítico además de estudiar la forma en que los estudiantes critican los textos de sus compañeros, analizamos cómo actúan frente a sus propios textos escritos en el curso anterior; a continuación nos referiremos a este análisis, para el cual se entregaron los cuestionarios resueltos por ellos mismos en el curso anterior y con base en lo que habían escrito debían especificar con que estaban o no de acuerdo.

Pregunta 1: No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición

Respuesta inicial.

Completamente en desacuerdo, porque en la respiración celular se obtiene energía mediante la combustión de oxígeno y nutrientes. La nutrición (obtención de nutrientes) va relacionada con la respiración, ya que la respiración necesita forzosamente de nutrientes.

Respuesta final:

No estoy de acuerdo con: no sólo se obtiene energía con la combustión de oxígeno y los nutrientes. La explicación de la combustión no es la correcta.

Los dos textos anteriores destacan la existencia de relaciones entre la respiración y la nutrición, (ver análisis conceptual). Destacamos en este caso la posibilidad que tiene Juan de modificar o complementar su respuesta inicial, frente a la cual reconoce que la explicación que dio inicialmente a la combustión no es la adecuada y además reconoce otras formas para la obtención de energía no mencionadas en su primer

texto. Con lo anterior se evidencia cierta posibilidad del estudiante de distanciarse de sus propias conceptualizaciones, de ser crítico frente a ellas, lo cual puede ser una evidencia de el dinamismo de su estructura cognitiva.

De igual manera, el hecho de criticar sus propias conceptualizaciones puede ser un indicador del logro de autonomía conceptual.

Pregunta 2: Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.

Respuesta inicial:

Completamente en desacuerdo porque además del oxígeno se necesitan nutrientes como las proteínas, grasas... y además se necesita una combustión que lo transforme todo en energía. De esto se encargarán las mitocondrias de las células que son unos organulos membranosos de las células muy importantes.

Respuesta final:

*Estoy de acuerdo con casi todo.
Estoy en desacuerdo con: no solo necesita una combustión.*

En los textos anteriores encontramos que Juan puede reconocer con cuales ideas está de acuerdo y con cuales no lo está. Inicialmente comparte casi plenamente su respuesta inicial, lo cual indica cierta estabilización de las ideas expresadas, pero a su vez reconoce algunos aspectos sobre los cuales se requiere un mayor desarrollo. En estos textos volvemos a encontrar la dualidad estabilidad-dinamismo que al parecer es característica del pensamiento de Juan.

Pregunta 3: La respiración es semejante a la combustión?

Respuesta inicial:

Completamente de acuerdo porque precisamente con más combustión obtiene energía

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con nada. Puede que algo se asemeje, sin embargo, hay que tener en cuenta diversos pasos que no se engloban todos en una simple combustión

En los textos anteriores encontramos que Juan de manera explícita entra en desacuerdo con su respuesta inicial. Es importante mencionar que no emplea ninguna estrategia justificadora o de otro tipo con el fin de mantener su primera respuesta. En lugar de ello prefiere replantear su respuesta inicial. Tiene la posibilidad además de identificar ciertas imprecisiones de orden puntual como la relacionada con la combustión.

Pregunta 4: Un animal cuando se muere se enfría?

Respuesta inicial:

*Completamente de acuerdo porque: No hay producción de energía
Porque la sangre no fluye y pierde temperatura*

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con todo a pesar de la simplicidad de la respuesta. Estoy en desacuerdo con. Espacio en blanco.

En los dos textos anteriores Juan conserva las ideas expresadas en el texto inicial y reconoce a su vez su simplicidad, lo cual no lo lleva a proponer nuevas explicaciones.

Pregunta 5: Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?

Respuesta inicial:

Completamente en desacuerdo. No, creo que no, yo diría que después de obtener la energía, que es lo principal, se obtiene gas carbónico porque son, digamos, los restos de este proceso.

Respuesta final:

*Estoy de acuerdo generalmente en todo.
No estoy de acuerdo con: El CO₂ no solo se desprende por la obtención de energía con el O₂, también se desprende en procesos como el ciclo de Krebs de la respiración animal.*

En estos dos textos Juan muestra nuevamente su posibilidad de estar de acuerdo con algunas de sus ideas iniciales y en desacuerdo con otras. Puede aportar conceptos específicos que no estaban presentes en su primera respuesta.

5. 1. 4. Análisis motivacional

Para la recolección de información se presentó a los estudiantes un cuestionario con 5 conceptualizaciones diferentes frente a las cuales debían decir con cual estaban más de acuerdo y con cual más en desacuerdo. Una vez contestado esto, se les pidió que realizaran su propia descripción, con base en los textos analizados.

Se identifica más con un estudiante curioso,

Porque más o menos me sucede lo mismo, sólo que a mi no me gusta que me pasen el material, prefiero encontrarlo por mi mismo. Sin embargo no estoy descartando la posibilidad de estudiar en grupo, ya que ésta la practico de vez en cuando. Me siento identificado, principalmente porque, como dice el texto, me gusta ir a mi aire, aunque después encuentre dificultades. Si las encuentro recurro al trabajo en grupo.

y menos como un estudiante concienzudo

Porque no me gusta que me digan lo que debo hacer. Esta persona parece un maniquí a las ordenes de un profesor y le falta iniciativa. Además a mi me gusta que en clase se pregunte porque de esta forma es como se resuelven las dudas comunes. No obstante si que me gustaría que todo se explicara claro

Su propia descripción como estudiante es:

Suelo estudiar solo pero a menudo trabajo y estudio en grupo. Todo esta determinado según que ocasión lo requiera. Cuando estudio solo me es muy fácil concentrarme pero en grupo mi distracción opone un poco de resistencia. El grupo de gente con el cual estudio o trabajo suele ser el mismo. No cambio de grupo porque no me siento a gusto. No es lo mismo y no puedo desenvolverme bien. En las clases mi actitud es diferente. Suelo estar callado y prestar atención, porque más tarde me gusta sacar mis propias conclusiones y relacionar los posibles conceptos adquiridos. No pregunto mucho, prefiero que pregunten los demás y si no se resuelve mi duda entonces me dispongo a preguntar. A veces me aburro de estar siempre trabajando en lo mismo y agradecería que se rompiera un poco la monotonía.

Con la información presentada en los tres párrafos anteriores elaboramos redes sistémicas a partir de las cuales realizamos una descripción mas detallada de la información. La red sistémica (ver figura 5.7), nos puede ayudar a ver la importancia que da Juan al proceso de aprendizaje en el cual valora tanto el trabajo individual como el trabajo en grupos, cada uno de los cuales tiene sus ventajas y desventajas, así como los momentos más adecuados para utilizarlos. Es consciente que su desempeño es mejor cuando realiza los trabajos de manera individual y también cuando realiza los trabajos en un grupo de estudio estable. Estos dos últimos aspectos reflejan de alguna manera el conocimiento que tiene sobre algunas de sus posibilidades y limitaciones en lo relacionado con las actividades individuales y grupales que se proponen para el aprendizaje de las ciencias.

Dentro de los aspectos relacionados con la valoración destacamos la importancia que asigna Juan a la autodirección de su aprendizaje la cual lo lleva en términos generales a asumir una postura activa frente al aprendizaje. Considera importante que el estudiante realice las diferentes actividades recurriendo a su iniciativa propia en cuanto a la búsqueda de los recursos necesarios, así como al establecimiento de posibles relaciones entre los diferentes conceptos estudiados. La actividad a la cual el estudiante se refiere reúne tanto aspectos de orden material, búsqueda de materiales para ser estudiados, como mental, como queda claro cuando escribe: ... *suelo estar callado y prestar atención, porque más tarde me gusta sacar mis propias conclusiones y relacionar los posibles conceptos adquiridos.* Otras actividades de enseñanza mencionadas por Juan destacan la importancia de estar atento en las clases, de las buenas explicaciones por parte del profesor y de procurar que las clases sean dinámicas (no monótonas) en las que se realicen preguntas.

Sus respuestas reflejan una autoestima alta frente a su aprendizaje y desempeño en ciencias, (ver tabla 5). Considera que sus respuestas son adecuadas y que su profesor las consideraría correctas porque ha tratado de argumentar y dar razones acerca de lo que se le preguntaba. Juan centra la adecuación de sus respuestas en el proceso que ha empleado para llegar a ellas. Sin llegar a precisar mencionado proceso, hace referencia al empleo de *argumentos* y *razones* sobre las preguntas realizadas, los cuales aparentemente dan al estudiante la seguridad necesaria para pensar que las respuestas que ha dado son las adecuadas.

Figura 5. 7: Red sistémica sobre los aspectos motivacionales destacados en las respuestas de Juan

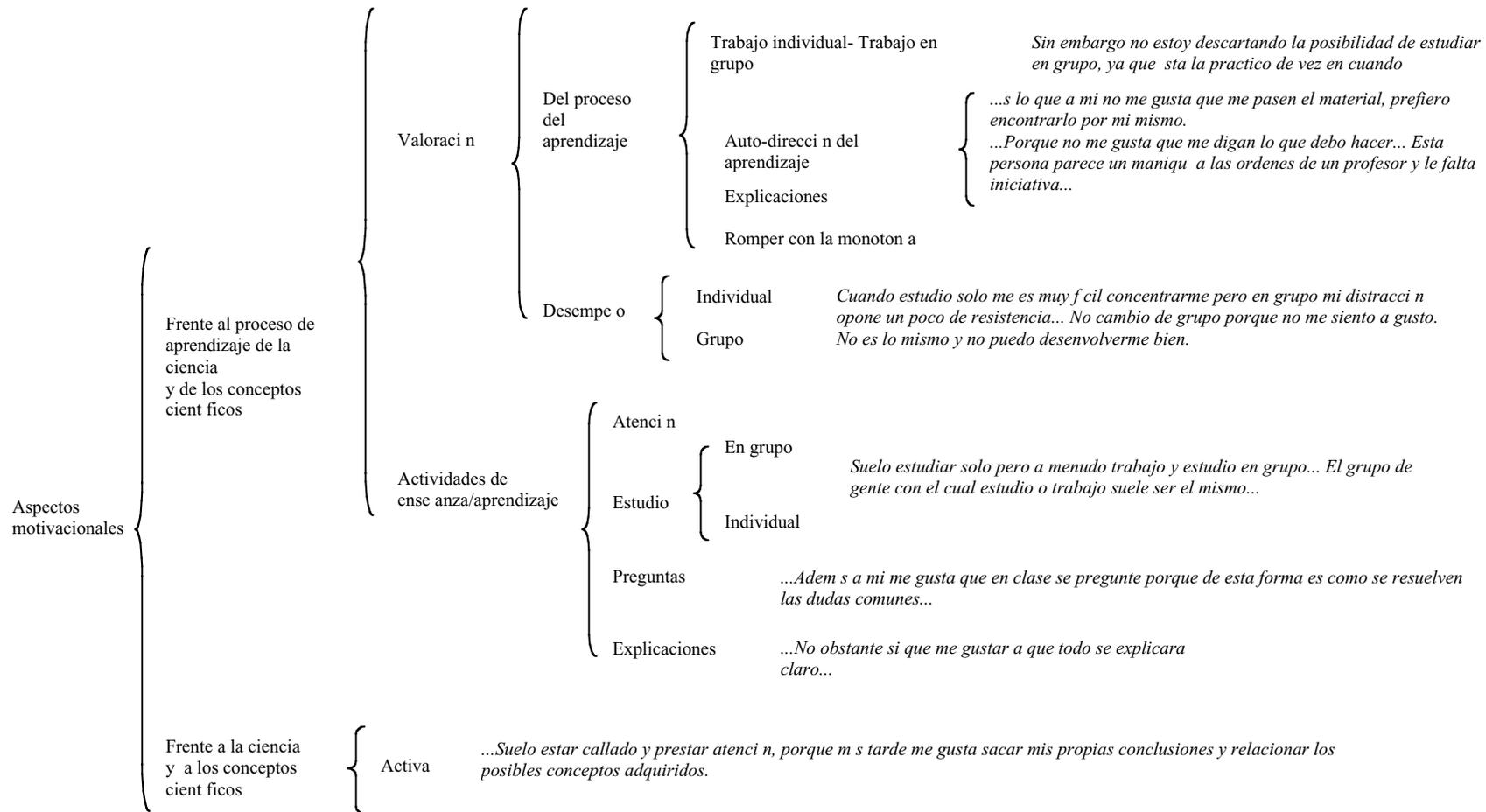
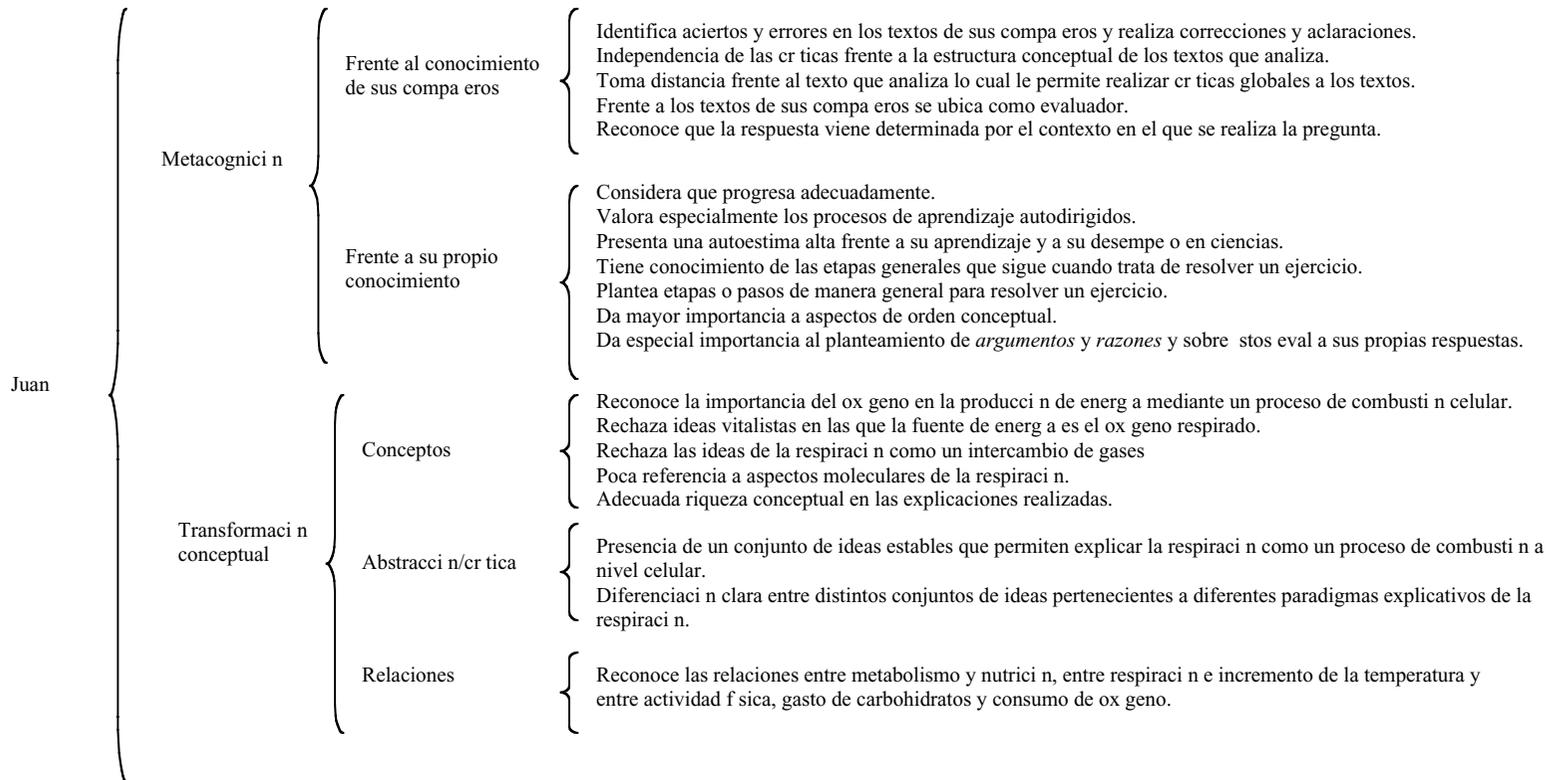


Figura 5. 7: Red sist mica sobre los aspectos motivacionales destacados en las respuestas de Juan



Habilidades cognitivo- lingüísticas	Uso del lenguaje	{ En su discurso se encuentra una razón de un concepto científico por cada 8,5 palabras generales. La razón de relaciones causales simples a relaciones causales complejas es de 12:1.
	Estructura lingüística	{ Organizar su discurso según cierta secuencia deductiva que inicia con el planteamiento de una definición general y posteriormente dedica la mayor parte del texto a desarrollar mencionada definición. Uso de discurso causal
	Conectores	{ El 50% de los conectores empleados por Jones son de certeza y el 20% de consecuencia.
	Coherencia	{ En su conjunto el texto analizado presenta coherencia global funcional.
	Distanciamiento	{ Distanciamiento de sus propios textos que lo lleva a identificar aspectos con los cuales está o no está de acuerdo. Cuando reconoce aspectos con los que no está de acuerdo posteriormente pasa a tratar de explicarlos. Puede reconocer sus propios errores o imprecisiones. La forma en que critica sus propios textos muestra tanto estabilidad como dinamismo en su estructura cognitiva.

5. 1. 5. Discusión acerca de los aspectos conceptuales de Juan

5. 1. 5. 1. ¿Uno o múltiples tipos de explicación sobre la respiración?

Extractos del análisis descriptivo

Al igual que especifica que el proceso que se da en la respiración es una combustión, encontramos que Juan no está de acuerdo en que la respiración sea un proceso de intercambio de gases que suceda bien a nivel sistémico o a nivel celular. De igual manera rechaza la idea de que la respiración sea una combustión a nivel pulmonar. Observamos una clara diferenciación entre los procesos orientados al intercambio de gases y los destinados a la obtención de energía; en síntesis, Juan diferencia claramente entre la respiración como intercambio de gases y como combustión ... (Tomado de Análisis Juan).

... reconoce que en el texto analizado se habla de respiración en términos generales... Observamos en este caso que Juan puede emitir un concepto general sobre la respuesta que esta analizando; al plantear que “...*si preguntan por respiración no se limita a aplicar la del ser humano y de momento todos lo han hecho así...*(ver anexo)” parece reconocer diferentes niveles o contextos en los cuales se puede hablar acerca de la respiración. Juan percibe que la respuesta que esta analizando responde a una pregunta acerca de la respiración del ser humano durante momentos de actividad física. En este caso hace una clara alusión al contexto en el cual se hace la pregunta... (Tomado de Análisis Juan).

Al parecer Juan emplea **diferentes tipos de explicación** de la respiración, los cuales utiliza según las exigencias de la pregunta planteada o del texto analizado. Puede referirse en forma coherente a aspectos relacionados con el intercambio de gases a nivel sistémico o celular, a la mecánica respiratoria y a la combustión celular. Lo anterior nos lleva a pensar que nos encontramos frente a la **coexistencia** de diversos modelos que emplea de manera más significativa según ciertos contextos, tal como ha sido reportado por diferentes investigadores (Clement, 1993; Duit, et al. 1998; Pfundt & Duit, 1998; Schnotz & PeuB, 1997; Viennot, 1979). En sus explicaciones las ideas pertenecientes a diferentes modelos no se presentan de manera contradictoria ni sincrética, además **identifica** con facilidad posibles **contextos situacionales** en los que se realizan las preguntas (ver recuadro), y de los cuales depende la respuesta que él puede dar, esto nos sugiere que emplea diferentes modelos que tiene de la respiración para responder a los distintos contextos en los cuales ubica las preguntas que se le plantean. En la figura 5.8 representamos la organización de los diferentes modelos explicativos encontrados en las respuestas de Juan, entre los que predominan los modelos del

intercambio de gases y de la combustión.

Juan emplea diferentes modelos explicativos al realizar las **críticas** de los textos de sus compañeros. En cuanto al modelo del intercambio de gases diferencia fácilmente aportes y críticas en las que se especifican aspectos tanto a nivel sistémico (S) como celular (C). Una parte importante de sus textos se refiere al proceso de transporte del oxígeno desde el aire hasta las células.

El modelo de la combustión celular es el que predomina en los textos escritos por el estudiante, con el cual relaciona la obtención de energía a nivel celular, principal

función de la respiración. En cuanto al modelo vitalista, identifica con facilidad expresiones de sus compañeros que proponen ideas válidas al interior de éste modelo y con las cuales está en desacuerdo.

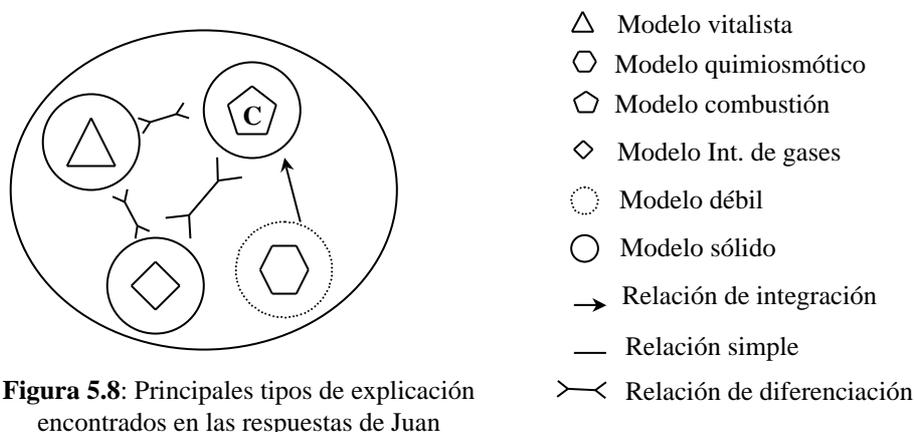


Figura 5.8: Principales tipos de explicación encontrados en las respuestas de Juan

El modelo molecular es utilizado por el estudiante para dar respuesta a evaluaciones realizadas en clase, en ellas emplea un discurso más cercano al bioquímico, sin embargo parece no comprender realmente lo que sucede a nivel celular, (ver anexo: evaluación del profesor). **Hay apropiación de cierto lenguaje sin aprehender el sentido de este;** puede hablar de conceptos como anabolismo, catabolismo, ciclo de Krebs, glucólisis y cadena respiratoria sin comprender en detalle lo que estos procesos significan y las relaciones que entre ellos se dan. En las explicaciones realizadas por Juan no encontramos referencias claras a los procesos de oxidación-reducción relacionados con la respiración, en el mejor de los casos se limita a mencionar que la respiración es un *proceso de oxidación constante* sin especificar más detalles de este modelo, lo cual esta en consonancia con lo encontrado por Königsberg 1999, quien destaca la gran dificultad de los estudiantes para la comprensión del modelo quimiosmótico de la respiración.

La posibilidad de activar diferentes modelos le permite al estudiante elaborar diferentes tipos de explicación de tal manera que unas se adecuan mejor que otras según las condiciones impuestas por el fenómeno que quiere explicar y por la intencionalidad de su explicación. En tal sentido, los diferentes modelos desempeñan una función central en el proceso de elaboración de sus explicaciones y en la comprensión de los textos que analiza. Frente a la lectura de un texto propio o de un compañero elabora una representación mental, que consiste básicamente en un modelo construido interactivamente entre algunas ideas que aparecen en el texto, a las cuales ha dado cierto sentido y sus ideas previas. El modelo construido por Juan a partir de la lectura de un texto no sería una reproducción del texto en si mismo, sino su propia representación de la situación a la que el texto hace referencia, es decir, sería una **representación de nivel conceptual y semántico** del contexto al que hace referencia el texto.

La importancia de reconocer que las explicaciones de los estudiantes dependen en gran medida del contexto situacional en el que se presenta el problema ha sido reconocida por diferentes investigadores (Gilbert, Boulter & Rurherford, 1998b; Tytler, 1998a, Vosniadou, 1992, 1994). De manera específica Tytler (2000), demuestran que las ideas de los niños están contextualmente situadas.

En un análisis más detallado de 12 preguntas realizadas las cuales se seleccionaron para determinar si el estudiante identificaba diferentes modelos explicativos (ver anexo 4), corroboramos que Juan puede identificar y diferenciar con facilidad los modelos vitalista, del intercambio de gases y de la combustión a nivel celular, (ver tabla 5.8).

Tabla 5.8: Respuestas de Juan a preguntas específicas para los diferentes modelos explicativos de la respiración. Con **x** se indica la respuesta del estudiante; con **no** se señala su desacuerdo con las ideas y con **---**, se indica la ausencia de ideas dentro de cierto modelo.

Respuesta	Preguntas específicas para cada modelo											
	Vitalista		I. gases			Combustión			Molecular			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitalista		no										
I. gases			x	x								
Comb. S.												
Comb C.	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
Molec.									---	---	---	

Frente a las distintas preguntas planteadas **identifica cuando estas hacen referencia a uno u otro modelo explicativo**. Sus respuestas son casi exclusivamente desde el modelo de la combustión a nivel celular, sin embargo puede realizar críticas pertinentes a los textos de los compañeros en los que encuentra ideas de otros modelos. Esto nos lleva a afirmar que no **integra** sus modelos vitalista y del intercambio de gases al modelo de combustión celular. En lugar de ello encontramos que mantiene bien diferenciados los distintos modelos explicativos y los emplea según la pregunta que quiere responder.

5. 1. 5. 2. ¿Evolucionan las ideas de Juan acerca de la respiración?

Como posibles indicadores de la **estabilidad** de las ideas de Juan encontramos la **coherencia y consistencia** de sus ideas durante los dos cursos académicos de la investigación. Consideramos que el estudiante construye, en interacción con los textos, con sus motivaciones, con sus experiencias y con sus conocimientos previos, diferentes tipos de explicación con distintos grados de significatividad según los contextos en los cuales las utilice. Lo cual está más cercano a las propuestas de Niedderer & Schecker, (1992) en cuanto a una estructura cognitiva con diferentes grados de coherencia, integración y niveles de seguridad; y con los aportes de Pozo (1999), quien propone ver la evolución conceptual como derivada de promover y resolver conflictos conceptuales mediante la explicitación y contraste de diferentes modelos.

Algunas ideas estables de Juan.

- Relación general entre la respiración y la nutrición sin especificar aspectos moleculares.
- No especifica la función del oxígeno dentro del proceso de la combustión.
- No precisa cómo a partir de los nutrientes es posible obtener energía mediante el proceso de la respiración.
- Rechaza ideas vitalistas en las que la fuente de energía es el oxígeno respirado. (Tomado de Análisis Juan).

La gran estabilidad encontrada en las ideas de Juan puede explicarse a partir del empleo de diferentes modelos en sus respuestas. Durante los dos cursos académicos las ideas del intercambio de gases y de la combustión fueron estables y consistentes, no obstante el estudio de nuevos puntos de vista relacionados con la respiración, (ver recuadro). A su vez, no se observaron cambios relacionados con los modelos vitalista y de oxidación-reducción. Encontramos que el estudiante empieza a establecer diferencias entre los modelos de combustión celular y molecular. Al parecer,

los conocimientos específicos estudiados en clase relacionados con el modelo quimiosmótico de la respiración, no adquieren nuevos sentidos al interactuar con sus ideas al interior de mencionado modelo.

Llegar a identificar diferentes modelos para la respiración, parece ser compatible con el logro de **cambios conceptuales débiles** al interior de éstos. El análisis conceptual realizado durante los dos cursos académicos nos muestra cambio en el que Juan empieza a **diferenciar** la respiración de la combustión. Este cambio puede parecerse en el momento superfluo dada la ambigüedad en la que se presenta; no obstante, si nos remitimos a la historia de este campo conceptual encontramos que llegar a considerar la respiración diferente de la combustión exigió grandes esfuerzos. Pasar de ver la respiración como una combustión lenta de una porción de carbono que contiene la sangre, como pensaba Lavoisier en el s. XVIII (Giordan, et al. 1988, pg. 59), a considerarla como una cadena de reacciones catalizadas que lleva a la producción de trabajo y calor y que necesita oxígeno (transportado por la hemoglobina) y desprende CO₂, requirió no solo tiempo sino muchos esfuerzos de investigadores de finales del s. XIX y principios del XX.

Explicación que pueden indicar evolución conceptual débil

... Juan reconoce que la energía se obtiene a través de un proceso de combustión en el cual participan el oxígeno y los nutrientes. En su respuesta final a esta misma pregunta plantea no estar de acuerdo con la explicación dada a la combustión. De igual manera dice que no sólo se obtiene energía con la combustión del oxígeno y de los nutrientes. Esto último aparece nuevamente ... al decir primero que *...se necesita una combustión que lo transforme todo en energía...* y luego que, *...no solo necesita una combustión.* (Tomado de Análisis Juan).

En el caso de Juan, empezar a emplear diferentes conjuntos de ideas para explicar la *combustión* y la *respiración*, implica empezar a diferenciar dos modelos que pueden ser **empleados con mayor o menor significatividad en contextos diferentes**, (ver recuadro). La importancia de lo anterior reside en que nos puede indicar el inicio de un nuevo proceso de **abstracción** en función de los atributos que diferencian los dos modelos en cuestión. Este nuevo proceso de abstracción podría haberse desencadenado por el reconocimiento de un

dominio explicativo diferente en el que Juan encuentra que ciertas explicaciones no son pertinentes y frente a las cuales propone otras que permiten una diferente y más significativa explicación del fenómeno.

Respuesta inicial:
Completamente de acuerdo porque precisamente con más combustión obtiene energía

Respuesta final:
Estoy de acuerdo con nada. Puede que algo se asemeje, sin embargo, hay que tener en cuenta diversos pasos que no se engloban todos en una simple combustión.

En este sentido, la evolución conceptual mostrada por Juan se circunscribe inicialmente a un modelo específico de la respiración. Al empezar a considerar que la respiración no es necesariamente una combustión empieza a identificar otros contextos en los cuales sus ideas de la combustión no son lo suficientemente significativas frente a nuevos problemas que quiere explicar. En consecuencia

observamos un salto cualitativo en el que trata de explicar la situación desde un punto de vista diferente; en otras palabras, la misma situación planteada empieza a verse no desde una única perspectiva sino que se empiezan a elaborar nuevos sentidos de la situación analizada.

En la figura 5.9 representamos la forma como Juan elabora sus críticas (predicciones en sentido de Giere, 1992), a sus propios textos y a los de sus compañeros según sus modelos dominantes sobre la respiración.

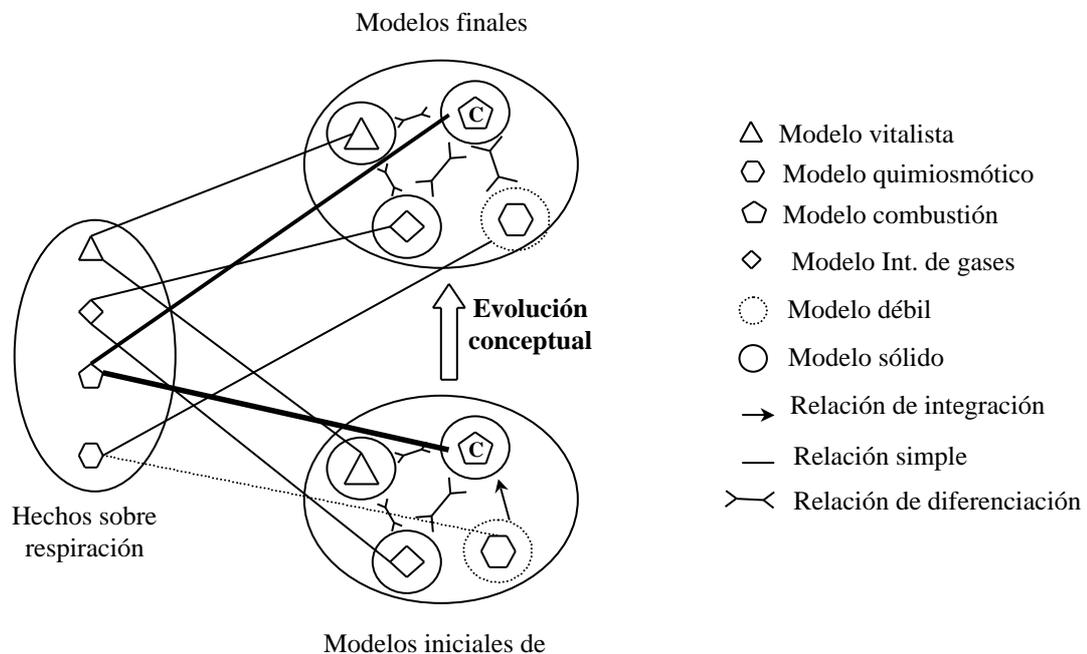


Figura 5. 9: Evolución conceptual en Juan. En sus explicaciones iniciales diferencia claramente los modelos vitalista, de intercambio de gases y de combustión a nivel celular y emplea algunas ideas del modelo molecular las cuales integra al modelo de combustión. En sus explicaciones finales se observa una mayor diferenciación entre el modelo de combustión y el modelo molecular. Con líneas gruesas se destacan las principales explicaciones realizadas por el estudiante.

Al parecer, al interior de los modelos vitalista, del intercambio de gases y de la combustión Juan ha **generalizado** sus ideas esenciales que le permiten elaborar textos coherentes y consistentes, (ver figura 5. 9). Cuando emplea explicaciones vitalistas y del intercambio de gases lo hace de manera específica; al parecer tiene conocimiento acerca de sus posibilidades y limitaciones explicativas. En el mismo sentido, aunque con mayor riqueza conceptual, emplea el modelo de combustión. En síntesis, este proceso de generalización le permite establecer diferencias entre distintos modelos explicativos y referirse a diferentes contextos situacionales.

Al interior del modelo de combustión Juan muestra cambios conceptuales débiles (Carey, 1985), caracterizados por la adición de nuevas ideas a las ya existentes en sus explicaciones, (ver figura 5. 10).

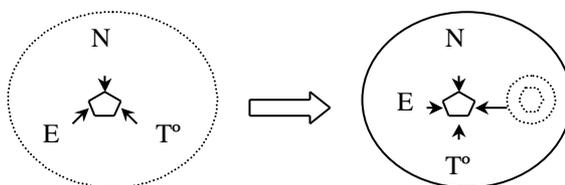


Figura 5. 10: Evolución del modelo de combustión. En el modelo inicial integra ideas sobre nutrición (N), ejercicio (E) y temperatura corporal (T). En el modelo final se observa la consolidación del modelo de combustión a nivel celular y la integración de nuevas ideas del modelo quimiosmótico.

Al unísono de esta acumulación de conocimientos empieza a diferenciar entre un modelo de la combustión a nivel celular, en el que reconoce la relación de la respiración con la nutrición, el ejercicio y la regulación de la temperatura corporal y un modelo a nivel mitocondrial en el que emplea un **lenguaje bioquímico sin llegar a comprender los aspectos moleculares** que caracterizan este modelo. Al no hacer referencia, por ejemplo, a los procesos que permiten explicar las deshidrogenaciones sucesivas, al flujo de electrones, al movimiento de los protones..., termina elaborando sus explicaciones dentro de un modelo de combustión a nivel celular, desde el cual escribe sus textos y realiza las críticas a sus compañeros.

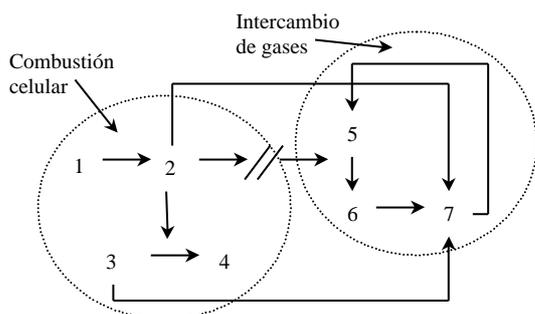
5. 1. 5. 3. Algunas características del discurso escrito de Juan que facilitan u obstaculizan la evolución conceptual.

Acerca de la coherencia de los textos

Los textos escritos por Juan presentan **coherencia global funcional** (van Dijk, 1989). En ellos se pueden identificar con facilidad las ideas centrales y la forma como éstas se relacionan con otras ideas secundarias u otros conceptos encontrados en su discurso escrito. Así mismo, cuando critica los textos de sus compañeros “ve” inicialmente la

Coherencia global en los textos de Juan

Representación de la coherencia global de los textos de Juan. Los números indican conceptos o ideas-conceptos. Se destacan los dos principales grupos de ideas (combustión e intercambio de gases).



modelos del intercambio de gases y de la combustión, sus textos tienen coherencia global funcional y, cuando la situación que se le presenta demanda otros modelos, sus textos son más simples y en general tienen mayor dependencia del texto original. En este segundo caso no se observa con tanta claridad que proponga nuevas ideas o nuevas relaciones que no estén ya expresadas en los textos originales.

En este sentido los cambios en el uso del lenguaje en los que se pase de representaciones textuales superficiales (Ericsson & Kintsch, 1995), a representaciones de modelos situacionales, nos puede indicar evolución conceptual al interior de modelos específicos. Para el caso de Juan una representación textual superficial en cuanto al modelo quimiosmótico contrasta con representaciones de modelos situacionales del intercambio de gases y de la combustión.

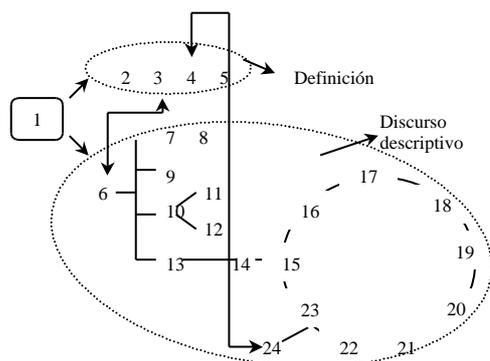
Al tener claridad sobre la idea central, se ha representado la macroestructura global del texto, en la cual vincula los diferentes conceptos o ideas que quiere expresar. Esto requiere poner en juego un conocimiento estratégico (Duit, et al. 1998) en el cual **reconoce** en sus conocimientos previos las ideas más significativas en el contexto al cual quiere hacer referencia (de Jong & Ferguson-Hessler, 1996). El establecimiento de relaciones jerárquicas entre las ideas más significativas para el estudiante, las exigencias del contexto y sus experiencias y motivaciones, conducen a la **construcción del modelo situacional**.

Acerca de la estructura de los textos escritos por Juan.

En los textos escritos por Juan encontramos que el 50% de conectadores son de certeza y el 20% de consecuencia. Su discurso escrito es de carácter **descriptivo**, en el que se encuentra una razón de relaciones causales simples a complejas de 6:1. Tanto en sus textos como en las críticas y aportes que realiza a los textos de sus compañeros, sigue

estructura global del texto que analiza y **realiza sus críticas tanto a las ideas globales encontradas en estos textos como a las ideas particulares** (ver figura).

En la interacción que se genera entre el conocimiento de los estudiantes y las ideas que les sugieren los diferentes problemas, preguntas o textos que se analizan, se construyen nuevos significados con diferentes grados de coherencia. Juan al identificarse más con un contexto situacional elabora sus propios textos y critica los textos de sus compañeros desde la comprensión del **contenido principal** del texto que analiza. Es decir, cuando la tarea de aprendizaje propuesta lo remite a los



una **estructura lógica deductiva**, en la que parte bien de sus *ideas* del tema o de las *ideas* que le suscita el texto analizado y, a continuación, hace las precisiones que considera pertinentes, (ver recuadro). Juan delimita previamente las ideas que cree importante explicitar, las cuales aparecen en la definición inicial, a partir de ellas organiza su explicación posterior. En otras palabras, la definición inicial orienta el alcance de las explicaciones y las

descripciones posteriores. Si la definición inicial es suficientemente completa y está estructurada de manera lógica esperaríamos que el texto escrito fuera coherente y que contuviera las ideas más significativas según el contexto explicativo. En caso contrario, una definición incoherente o incompleta **orienta** la elaboración del discurso en su totalidad; como vemos en el escaso desarrollo del concepto de “proceso bioquímico”, el cual se ubica como intermediario entre la respiración (intercambio de gases) y la producción de energía. En este caso, el estudiante prefiere dar más importancia a los aspectos macromoleculares o sistémicos que a los moleculares. Lo anterior puede ser un indicio del **manejo de algún vocabulario apropiado sin un contenido semántico específico**, lo cual es evidente en el desarrollo posterior de su discurso en el cual no hace referencia a aspectos estrictamente bioquímicos en su explicación de la respiración.

Uso del lenguaje y evolución conceptual en Juan

La respiración es:

Un proceso bioquímico en el cual los organismos obtenemos energía que nos servirá para realizar las actividades vitales.

La respiración es diferente para cada tipo de organismo. Así pues no podemos comparar un hombre con una planta o un pez o una bacteria. Sin embargo la finalidad de la respiración es común.

En los seres pulmonares recogemos, gracias al sistema respiratorio, el aire que tras pasar por la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones pasa a la sangre su elemento O₂. Los glóbulos rojos se encargan de distribuir el oxígeno que será transportado hasta ciertos órganos del cuerpo del organismo. Este oxígeno le será útil a las células para realizar una combustión donde se producirá energía y CO₂. El CO₂ será excretado al exterior por el sistema respiratorio. La energía será utilizada en beneficio para el organismo....

Al “hablar” sobre los modelos del intercambio de gases y de la combustión utiliza un **lenguaje más preciso** que muestra a su vez **seguridad** en las ideas que expresa, (ver anexos 2 y 4). Cuando se refiere a ideas más abstractas, usualmente en el ámbito molecular, sus textos son más imprecisos y denotan a su vez un **intento** importante por elaborar las explicaciones al problema planteado, (ver recuadro). En los textos citados encontramos que emplea el lenguaje en dos sentidos diferentes: en primer lugar, cuando se refiere a los modelos del intercambio de gases y de la combustión su lenguaje muestra seguridad en los conceptos e ideas que quiere expresar, lo cual podemos corroborar por el mayor uso de **conectores de certeza** y con el empleo de estructuras deductivas en sus

explicaciones, (ver anexo 2 y 4). La elaboración de un texto referido a una situación "familiar" para el estudiante, como en el caso del intercambio de gases, puede quedar reducida a la explicitación de ideas, que no implican el establecimiento de relaciones diferentes a las ya existentes. En este sentido el estudiante estaría frente a la tarea de **reproducir un texto** o, en términos más generales, de utilizar el lenguaje para **expresar** sus pensamientos acerca del fenómeno observado.

Diferentes usos del lenguaje

Supongo que su temperatura máxima será la del ratón. Afirmo esto Pero no creo que llegue a alcanzar la temperatura corporal del ratón del todo, porque creo que tendríamos que tener en cuenta la temperatura ambiental. Pienso que esta última temperatura también determina la del agua. En conclusión; yo aseguraría que la máxima temperatura rondaría cerca relativamente, de la del ratón siempre y cuando se disponga de tiempo para realizar la prueba. (Tomado de Análisis Juan).

Porque contra más bacterias haya, más respiración aeróbica habrá y en consecuencia más energía se conseguirá. Si tenemos en cuenta que parte de esta energía se transforma en calor podríamos pensar en que el incremento de temperatura es debido al incremento de los procesos de respiración. (Tomado de Análisis Juan).

Cuando el estudiante se refiere a situaciones nuevas, el lenguaje es empleado con el propósito de construir explicaciones que describen **nuevas relaciones** entre variables y que proponen nuevos mecanismos que explique el fenómeno; en esta perspectiva del uso del lenguaje es característico la generación de un **contexto lingüístico de posibilidades** dentro del cual el estudiante da respuestas tentativas a las preguntas planteadas. Con estos intentos de generar nuevas explicaciones trata de vincular sus conocimientos con la nueva información que se le presenta; trata de dar sentido a la nueva situación. El uso del lenguaje desde esta perspectiva **estructuradora del pensamiento** facilitaría la evolución conceptual en la medida en que tiene un mayor **carácter hipotético**, es decir, cuando la situación a la que Juan quiere referirse no le es tan familiar, la función del lenguaje ya no es solamente comunicadora;

en la elaboración de la explicación crea nuevas realidades y establece nuevas relaciones, que plantea generalmente de manera hipotética y en las que el lenguaje usado no transmite tanta seguridad. En esta diferente perspectiva **el lenguaje es mediador y regulador de la evolución conceptual** de Juan.

5. 1. 5. 4. Algunas características metacognitivas y motivacionales de Juan que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual.

¿Qué clase de críticas puede realizar Juan?

Frente a los textos de sus compañeros se ubica como evaluador. En sus críticas da especial importancia al planteamiento de **argumentos** y **razones** y puede especificar diferentes ámbitos en los cuales han elaborado sus respuestas.

Juan tiene la capacidad de identificar en los textos que analiza ideas con las que está o no de acuerdo y de igual manera puede realizar las correcciones o aclaraciones que cree

Tipo de aportes realizados por Juan a los textos de sus compañeros.

Est.	Aportes
Laia	Proceso de la respiración. Producción de oxígeno. Reflexión metaconceptual
Carlos	Corrige errores. Reflexión metaconceptual
María	Proceso de la respiración. Corrige errores. Valoración de la respuesta.
Javier	Corrige errores. Valoración de la respuesta.
Ana	Reflexión metaconceptual

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, (ver recuadro). 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**. Al identificar determinadas condiciones dentro de las cuales construye una explicación demuestra haber alcanzado cierto grado de generalización que se

expresa en su **capacidad para identificar acuerdos** y desacuerdos frente a sus propios textos y los de sus compañeros.

El logro de este nivel de generalización sobre ideas de la respiración al interior de diferentes modelos –intercambio de gases y combustión a nivel celular-, le da herramientas para **distanciarse** e identificar diferentes conjuntos de condiciones dentro de las cuales el modelo, por ejemplo, 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.

Juan, desde el modelo de la combustión celular -el más coherente, consistente y generalizado en él-, tiene la posibilidad de partir de las percepciones y relaciones que le sugiere el texto y de centrarse más en las cualidades internas de éste. En tal sentido, el nivel de abstracción logrado por el estudiante le permite distanciarse del plano de la percepción y representación “directa” del texto que analiza. Mencionado nivel de abstracción le posibilita **elaborar una re-presentación situacional** de los textos, a partir de la cual puede hacer re-elaboraciones alejadas del texto base, lo cual está en estrecha relación con la identificación del significado global del texto y a su vez con la comprensión de su macroestructura, (ver análisis cognitivolingüístico).

Aportan los conocimientos metacognitivos a la evolución conceptual?

Juan demuestra **diferentes capacidades metacognitivas** al interior de ciertos tipos de explicación de la respiración. 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 parecen activarse según diferentes modelos situacionales en los que ubica las preguntas, en tal sentido serían **habilidades metacognitivas contexto-específicas**.

Considera que progresa adecuadamente en el curso de biología. En este caso es importante mencionar que centra su análisis específicamente en sus percepciones frente al conocimiento enseñado sin hacer referencia a las evaluaciones realizadas por su profesor ni a algún tipo de evaluación realizada por sus compañeros. En esta línea de pensamiento nos encontramos con un tipo de evaluación intrasubjetiva del aprendizaje, en la cual el estudiante parece **ser 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 en el análisis de los aspectos motivacionales en los que encontramos que Juan valora de manera importante los procesos de aprendizaje en los que él pueda ejercer cierta **auto-dirección**.

Pregunta 4: Un animal cuando se muere se enfría?

Respuesta inicial:

Completamente de acuerdo porque: No hay producción de energía. Porque la sangre no fluye y pierde temperatura

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con todo a pesar de la simplicidad de la respuesta.

Algunos comentarios de Juan sobre sus propios textos

No debería haber puesto ese “por que” en la línea 4 ya que no enlaza las dos ideas.

Lo enfoco todo en el oxígeno, energía y nutrientes pero todo resulta mucho más complejo que eso.

El aire no pasa directamente a la sangre (línea 11), primero suceden variadas reacciones químicas!

El desarrollo de habilidades metacognitivas parece jugar papel importante en el reconocimiento de cuándo los textos que analiza, o sus propios textos, no permiten una explicación satisfactoria del fenómeno. La **conciencia** que muestra el estudiante acerca de la **estructura y el significado de sus explicaciones** (ver recuadro), es al parecer un tipo de conocimiento metacognitivo importante en el momento de elaborar sus explicaciones de los hechos y puede constituirse en un aspecto central en el proceso de su evolución conceptual, el cual puede darse tanto al interior de un modelo mediante el establecimiento de nuevas relaciones entre los conceptos ya existentes previamente en el modelo y/o, mediante el **re-conocimiento** de ciertas condiciones bajo las cuales su modelo no le permite realizar explicaciones satisfactorias de los fenómenos observados.

... a mi no me gusta que me pasen el material, prefiero encontrarlo por mi mismo. ... me gusta ir a mi aire, aunque después encuentre dificultades. Si las encuentro recurro al trabajo en grupo.

... no me gusta que me digan lo que debo hacer. Esta persona parece un maniquí a las ordenes de un profesor y le falta iniciativa. Además a mi me gusta que en clase se pregunte porque de esta forma es como se resuelven las dudas comunes. ... (Tomado de análisis Juan).

Se identifica más como un estudiante curioso y menos como uno concienzudo (Bacas y Martín-Díaz, 1992). En el caso de Juan se reúnen conocimientos conceptuales y metacognitivos adecuados y una **alta motivación e interés** por el aprendizaje de los conceptos estudiados; estos aspectos, en su conjunto, podrían explicar su desempeño frente al aprendizaje de las ciencias. La integración de ciertas cualidades cognitivo-lingüísticas con sus intereses y motivaciones frente al aprendizaje de las ciencias y un conocimiento conceptual

adecuado nos llevan a proponer que el estudiante ha logrado cierta **autonomía conceptual** que le permite actuar críticamente, desde sus dos modelos dominantes, frente a sus textos y a los de sus compañeros, puede tomar distancia de los textos que analiza, distanciarse tanto de lo que ellos expresan como de los procesos que contienen..

5. 1. 5. 5. Aspectos profundos y superficiales en las ideas de Juan

En el caso de Juan encontramos correspondencia entre el empleo de diferentes modelos explicativos, específicamente dentro de los modelos del intercambio de gases y de la combustión, con un enfoque de aprendizaje profundo (Chin & Brown, 2000; Niedderer & Schecker 1992; Olser & Beit, 1999), reflejado en la forma en la cual critica los textos de sus compañeros y escribe sus propios textos. En relación con estos modelos puede dar respuestas de manera más espontánea, sus explicaciones son más elaboradas, describe mecanismos, propone relaciones causa efecto, hace preguntas, emplea un lenguaje más preciso, (ver análisis cognitivo-lingüístico) y muestra motivación e interés por el campo de estudio, (ver análisis metacognitivo-motivacional). En la figura 5.11 caracterizamos las principales ideas de Juan en cuanto a los distintos tipos de explicación y los enfoques profundo y superficial de aprendizaje.

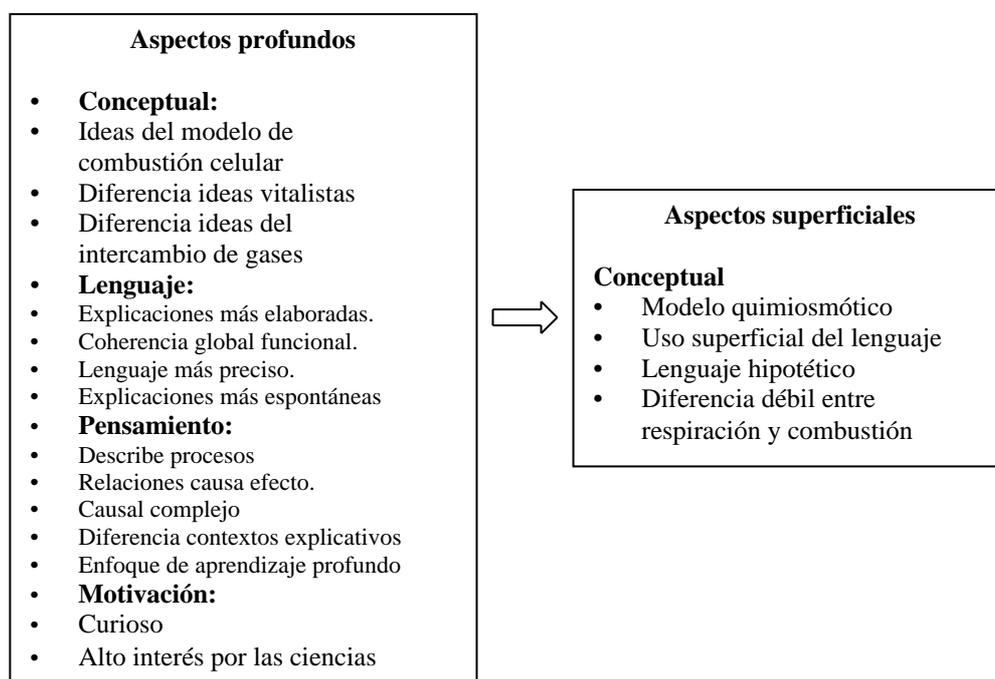


Figura 5. 11: Algunos aspectos profundos y superficiales de Juan frente al aprendizaje de las ciencias.

Este enfoque de aprendizaje profundo se evidencia además en la forma en la cual Juan aprehende el sentido global de los textos que analiza y en como escribe sus conceptualizaciones, las cuales presentan coherencia global funcional, (ver discusión de

aspectos lingüísticos). Este enfoque de aprendizaje parece darse preferentemente en **ciertos tipos de explicación** que elige el estudiante en el momento de hacer sus críticas a los textos de sus compañeros o de escribir sus propios textos. Al interior de los modelos vitalista, de intercambio de gases y de combustión el estudiante muestra las características propias de un aprendizaje profundo. En cambio, dentro de los modelos quimiosmótico y molecular su desempeño es diferente, asemejándose más a un aprendizaje superficial.

5. 1. 6. Posibles inter-relaciones entre las tres categorías estudiadas.

Presentamos inicialmente una caracterización general de posibles interrelaciones entre las diferentes categorías analizadas. El propósito de este primer acercamiento comprensivo integral es el de ubicar el contexto multidimensional en el que se da la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, a partir del cual nos referiremos de manera más específica al proceso de evolución conceptual durante los dos cursos académicos.

La **evolución conceptual** mostrada por Juan se ubica específicamente en el establecimiento de **diferencias** entre el modelo de combustión celular y el molecular. Mantiene los modelos vitalista e intercambio de gases sobre los cuales no observamos cambios. Los textos escritos por Juan son coherentes y consistentes, lo cual nos lleva a pensar que corresponden a modelos en los que el estudiante ha **generalizado** las ideas centrales a partir de las cuales elabora sus explicaciones. La estabilidad conceptual encontrada podemos explicarla inicialmente con base en el reconocimiento de diferentes modelos explicativos los cuales emplea según el contexto o la pregunta a la que se refiera.

De los diferentes modelos empleados por el estudiante el que es utilizado con mayor “propiedad” es el de combustión celular. Haber logrado un alto grado de abstracción de las ideas de la respiración como combustión celular, hace que se **distancie** de otras ideas más cercanas a los modelos vitalista y del intercambio de gases. Mencionada capacidad de distanciamiento requiere del establecimiento de **relaciones jerárquicas** entre los diferentes modelos explicativos así como del establecimiento de ciertos “límites” dentro de los cuales un modelo es más útil que otro para explicar un hecho determinado.

La capacidad de diferenciar modelos explicativos le proporciona al estudiante distintos puntos de vista coherentes y consistentes a partir de los cuales puede realizar **críticas** a sus propios textos y a los de sus compañeros e identificar en ellos **aciertos y errores**. Haber constituido este núcleo conceptual en el que co-existen diferentes modelos explicativos le permitirle realizar las críticas con cierta facilidad, lo cual esta relacionado necesariamente con un conocimiento conceptual amplio.

Para tener una **buena capacidad de crítica**, además del componente conceptual y de la diferenciación jerárquica entre los distintos modelos, se requiere que el estudiante sea

consciente de sus propios procesos del pensamiento. Es decir, en el desempeño de Juan frente al análisis crítico de los textos coinciden un buen **nivel de abstracción**, un **conocimiento conceptual** adecuado y un **conocimiento metacognitivo**. Estos tres aspectos le permiten al estudiante referirse a los textos propios y de sus compañeros, hacerles “correcciones”, identificar “errores”, complementarlos, plantearles preguntas y en general criticarlos.

Otro aspecto, íntimamente unido a los anteriores, es el relacionado con el logro de cierta **autonomía metacognitiva y autorreguladora**, de la cual Juan es consciente, que parece estar a su vez apoyada por una **autoestima** y **confianza altas** tanto en los conocimientos específicos acerca del tema como de los procesos que utiliza para resolver las preguntas que se le plantean. En síntesis, en el caso de Juan se reúnen **conocimientos conceptuales y metacognitivos adecuados y una alta motivación e interés** por el aprendizaje de los conceptos estudiados; estos aspectos, en su conjunto, podrían explicar su desempeño frente al aprendizaje de las ciencias.

El logro de una estructura cognitiva dinámica puede estar íntimamente relacionado con la conciencia metacognitiva del estudiante. Alcanzar ciertos niveles de conciencia acerca de las formas en que utiliza los conceptos y la posibilidad de autorregular sus propias conceptualizaciones dan una diferente dimensión al proceso de aprendizaje. Vemos también que puede llegar a reconocer que un concepto que inicialmente parecía ser más estable y generalizado inicie su paso a un nuevo concepto. En otras palabras, estamos reconociendo dinamismo en la estructura cognitiva del estudiante.

Al parecer, Juan debido a la “autonomía cognitiva” lograda puede **actuar críticamente** y, a su vez, parece ser la que le posibilita nuevos procesos de abstracción que lo lleven a nuevas generalizaciones. Esta autonomía cognitiva parece integrar aspectos de orden conceptual, motivacional y metacognitivo. En otras palabras el estudiante, debido a la **autonomía cognitiva** alcanzada, puede tomar distancia de los textos que analiza, **distanciarse tanto de lo que ellos expresan como del proceso que contienen**.

El logro de cierta autonomía cognitiva parece estar vinculado con el uso del lenguaje. Los textos escritos por Juan presentan **coherencia global funcional**. Cuando critica los textos de sus compañeros “ve” inicialmente la estructura global del texto que analiza. Utiliza un discurso causal en el que es mayoritario el empleo de conectores de certeza. Tanto en sus textos como en las críticas y aportes que realiza a los textos de sus compañeros, sigue una estructura **lógica deductiva**, en la que parte bien sea de sus ideas acerca del tema (definiciones) o de las ideas que le suscita el texto analizado y a partir de ellas hace las precisiones que considera pertinentes.

Cuando el hecho al que se refiere le es “familiar” (intercambio de gases, combustión), emplea un lenguaje que transmite más **seguridad** y en el que emplea mayoritariamente conectores de certeza. Cuando el hecho que quiere explicar es “nuevo” para él (oxidación-reducción, modelo quimiosmótico), emplea un **lenguaje hipotético** con el cual trata de establecer nuevas relaciones entre los conceptos con el fin de dar

respuestas tentativas al problema presentado. En este intento por llegar a una respuesta posible, el lenguaje se constituye en **mediador y regulador** de la evolución conceptual.

Las generalizaciones realizadas por Juan las ubicamos preferentemente en el ámbito del análisis mental y sistemático de relaciones y conexiones entre las diferentes ideas y conceptos que encuentra en los textos que analiza. Tiene la posibilidad de partir de las percepciones y relaciones que le sugiere el texto pero a su vez se centra más en las **cualidades internas** de éste. En tal sentido, el nivel de generalización logrado por Juan se distancia del plano de la percepción y representación directa que le sugiere el texto que analiza. En esta línea de pensamiento podríamos considerar que el logro de unas mejores habilidades cognitivo-lingüísticas y en general comunicativas, pueden ayudar a cualificar los procesos de generalización y el desarrollo de diferentes significados discursivos.

En la figura 5.12 integramos las categorías de análisis cognitivo-lingüístico y metacognición en la explicación de la evolución conceptual de la estudiante. En el centro de la figura se presenta la evolución conceptual mostrada por el estudiante durante los dos cursos académicos. En torno a esta categoría se muestran las principales características de las otras dos categorías analizadas.

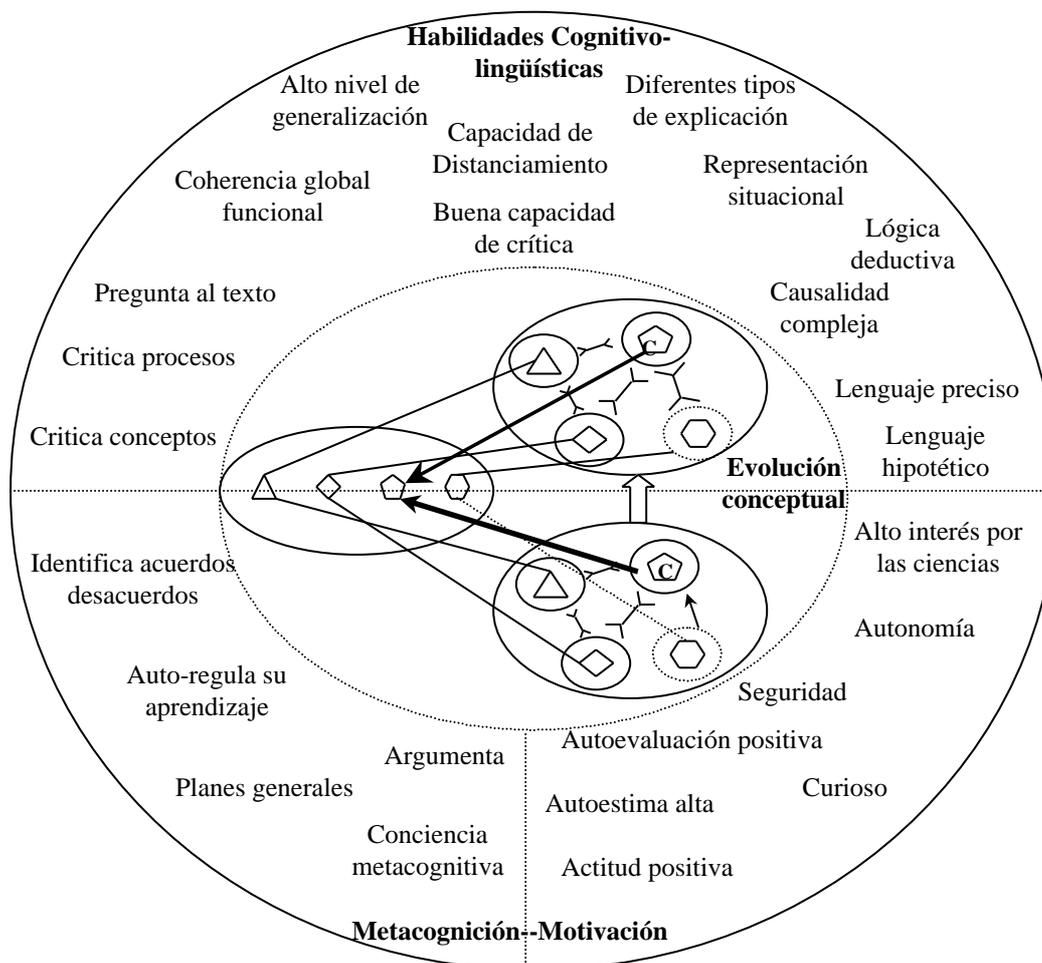


Figura 5. 12: Evolución conceptual de Juan desde la perspectiva multimodal. En el centro de la figura se muestra la evolución de los conceptos. En la periferia se describen las principales características del estudiante en las otras dimensiones analizadas.

5. 2. Análisis y discusión de las conceptualizaciones de Marta

5. 2. 1. Categoría de análisis: Evolución conceptual

Para el análisis de las concepciones de Marta acerca de la respiración tendremos en cuenta las siguientes tópicos: la *ubicación*, la *función*, y el *proceso* asignado a la respiración así como las posibles *relaciones* con otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal. A continuación nos referiremos a cada una de ellos.

Análisis conceptual, fase 1: Ideas de Marta sobre la respiración

Ubicación del proceso de la respiración:

Marta diferencia en forma clara la existencia de dos tipos de respiración, la relacionada directamente con el intercambio de gases y la que se da a nivel celular.

- 1) *...Hay dos tipos de respiración. La respiración pulmonar (en la que el oxígeno procedente del exterior se introduce en los pulmones) y la respiración celular, en la que se produce una combustión (en las mitocondrias) ...*
- 2) *La combustión se realiza en la mitocondrias para obtener energía para las células.*

Describe el recorrido del oxígeno desde el aire hasta la sangre de manera adecuada,

- 3) *...A través de la boca y la nariz introducimos el aire. Pasa a través de la tráquea hasta los bronquios. ... De los bronquios pasa a los bronquiolos y de ahí a los alvéolos. En los alvéolos es donde tiene lugar el intercambio de gases: unos pasan a la sangre (el O₂) y el CO₂ se recoge y lo expulsa al exterior.*

Reconoce con facilidad diferentes tipos de respiración, en 1 y en 3 hace referencia a aspectos sistémicos relacionados con el intercambio de gases; se refiere además en 1 y 2 a la ubicación celular. En los textos anteriores es claro que tanto en lo relacionado con el intercambio de gases como en lo relacionado con la combustión la estudiante diferencia con claridad el lugar donde se realizan. Conviene anotar que no hace referencia a procesos de intercambio de gases a nivel celular.

Funciones asignadas a la respiración:

Identifica la producción de energía como la función central de la respiración celular la cual puede provenir de los alimentos (nutrientes),

- 4) *...Por otra parte las células necesitan energía para realizar la combustión y esa energía procede de los alimentos.*
- 5) *...Ese alimento que ingerimos nos proporciona energía y la podemos utilizar o quemar mediante el ejercicio.*

O del oxígeno,

- 6) *...después de la combustión del oxígeno lo que resulta es CO₂ y energía para realizar las funciones vitales.*
- 7) *...en las células se produce un proceso en el que se “quema” el oxígeno. De esta manera obtenemos la energía.*
- 8) *Es cierto que para actividades no habituales (ante un sobre esfuerzo) necesitamos más aportación de oxígeno para conseguir más energía.*

O de ambos, (oxígeno y nutrientes)

- 9) *Cuando hacemos ejercicio quemamos energía procedente de los alimentos y de la respiración.*

Los textos anteriores nos permiten ver inicialmente que Marta conoce que la función central de la respiración es la obtención de energía. Encontramos que emplea una variedad importante de expresiones con las cuales se refiere a la obtención de energía a partir del oxígeno, tales como: *combustión del oxígeno, ...se “quema” el oxígeno, ...aportación de oxígeno para conseguir más energía, quemamos energía procedente de los alimentos y de la respiración.* Estas expresiones nos ilustran la presencia de ideas vitalistas en los textos escritos por la estudiante.

Proceso de la respiración:

La producción de energía esta siempre asociada a un proceso de combustión bien sea del oxígeno o de los alimentos. En las citas anteriores destacamos la mezcla de ideas propias de los modelos de la respiración como combustión y como aliento vital, lo cual queda claro al afirmar que

- 10) *...la respiración consiste en un primer momento en un intercambio de gases con el medio que nos envuelve y nuestro propio organismo.*
- 11) *... Existe también una respiración celular después del intercambio de O₂ entre los alvéolos y la sangre.*
- 12) *... La producción de CO₂ y H₂O no es una finalidad de las células, sino un resultado de esa reacción.*

Marta emplea el concepto de respiración en un doble sentido, hace referencia al proceso de intercambio de gases ó, se refiere más directamente al proceso de producción de energía a nivel celular. Para hacer esta afirmación nos apoyamos en las siguientes respuestas:

13) *...Miguel a través de la respiración, obtiene energía que utiliza para...*

14) *...Miguel no obtiene la energía sólo por el hecho de respirar también necesita...*

En 13 parece hacer referencia a la respiración celular, mientras en 14 al intercambio de gases.

Relaciones de la respiración con otros procesos:

15) *El comer más no esta estrechamente relacionado con respirar. Ese alimento que ingerimos nos proporciona energía y la podemos utilizar o quemar mediante el ejercicio. Por otra parte las células necesitan energía para realizar la combustión y esa energía procede de los alimentos.*

16) *[al hacer ejercicio respiramos más rápido] porque junto con la sangre va el oxígeno...y el oxígeno ha de llegar a todas las partes de nuestro cuerpo.*

En 15 observamos que no establece relaciones entre los procesos de nutrición y respiración. Menciona en términos generales la idea de la necesidad de nutrientes para la realización del ejercicio y plantea que mencionados nutrientes se queman mediante el ejercicio sin llegar a precisar lo que sucede a nivel molecular.

Análisis Conceptual, fase 2.

Esta segunda fase del análisis de la evolución conceptual la realizamos con base en los cuestionarios 4, 5 y 7, los cuales fueron aplicados durante el estudio de la unidad "Metabolismo". Con este análisis buscamos profundizar en el conocimiento de las ideas de los estudiantes sobre la respiración, así como establecer algunos de los aspectos profundos y superficiales en cuanto al tema estudiado. De igual manera nos servirán para iniciar el estudio de posibles cambios conceptuales en el campo de estudio.

Tabla 5. 9: Respuestas de Marta al cuestionario 4: crecimiento bacteriano en el que se buscan posibles relaciones entre respiración y metabolismo (nutrición).

Pregunta	Respuesta
4.1. En un experimento que se realizó en el laboratorio sobre crecimiento de bacterias en presencia y en ausencia de aire se obtuvo la siguiente gráfica ¿Por qué crees que el crecimiento bacteriano fue mayor en presencia de aire?	<i>Porque seguramente eran bacterias aeróbicas que sin oxígeno no pueden realizar sus funciones básicas para vivir. No pueden hacer reaccionar ese O2 con la glucosa, con lo que obtendrán sustancias para su desarrollo.</i>
4.2. ¿Cómo crees que va cambiando la concentración de glucosa en cada tubo de ensayo?	<i>Supongo que la concentración de glucosa ira disminuyendo progresivamente, porque las bacterias la irán utilizando.</i>
4.3. El dióxido de carbono fue uno de los gases liberado por las bacterias, cómo crees que se formó este gas?	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energía.}$ <i>Este gas se formó por la reacción entre el oxígeno y la glucosa.</i>
4.4. Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?	<i>Seguramente es debido a que al haber más bacterias se producen más reacciones de combustión, desprendiéndose así más energía en forma de calor, los cual explicaría la diferencia de temperatura, puesto que en los tubos donde hay un menor número de bacterias la temperatura también será menor que donde hay más.</i>

Frente a las preguntas 4.1 y 4.2 Marta reconoce la existencia de procesos metabólicos aeróbicos y anaerobios y destaca diferencias en el consumo de oxígeno en los dos procesos. Asume que en la respiración aeróbica el oxígeno reacciona con la glucosa para obtener energía. En la respuesta 4.3, con el planteamiento de la reacción general de la respiración hace referencia a aspectos moleculares, sin embargo no da explicaciones sobre la función del oxígeno como aceptor final de los hidrogeniones producidos en las reacciones de óxido-reducción; de igual manera, no especifica aspectos relacionados con la producción de energía. El desconocimiento de aspectos moleculares se evidencia además al plantear que el CO₂ se forma por la reacción entre la glucosa y el oxígeno. En la respuesta 4.4 asume que las reacciones de combustión, al liberar energía en forma de calor, son las responsables del incremento de la temperatura. Frente a las respuestas anteriores es evidente el desconocimiento de los procesos moleculares de la respiración celular. Al igual que en la fase 1 del análisis, (cuestionarios 1 y 3), se continua observando la no explicitación de la función del oxígeno y de los procesos mitocondriales que conducen a la obtención de energía. De igual manera se sigue considerando la respiración como una combustión.

El análisis del cuestionario 5 nos permite profundizar un poco sobre la relación entre la respiración y la temperatura corporal.

Tabla 5. 10: Respuestas de Marta al cuestionario 5: calorímetro. Posibles relaciones entre respiración y los cambios en la temperatura.

Pregunta	Respuesta
5.1. ¿Cómo puedes explicar el incremento observado en la temperatura?	<i>El propio calor del cuerpo del ratón ya puede hacer ascender un poco el calor. Esto además se ve incrementado porque el ratón estará nervioso y todas sus reacciones se acelerarán, debido a que el ratón va a tomar más oxígeno (con más frecuencia) para respirar.</i>
5.2. ¿Cuál crees que sea la temperatura máxima que puede alcanzar el agua y por qué?	<i>Creo que la máxima temperatura que podrá alcanzar será la del propio cuerpo del ratón. Inicialmente crecerá, pero poco a poco, al disminuir la actividad esta también disminuirá.</i>
5.4. Explica brevemente la gráfica que has realizado	<i>Al inicio el ratón está nervioso y su actividad aumenta. Desprende más calor porque realiza la respiración con más rapidez. Como este es un proceso que desprende energía (en parte en forma de calor) el calorímetro mide ese calor y hace aumentar la temperatura. Normalmente cuanto más actividad mas calor se desprende. Poco a poco se va tranquilizando y su actividad disminuye.</i>

En las anteriores respuestas Marta da especial importancia al incremento de la temperatura del calorímetro como consecuencia del aumento de la actividad del ratón. Establece además la relación entre el incremento en la actividad y el mayor consumo de oxígeno; sin embargo el incremento en la temperatura parece relacionarse directamente con el aumento de la frecuencia respiratoria. Frente a este aspecto parece resurgir de nuevo una concepción vitalista en la cual se obtiene energía al respirar. En las respuestas dadas se considera al oxígeno como uno de los responsables del incremento de la temperatura, sin llegar a hacer el análisis sobre el metabolismo de los nutrientes. Antes que referirse a aspectos moleculares que expliquen el incremento de la temperatura del medio, prefiere referirse a aspectos netamente mecánicos, como el movimiento, la actividad..., los cuales causarían el cambio en la temperatura. En síntesis, se da la explicación del fenómeno observado desde una perspectiva sensual-empirista (de sentido común) distanciada de conceptos teóricos centrales en la explicación.

A continuación presentamos un análisis más detallado acerca del consumo de oxígeno y su relación con la actividad física, para ello utilizaremos las respuestas dadas al cuestionario 7.

Tabla 5. 11: Respuestas de Marta al cuestionario 7 que exploran el consumo de O₂ por el colibrí y su relación con la actividad física.

Pregunta	Respuesta
<p>7. 1 El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.</p>	<p>Esta de acuerdo con : <i>En el único aspecto con el que estoy de acuerdo es en que el volar necesita una mayor aportación de oxígeno. Como no estoy segura de si con el oxígeno refrigere su organismo (creo que si, pero no lo sé) prefiero no opinar al respecto.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con : <i>No considero que en este caso se esté utilizando el oxígeno para enfriar su organismo, sino básicamente para la producción de energía que le permitirá volar, pero no estoy demasiado segura.</i></p>
<p>7. 2. Creo que la gráfica es errónea. No creo que haya una diferencia tan importante en el consumo de oxígeno cuando el colibrí vuela y cuando esta en reposo. Cuando el colibrí vuela debe consumir casi la misma cantidad de oxígeno que cuando esta en reposo.</p>	<p>Esta de acuerdo con : <i>Creo que no estoy de acuerdo con nada de lo que explica Xavi.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con : <i>Yo creo que la gráfica es correcta. Cuando el colibrí esta en reposo apenas se mueve y su respiración es normal. Cuando vuela sus alas se mueven extremadamente rápido y necesita muchísima aportación energética, y por tanto mucho oxígeno. No es en absoluto lógico que requiera la misma cantidad de O₂ en el reposo y en la actividad.</i></p>
<p>7. 3. El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.</p>	<p>Esta de acuerdo con : <i>Creo que Juan se acerca más a la respuesta correcta que Aída y Xavi. Es evidente que cuando el colibrí vuela está gastando más oxígeno y éste se utiliza para realizar una combustión en el interior del organismo del colibrí.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con : <i>Creo que Juan no está equivocado. Solamente le falta comentar que de esa reacción surge la energía que le permite seguir volando</i></p>
<p>7. 4. Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.</p>	<p>Esta de acuerdo con : <i>En todo. Una actividad mayor implica una mayor aportación de oxígeno para producir energía.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con : <i>En mi opinión es correcto. Quizá pudiera incidir más en el proceso de combustión y para que se utiliza esa energía, en forma de qué se desprende...</i></p>

En la respuesta 7.1 Marta muestra dudas acerca de que la función del oxígeno sea refrigerar el organismo, aunque no termina abandonando esta idea, prefiere sostener que el oxígeno se utiliza para la producción de energía. Esta afirmación es corroborada con la respuesta de la pregunta 7.4 en la que plantea específicamente la producción de energía a partir del oxígeno. En cuanto a la pregunta 7.2 reconoce la relación entre actividad y consumo de oxígeno, sin embargo centra su análisis en el aporte de energía proveniente del oxígeno y no de los nutrientes.

Respecto de la pregunta 7.3, plantea que el oxígeno es utilizado para realizar la combustión de la cual se obtiene la energía. En esta respuesta la estudiante sitúa la

producción de energía en el proceso de la combustión y no directamente derivada del oxígeno respirado como en las respuestas antes discutidas. Las diferentes funciones asignadas al oxígeno nos permiten pensar en que la estudiante considera en sus explicaciones principios provenientes tanto del vitalismo como de la combustión.

Análisis conceptual, fase 3.

A continuación realizamos el análisis conceptual de las respuestas de Marta al cuestionario 8, en el cual se le propone que discuta las respuestas que dio a diferentes preguntas en el curso anterior. Las respuestas finales se recogieron después de dos semanas de haber terminado el estudio de la unidad “Metabolismo”. Este análisis es importante para determinar cuales aspectos son los más estables y/o dinámicos de la estructura conceptual de la estudiante. Sirve además como referencia para establecer posibles evoluciones conceptuales en el campo de estudio.

Tabla 5. 12: Respuestas de Jonás al cuestionario n° 8. Posibles cambios conceptuales sobre la respiración

Pregunta	Respuesta
8. 1. Cuando respiramos nuestro organismo libera energía?	<i>Respuesta inicial:</i> Porque después de la combustión del oxígeno, lo que resulta es CO ₂ y energía para realizar las funciones vitales <i>Respuesta final:</i> Que después de realizar la combustión con el oxígeno del medio y los distintos nutrientes, mediante todas las distintas fases de nuestro metabolismo se produce como resultado CO ₂ (que ha de ser expulsado del organismo) y energía. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.
8. 2. Después de realizar un esfuerzo físico respiramos más rápido para poder repartir la sangre por todo el cuerpo?	<i>Respuesta inicial:</i> Porque junto con la sangre va el oxígeno, transportado por los glóbulos rojos por la hemoglobina y el oxígeno ha de llegar a todas las partes de nuestro cuerpo. <i>Respuesta final:</i> Que la sangre transporta el oxígeno a todas las partes del organismo (glóbulos rojos—hemoglobina) y es imprescindible que llegue, porque durante el ejercicio se ha consumido energía y oxígeno, que permite realizar funciones vitales. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.
8. 3. La respiración es semejante a la combustión?	<i>Respuesta inicial:</i> Porque en las células se produce un proceso en el que se “quema” el oxígeno. De esta manera obtenemos energía. <i>Respuesta final:</i> El hecho de decir que si es un proceso semejante, porque en ambos procesos ha de haber un producto que se transforme mediante una reacción que inicie una determinada sustancia. En el caso de la respiración se transforman nutrientes mediante la acción del oxígeno y otros elementos. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.

<p>8. 4. Un animal cuando se muere se enfría?</p>	<p>Respuesta inicial: <i>Porque deja de respirar y su sangre deja de llevar oxígeno y por tanto esa combustión no se produce.</i></p> <p>Respuesta final: <i>Que cuando un ser muere deja de respirar y las reacciones que se realizaban en nuestro organismo dejan de realizarse y como ya no se producen reacciones que produzcan energía en forma de calor y la sangre no circule por el organismo nos enfriamos. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.</i></p>
<p>8. 5. Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?</p>	<p>Respuesta inicial: <i>En desacuerdo. Las células no producen gas carbónico, sino que este gas procede, es el resultado de la combustión, lo que produce es energía.</i></p> <p>Respuesta final: <i>No contesto.</i></p>

En cuanto a la pregunta 8.1 se mantiene el concepto de que la respiración es una combustión, sin embargo es importante señalar que en la respuesta final Marta hace referencia a la utilización de nutrientes y a la realización de distintos pasos en el proceso de la combustión. A diferencia de los análisis anteriores, en éste ya no considera que el oxígeno sea la sustancia que entra en combustión sino que es necesario para que se de la combustión de los nutrientes. Estos mismos aspectos los encontramos en la pregunta 8.3. Las ideas expresadas en la respuesta inicial son las mismas que las que aparecen en la respuesta final, (Ver análisis cognitivo-lingüístico).

En las respuestas a la pregunta 8.2 se observa también mucha semejanza (conceptual) entre la respuesta inicial y la final; no se realiza una crítica detallada de la afirmación que dice que el incremento de la respiración se deba a la necesidad de repartir la sangre por todo el cuerpo. En este caso no identifica la función central del oxígeno dentro del proceso de la respiración. Se observa la dificultad para plantear las respuestas desde una perspectiva molecular, sólo a este nivel del análisis es posible dar una respuesta adecuada a la pregunta planteada.

La semejanza conceptual encontrada en los textos de Marta durante los dos años de la investigación refleja en primera instancia la gran estabilidad de las ideas que forman el núcleo de su estructura conceptual sobre la respiración. Dentro de los aspectos conceptuales más característicos encontramos la convivencia de ideas pertenecientes al vitalismo y a la respiración como combustión. Sin embargo el análisis de las respuestas al cuestionario 8 nos muestra cierta pérdida de peso cualitativo de las afirmaciones iniciales en las que se asignaba al oxígeno la producción de energía. De igual manera se observa un mayor peso cualitativo de las ideas de la respiración como combustión. Este mismo análisis de la estabilidad conceptual mostrada por Marta nos da elementos para comprender cierta *resistencia* mostrada por la estudiante para explicar o intentar explicar los fenómenos relacionados con la respiración desde una perspectiva molecular.

Conclusiones sobre el análisis conceptual:

En la tabla presentada a continuación mostramos los aspectos centrales de las conceptualizaciones de Marta durante los dos años de la recolección de la información.

Tabla 5. 13. Principales ideas de Marta durante los dos cursos académicos

Fase 1: análisis de las ideas Cuestionarios 1 y 3	Fase 2: Ideas durante la unidad metabolismo. Cuestionarios 4, 5, 6 y 7	Fase 3: Comparación de la información. Cuestionario 8
Diferencia en forma clara dos tipos de respiración; la pulmonar y la celular. Realiza una descripción adecuada del recorrido del oxígeno hasta las células. Utilización ambigua del concepto de respiración.		
La función central de la respiración es la obtención de energía la cual puede provenir del oxígeno o de los nutrientes. La energía también procede de la respiración (intercambio de gases). La producción de energía está asociada a la combustión.	Asume que la energía se obtiene a partir del oxígeno, bien sea al éste reaccionar con la glucosa o directamente a partir de él.	El oxígeno es necesario para la combustión de los nutrientes
Considera la respiración como un proceso de intercambio de gases y como una combustión a nivel celular.	Considera la respiración como una combustión la cual sigue diferentes pasos y que sucede a nivel celular.	
Desconocimiento de los aspectos moleculares de la respiración celular, de la función del oxígeno, del origen del CO ₂ y del origen de la energía, lo cual conduce a dar explicaciones sensitivas a los diferentes fenómenos.		
	Cierta independencia de los diferentes procesos metabólicos que la lleva a apenas relacionar la respiración celular con la nutrición y con el mantenimiento de la temperatura corporal.	

El análisis conceptual realizado en las fases 1, 2 y 3 nos permite concluir:

1. Debilitamiento de las ideas vitalistas dentro del concepto de respiración el cual va acompañado del fortalecimiento de la idea de la respiración como combustión. Es claro en el análisis realizado el paso de un modelo para la respiración en el cual aparecían ideas de diferentes paradigmas (vitalismo, intercambio de gases y combustión) a un modelo en el cual las ideas expresadas se ubican más en el paradigma de la combustión.
2. Cambios evolutivos aparentes en cuanto al nivel de abstracción y al sincretismo de las ideas expresadas. Inicialmente la crítica que realiza a los textos tiene bajo nivel de abstracción y comparte ideas de diversos paradigmas explicativos.

- Posteriormente realiza una crítica más coherente dentro del paradigma de la combustión en la cual se encuentran ideas con un mayor nivel de generalización.
3. Cierta evolución en la capacidad de crítica frente a los textos que analiza. Inicialmente su capacidad de crítica es baja, así como la capacidad para identificar aciertos y errores en las conceptualizaciones que analiza. En los cuestionarios 4, 5, 7, y 8 muestra cierta actitud de crítica que la lleva a complementarlos y corregirlos.
 4. En sus explicaciones no se refiere a aspectos moleculares de la respiración celular los cuales son los que en última instancia permiten explicar la función del oxígeno, el origen del CO₂ y de la energía, y en términos generales el conocimiento de cómo se realiza este proceso.

5. 2. 2. Análisis cognitivo-lingüístico

El análisis cognitivo-lingüístico se realizó con base en las subcategorías *coherencia* y *exigencia cognitiva* del discurso realizado por los estudiantes. A continuación analizamos cada una de estas subcategorías.

Estructura del discurso escrito

Al interior de cada uno de los párrafos las ideas se organizan de manera lineal, (ver tabla 5.14). Es importante mencionar que Marta emplea el 75% de su discurso para describir los procesos del intercambio de gases y de la respiración celular siguiendo criterios de coherencia local condicional; el 25% lo dedica a realizar un discurso explicativo en el que establece posibles relaciones basadas en las descripciones antes realizadas. Podemos suponer que la intencionalidad al plantear los dos párrafos descriptivos iniciales es dar mayor sustento teórico a las relaciones causales establecidas en el último párrafo de su discurso.

En el análisis sobre el tipo y frecuencia del uso de conectores, se encontró que el 25% corresponde a conectores de lugar, el 23% a conectores de certeza y el 17,5% corresponde a conectores de causa y conectores de consecuencia, (ver tabla 5. 14). Al sumar los dos tipos de conectores más empleados encontramos que el 48% corresponde a conectores de lugar y de certeza. Este aspecto es importante en el sentido de que el discurso elaborado por Marta se apoya de manera importante en la descripción de los fenómenos relacionados con la respiración aprendidos con antelación. Esto conduce a un discurso en el que la estudiante describe lo que sabe acerca de la respiración, dando así un menor peso al establecimiento de relaciones de causa o de consecuencia. La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas es de 3:1; y la razón de relaciones causales directas (simples) a relaciones causales indirectas (complejas) es de 5,5:1.

Tabla 5.14 : Clase de conectores y frecuencia de uso en textos largos. Ca: causa, Ce: certeza, Co: condición, Cs: consecuencia, O: oposición, L: lugar.

Oraciones	Conectores						Porcentaje
	Ca	Ce	Co	Cs	O	L	
<p><u>Hay</u> dos fases principales <u>en</u> la respiración: Externa <u>e</u> interna(1). <u>En</u> la fase externa distinguimos <u>entre</u> inspiración y expiración(2).</p> <p><u>En</u> la inspiración (los pulmones se hinchan) incorporamos a nuestro organismo O2 <u>de</u> la atmósfera, <u>producido por</u> los seres fotosintéticos <u>que</u> producen este gas(3).</p> <p>Este O2 <u>llega a</u> los pulmones (<u>a través de</u> diversos conductos) y <u>allí se produce</u> un intercambio de gases, <u>en</u> los alvéolos, con la sangre(4).</p> <p><u>En</u> la expiración, los gases que "devuelve" la sangre (CO2) <u>son</u>, de nuevo, devueltos <u>al</u> exterior (los pulmones se deshinchán)(5).</p>		x x x x			x	x	Ca= 12,5 Ce= 37,5 Co= Cs= O= 6,2 L= 43,8 Ce + L = 81,3%
<p><u>En</u> la fase interna (básicamente respiración celular), el oxígeno <u>que ha</u> incorporado la sangre(8) <u>es</u> repartido <u>a</u> todas las células del organismo <u>mediante</u> el "bombeamiento" de la sangre <u>gracias al</u> corazón(6).</p> <p>El O2 que <u>llega a</u> las células facilita una reacción <u>con</u> los nutrientes, <u>de lo cual</u> se obtiene energía (que <u>será</u> utilizada <u>por</u> las células <u>para</u> mantener su actividad), agua y dióxido de carbono, <u>que será</u> expulsado <u>del</u> organismo.(7).</p>		x x	x x	x		x x	Ca= 7,1 Ce= 14,2 Co= 28,4 Cs= 35,7 O = L = 21,4 Co + Cs= 57,1%
<p><u>Así</u> mediante la respiración podemos vivir. Sin <u>ella</u> no podríamos realizar ningún tipo de actividad <u>porque</u> moriríamos(8).</p> <p><u>A mayor</u> esfuerzo, <u>más</u> energía necesitan las células(9) <u>y por lo tanto</u> se necesita más aportación de oxígeno(10), <u>por lo que</u> las fases de expiración e inspiración <u>se</u> aceleran(11) <u>y</u> el corazón bombea más rápido <u>para que</u> llegue antes el oxígeno.(12).</p>	x x x	x	x x	x			Ca= 40 Ce= 10 Co= 20 Cs= 30 O = L= Ca + Co= 70%

Análisis de la coherencia.

Para este análisis tomamos como base los textos más extensos escritos por Marta; se emplearon básicamente los textos elaborados en los cuestionarios 1 y 3. Con respecto al cuestionario 3 es importante aclarar que el texto que se analiza fue elaborado por los estudiantes después de haber analizado 5 conceptualizaciones de otros compañeros. Todos los estudiantes criticaron los mismos 5 textos (cuestionario 3, pregunta 3.1, ver anexo 1) y en el mismo orden. Luego pasaron a dar respuesta a la pregunta: Para mi la respiración es?

En el texto presentado en la tabla 5.14 se identifican tres párrafos que contienen un total de 12 ideas generales. El párrafo 1 es descriptivo y contiene 5 ideas relacionadas con: las fases de la respiración y el intercambio de gases. El párrafo 2 es descriptivo y está constituido por 2 ideas relacionadas con la fase interna de la respiración y la obtención de energía. En el párrafo 3 se presenta una primera idea argumentativa y posteriormente se presentan 4 ideas explicativas. En la figura 5.13 mostramos la estructura general de la conceptualización de Marta. En ella destacamos los tres grupos de ideas: las relacionadas con el intercambio de gases, las relacionadas con la combustión a nivel celular y, por último, ideas en las que propone relaciones entre diferentes aspectos de la respiración; resaltamos además los vínculos que establece entre los diferentes grupos de ideas.

Desde este análisis de la coherencia global, algunas de las diferentes ideas planteadas por Marta en los dos primeros párrafos serán empleadas en sus explicaciones posteriores, son al parecer ideas con funcionalidad teleológica que plantea con el propósito de emplearlas en fases posteriores de su discurso, (ver figura 5. 13).

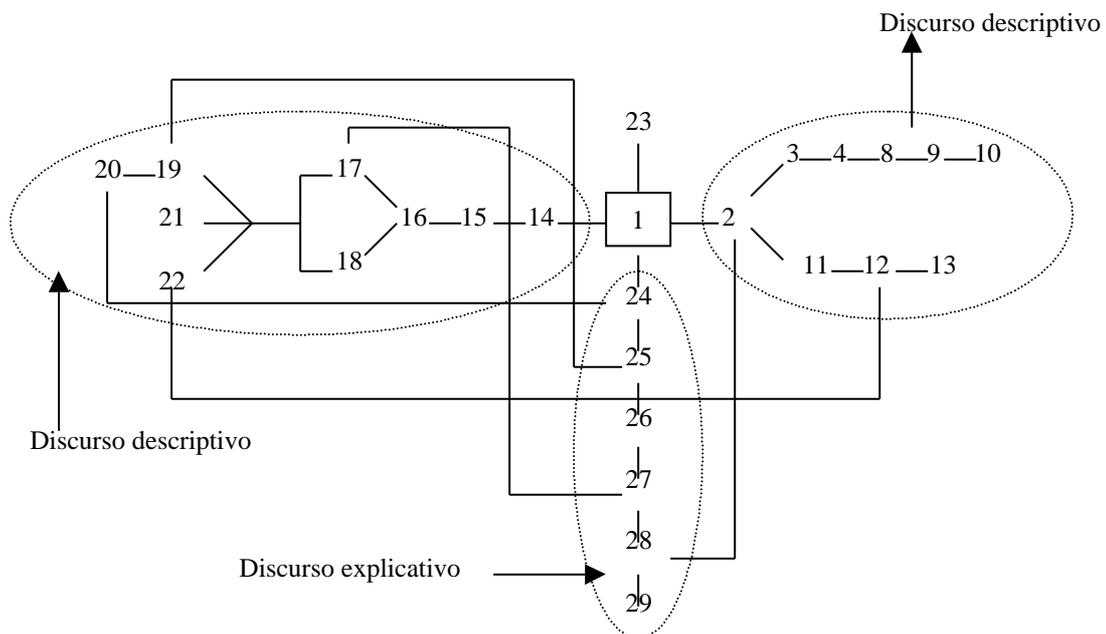


Figura 5. 13: Representación de las conceptualizaciones de Marta en la que se resaltan las relaciones establecidas entre los tres conjuntos principales de ideas.

En el texto antes citado encontramos 12 ideas generales las cuales contienen 29 ideas-conceptos, (ver figura 5.14). Las ideas-concepto 2-13, se refieren a la respiración como intercambio de gases y las ideas-concepto 14-22, a la respiración celular. Estos dos conjuntos de ideas tienen una estructura

descriptiva en la que no se establecen relaciones internas. Al parecer estos textos descriptivos cumplen su funcionalidad en el conjunto de ideas 24-29, en el que se proponen de manera explícita relaciones con los dos conjuntos de ideas antes mencionados (ver figura 5. 14). De esta manera Marta termina su discurso con un texto explicativo en el que utiliza diferentes ideas planteadas en los textos descriptivos con los que inicia su discurso.

Es importante destacar las características del tercer párrafo en el que tiene mayor importancia el establecimiento de relaciones de causa y de consecuencia. De una intencionalidad descriptiva encontrada en los dos primeros párrafos se pasa, en el tercero, a una intencionalidad explicativa o funcional, que se apoya en algunas de las descripciones antes realizadas.

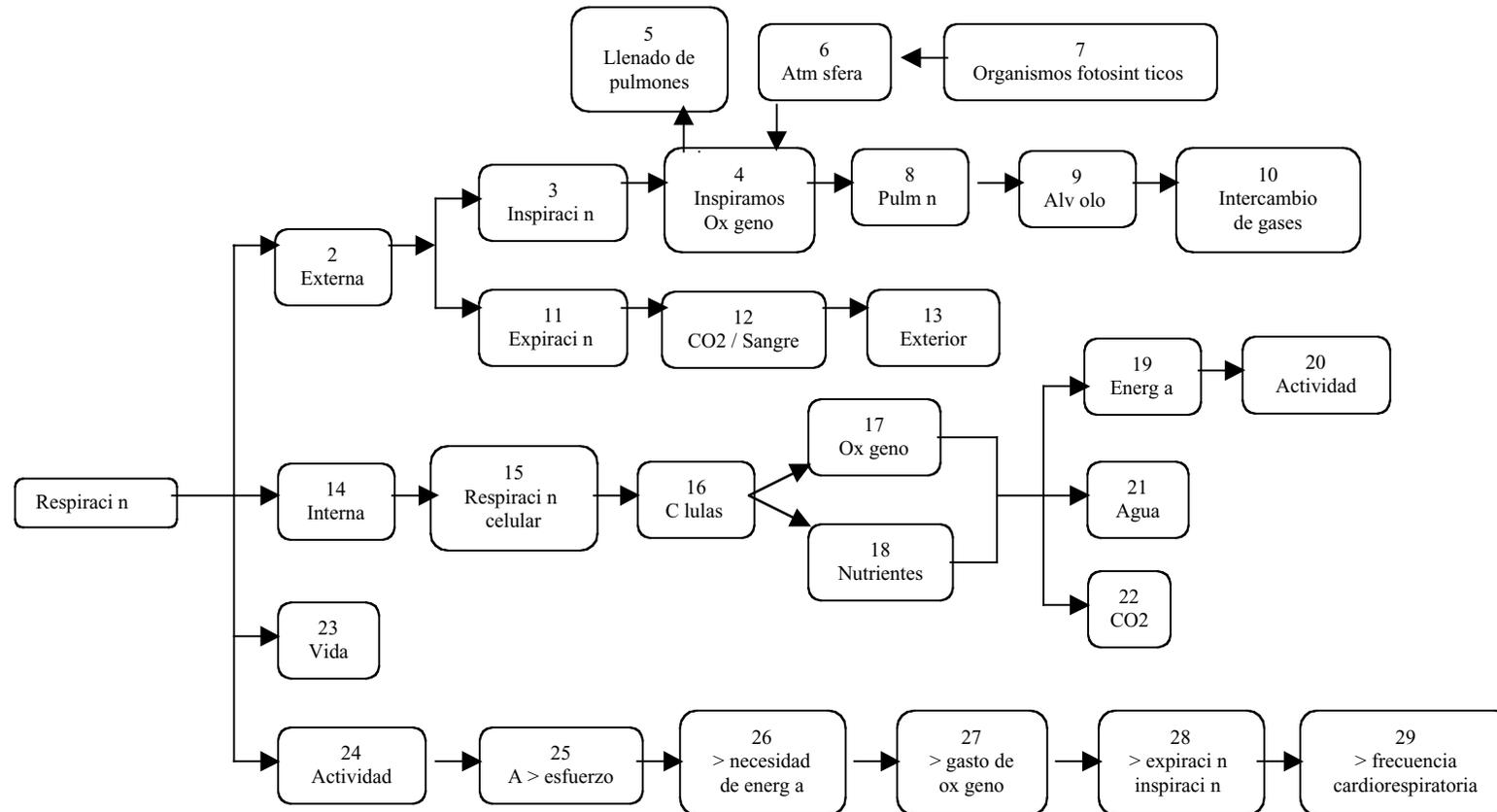


Figura 5. 14: Representación de la conceptualización de Marta en la que mostramos los tres grupos de ideas: las derivadas de los conceptos de respiración externa (ideas 2-13) e interna (ideas 14-22), y aquellas en las que relaciona diferentes aspectos de la respiración (ideas 24-29).

Conclusiones sobre el análisis cognitivo-lingüístico:

Dentro de los aspectos más sobresalientes del análisis anterior destacamos los siguientes:

1. En el análisis de textos largos (160 palabras) encontramos que Marta puede organizar su discurso en diferentes párrafos dentro de los cuales desarrolla un conjunto de ideas diferentes. Al interior de cada uno de los párrafos se encuentran discursos con coherencia local condicional.
2. El discurso en su conjunto presenta coherencia global funcional.
3. Se observa un discurso más de carácter descriptivo que funcional. El 48% de los conectores son de *lugar* y de *certeza*. Se observa una razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas de 3:1, y una razón de relaciones causales directas (simples) a relaciones causales indirectas (complejas) de 5.5:1.
4. Cierta dificultad para distanciarse de sus propias conceptualizaciones e identificar en ellas posibles errores. No reconoce de manera explícita su desacuerdo con sus propias explicaciones. (ver análisis metacognitivo).

5. 2. 3. Análisis metacognitivo

Análisis del juicio crítico

El análisis del *juicio crítico* se realizó principalmente con base en los análisis realizados por Marta a los textos de sus compañeros (cuestionarios 3, 7) y a sus propios textos (cuestionario 8). Frente a los diferentes textos analizados, los estudiantes debían plantear con qué aspectos estaban de acuerdo y en desacuerdo y explicar sus razones. A continuación presentamos el análisis realizado, en el que representamos tanto los textos analizados por la estudiante como sus respuestas. Los conceptos se encierran en recuadros y los aportes/críticas de la estudiante en elipses.

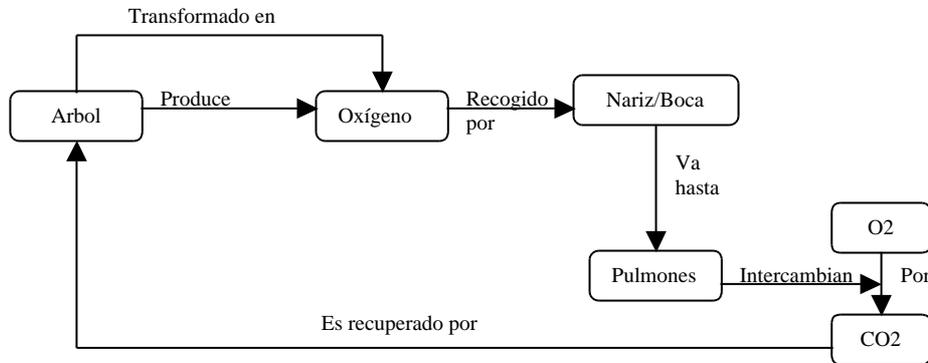
La pregunta realizada fue la siguiente.

En una evaluación sobre respiración el profesor pidió a sus estudiantes que explicaran el proceso de la respiración. Posteriormente repartió las evaluaciones entre los estudiantes para que fueran corregidas por los mismos compañeros. Debes decir para cada respuesta si estas de acuerdo o desacuerdo y explicarle a tu compañero tus opiniones.

A mencionada pregunta **Laia contestó:**

El árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca, baja por la tráquea hasta los pulmones que intercambian el aire (oxígeno) por el dióxido de carbono. El dióxido de carbono lo recuperan los árboles que lo transforman en oxígeno.

Representación de la respuesta de Laia:

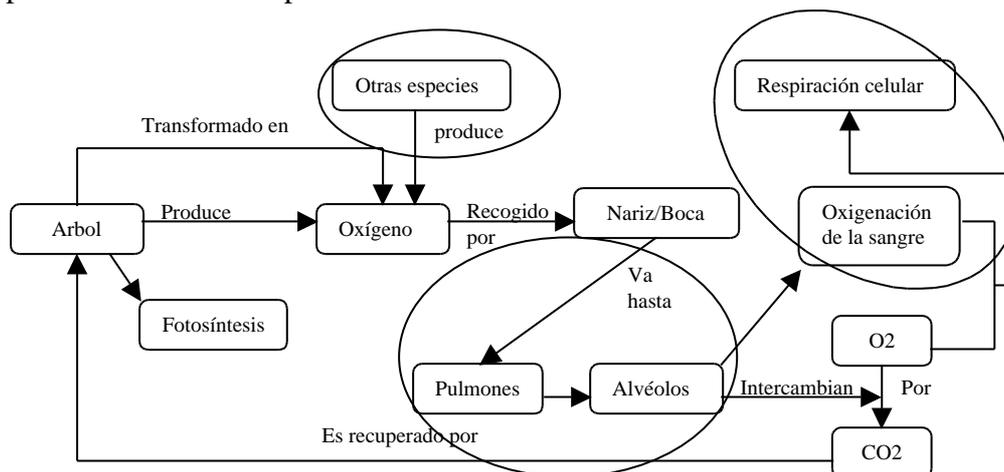


Marta contesto:

Estoy de acuerdo con: La idea básica que se quiere transmitir, y que la respiración consiste en un primer momento en un intercambio de gases con el medio que nos envuelve y nuestro propio organismo.

Estoy en desacuerdo con: La mayoría de cosas. Para empezar, no solamente los árboles producen oxígeno, sino muchas más especies del mundo vegetal (básicamente). Luego, como dice Laia, "Cogemos ese oxígeno por la nariz o por la boca" y al llegar a nuestros pulmones pasa a los alvéolos y allí es donde se intercambia el oxígeno, la sangre se oxigena. Deja ir el CO2 e incorpora el O2 mediante los glóbulos rojos y la hemoglobina luego ese CO2 que expulsamos es utilizado durante el día por las plantas (vegetales y otros seres) para realizar la fotosíntesis. Existe también una respiración celular después del intercambio de O2 entre los alvéolos y la sangre.

Representación de la respuesta de Marta:



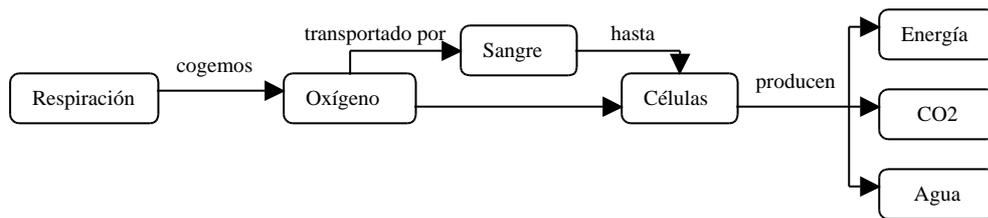
Marta aporta nuevos conceptos, señalados con elipses, no encontrados en la respuesta de Laia, tales como fotosíntesis, oxigenación de la sangre, respiración celular y alvéolos. A nivel de la estructura de la explicación diferencia dos procesos en la

respiración: intercambio de gases y respiración celular. En el primero hace referencia al intercambio de gases entre el organismo y el medio. Dentro de este proceso hace algunos aportes a la respuesta de Laia tales como ubicar de forma clara el intercambio CO₂/O₂ a nivel alveolar y la función de la hemoglobina en mencionado intercambio. En el segundo hace referencia a la respiración celular la cual se da después del intercambio de O₂ entre los alvéolos y la sangre.

En términos generales mantiene la estructura de la explicación que analiza. Aunque propone dos procesos para la respiración, sus críticas y aportes se centran en el proceso descrito en la respuesta que analiza. Esta mayor independencia del texto que analiza le permite proponer nuevos conceptos y procesos además de plantear claramente con que no está de acuerdo y pasar a explicar sus razones.

Carlos contestó:

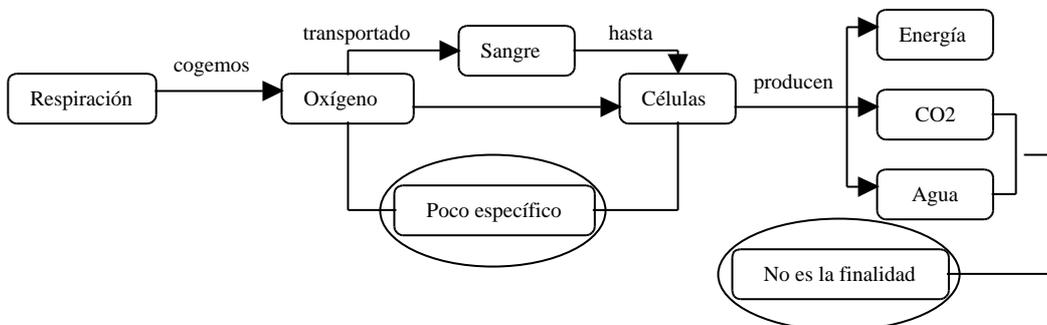
A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua.



Estoy de acuerdo con: La idea de la transmisión de gases con el medio y la finalidad de este intercambio. Estoy de acuerdo con la mayoría de conceptos excepto con lo final.

No estoy de acuerdo con: Que Carlos no especifica que es lo que sucede desde que respiramos el O₂ hasta que es transportado por la sangre hasta las células. La producción de CO₂ y H₂O no es una finalidad de las células, sino un resultado de esa reacción.

Representación de Marta:

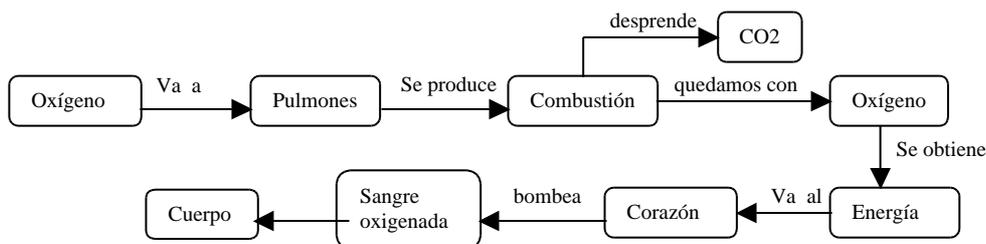


En este caso no se observa el aporte de nuevos conceptos (ver elipses), en la respuesta que analiza. Centra su crítica en el proceso descrito por Carlos, frente al cual plantea la falta de especificidad del recorrido del oxígeno desde que es respirado hasta llegar a las células. En este caso observamos una mayor adaptación al texto que analiza, la razón de esto puede ser que el texto analizado se inscribe en el paradigma del intercambio de gases y no genera aparentemente contradicciones para la estudiante. Se observa un aporte desde la perspectiva funcional al proponer que la obtención del CO₂ y el H₂O son subproductos de la respiración.

María contestó

Nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones donde se produce una combustión donde desprendemos dióxido de carbono y nos quedamos con el oxígeno mediante el cual obtenemos energía que va al corazón, y el corazón bombeará la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.)

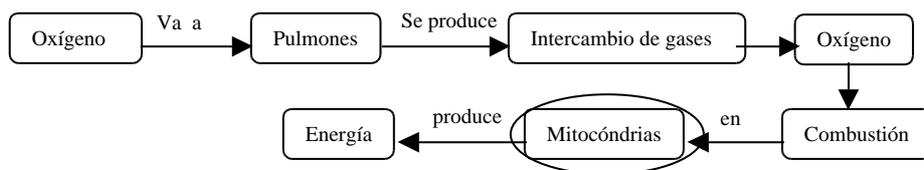
Representación



Estoy de acuerdo con: También con la idea general que se tiene del concepto. Estoy de acuerdo con que utilizamos el oxígeno que obtenemos de la atmósfera para realizar una combustión y obtener energía, pero esta combustión no se realiza en los pulmones. El corazón bombea la sangre oxigenada a todas partes.

No estoy de acuerdo con: Que la combustión se realiza en los pulmones, en los pulmones simplemente se produce un intercambio de gases con la sangre. La combustión se realiza en la mitocondrias para obtener energía para las células. La energía no va al corazón. La sangre que llega al corazón oxigenada se reparte por todas las partes del cuerpo, para con ello poder realizar la combustión en todas las células del organismo.

Representación de Marta

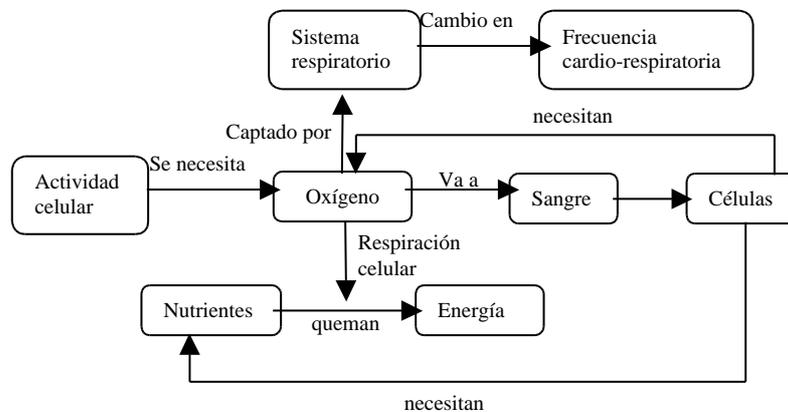


Los principales aportes que se destacan son los relacionados con el proceso de la respiración. Reconoce que la combustión no se produce en los pulmones y localiza la producción de energía en las mitocondrias. Desde una perspectiva metaconceptual, al parecer Marta al encontrar una idea que no comparte pasa a realizar la crítica correspondiente, como en lo relacionado con la localización de la combustión, la función de los pulmones y el destino de la energía obtenida. En este sentido se mantienen las ideas generales de la explicación, se modifican o plantean las nuevas ideas conservando la estructura explicativa inicial. En otras palabras, sus críticas y sus aportes parecen depender de las ideas encontradas en el texto analiza.

Ana contestó:

Las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “quemamos” los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad. Basándonos en esto primero debemos captar ese oxígeno y para ello tenemos el sistema respiratorio. Parte del aire de nuestro alrededor pasa a la sangre y los glóbulos rojos son los que se encargan de llevarlos a las células. Como las células necesitan muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para “bombear” más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe de coger más oxígeno.

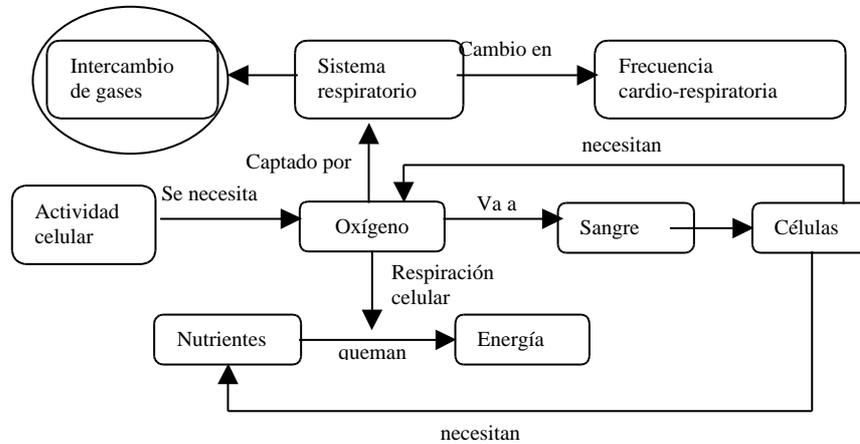
Representación



Estoy de acuerdo con: Es cierto que para actividades no habituales (ante un sobre esfuerzo) necesitamos más aportación de oxígeno para conseguir más energía. Quedan algunos huecos en su explicación pero no considero que este extremadamente equivocada. Es importante el concepto del que habla Ana y los demás no habían comentado: la quema de nutrientes. Es muy acertado este aspecto.

No estoy de acuerdo con: Según mi criterio primero habría de haber empezado aclarando el concepto y el proceso y después haber hablado de la aportación "extra" de oxígeno para suplir su sobre esfuerzo. También le falta aclarar que es lo que sucede al captar el oxígeno y transportarlo hasta las células (le falta comentar el intercambio de gases y la expulsión de CO2).

Representación



Marta está básicamente de acuerdo con la respuesta de Ana. Cree conveniente aclarar el proceso mediante el cual se produce el intercambio de gases. Destaca en la respuesta de Ana la referencia a que los nutrientes se quemán para producir energía. Consideramos interesante mencionar la crítica a aspectos procedimentales dentro de la explicación que está realizando, en este sentido considera más oportuno hacer la explicación de manera general, aclarando los conceptos necesarios, y luego pasar a casos específicos como el del esfuerzo físico.

A continuación presentamos las críticas de Marta a preguntas específicas en las que se relaciona la respiración con otros procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal, la nutrición y la actividad física. La dinámica de este análisis es similar a la anterior, en la cual Marta además de criticar los textos de sus compañeros critica sus propias conceptualizaciones elaboradas en el curso anterior. La intencionalidad es establecer la capacidad de la estudiante para actuar en forma crítica frente a sus textos y a los de sus compañeros. A continuación presentamos los diferentes textos y los análisis realizados por la estudiante.

Respuesta de Aída

El colibrí consume tanto oxígeno(1) porque lo necesita para enfriar su organismo(2) ya que se calienta debido a tanta actividad(3). Al volar se aumenta la temperatura(4) debido al movimiento de las alas(5) y por esa razón debe consumir más oxígeno.

Está de acuerdo con:

En el único aspecto con el que estoy de acuerdo es en que el volar necesita una mayor aportación de oxígeno(1). Como no estoy segura de si con el oxígeno refrigere su organismo(2) (creo que sí, pero no lo sé) prefiero no opinar al respecto.

Se observa en este primer texto que Marta tiene la posibilidad de entrar en desacuerdo con buena parte del texto que está analizando. No está de acuerdo con las

afirmaciones 2, 3 y 4 propuestas por Aída. En este sentido observamos una mayor independencia de Marta frente al texto que analiza. Es importante mencionar que de manera explícita expresa su inseguridad sobre algunos de los argumentos analizados, frente a los cuales muestra cautela en el momento de referirse a ellos.

Está en desacuerdo con:

No considero que en este caso se esté utilizando el oxígeno para enfriar su organismo(3), sino básicamente para la producción de energía(4) que le permitirá volar(5), pero no estoy demasiado segura.

En este texto se observa cómo Marta propone nuevos conceptos o relaciones no establecidas en el texto que analiza y centra su crítica en el concepto de energía (ver análisis conceptual). Aunque se refiere a los dos aspectos a analizar en las conceptualizaciones de Aída, no lo hace de manera contundente, no sienta una posición clara conceptualmente sobre el texto analizado. En lugar de ello prefiere mostrar su inseguridad, lo cual puede ser un indicio de honestidad en el momento de discutir las conceptualizaciones de sus compañeros.

Pregunta:

Creo que la gráfica es errónea. No creo que haya una diferencia tan importante en el consumo de oxígeno cuando el colibrí vuela y cuando esta en reposo. Cuando el colibrí vuela debe consumir casi la misma cantidad de oxígeno que cuando esta en reposo.

Está de acuerdo con:

Creo que no estoy de acuerdo con nada de lo que explica Xavi.

Está en desacuerdo con:

Yo creo que la gráfica es correcta. Cuando el colibrí esta en reposo apenas se mueve y su respiración es normal. Cuando vuela sus alas se mueven extremadamente rápido y necesita muchísima aportación energética, y por tanto mucho oxígeno. No es en absoluto lógico que requiera la misma cantidad de O₂ en el reposo y en la actividad.

En los dos textos anteriores se observa que la estudiante reconoce con facilidad aquello con lo que no está de acuerdo. Tiene la posibilidad de tomar distancia del texto que analiza y dar su explicación de manera independiente.

Pregunta:

El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

Esta de acuerdo con:

Creo que Juan se acerca más a la respuesta correcta que Aída y Xavi. Es evidente que cuando el colibrí vuela está gastando más oxígeno y éste se utiliza para realizar una combustión en el interior del organismo del colibrí.

Inicialmente observamos que Marta realiza una evaluación de las respuestas de sus tres compañeros y puede llegar a decir con cual de ellas se identifica más. Muestra un fuerte acuerdo con el texto que en este momento analiza y mantiene las ideas que en él se expresan. Se identifica con el texto escrito por Juan, como queda claro cuando plantea que

Creo que Juan no está equivocado. Solamente le falta comentar que de esa reacción surge la energía que le permite seguir volando

En cuanto al texto:

Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.

Esta de acuerdo con:

En todo. Una actividad mayor implica una mayor aportación de oxígeno para producir energía.

Esta en desacuerdo con:

En mi opinión es correcto. Quizá pudiera incidir más en el proceso de combustión y para qué se utiliza esa energía, en forma de qué se desprende...

En los textos anteriores se observa nuevamente el acuerdo entre lo expresado en el texto y las ideas de Marta frente a la pregunta realizada. Como en el caso anterior, Marta comparte básicamente la respuesta de sus compañero, frente a la cual hace algunas sugerencias de orden conceptual que podrían completar más la respuesta. En términos generales consideramos que diferencia en forma clara cuándo no está de acuerdo con un texto y cuando sí lo está, lo cual la lleva en el primer caso, a tomar distancia del texto y realizar su crítica correspondiente, y en el segundo, a identificarse con el texto analizado y realizar aportes más puntuales.

En el análisis del juicio crítico analizamos además cómo actúa frente a sus propios textos escritos en el curso anterior; a continuación nos referiremos a este análisis, para el cual se entregaron los cuestionarios resueltos por ellos mismos en el curso anterior y con base en lo que habían escrito debían especificar con que estaban o no de acuerdo.

Pregunta 1: *Cuando respiramos nuestro organismo libera energía?*

Respuesta inicial.

Porque después de la combustión del oxígeno(1), lo que resulta es CO₂ y energía(2) para realizar las funciones vitales.

Respuesta final:

Que después de realizar la combustión con el oxígeno del medio y los distintos nutrientes, mediante todas las distintas fases de nuestro metabolismo(1) se produce como resultado CO₂ (que ha de ser expulsado del organismo) y energía(2). No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.

En los dos textos anteriores encontramos similitud en su estructura, la cual se puede resumir en la relación causal entre las ideas 1 y 2. En la idea 1 señalada en los dos textos, se pasa del uso del conector del al uso de con el refiriéndose al oxígeno. En la idea 2 no aparecen diferencias importantes que otorguen nuevos sentidos al texto. La diferencia fundamental entre estos dos textos es que en el segundo se encuentran más detalles acerca del proceso que explica.

Pregunta 2: *Después de realizar un esfuerzo físico respiramos más rápido para poder repartir la sangre por todo el cuerpo?*

Respuesta inicial:

Porque junto con la sangre va el oxígeno(1), transportado por los glóbulos rojos por la hemoglobina(2) y el oxígeno ha de llegar a todas las partes de nuestro cuerpo(3).

Respuesta final:

Que la sangre transporta el oxígeno a todas las partes del organismo (glóbulos rojos—hemoglobina) (1) y es imprescindible que llegue, porque durante el ejercicio se ha consumido energía y oxígeno(2), que permite realizar funciones vitales(3). No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.

Los dos textos anteriores contienen tres ideas acerca de la respiración. El primer texto es de orden descriptivo, mientras el segundo es de orden explicativo. Las ideas 2 y 3 de la respuesta final contienen conectores causales. Utiliza expresiones entre paréntesis con el propósito de complementar las ideas. La principal diferencia encontrada entre la respuesta inicial y la final es que en el segundo caso encontramos un texto de orden explicativo, en el cual se proponen las diferentes ideas vinculadas con conectores causales.

Pregunta 3: *La respiración es semejante a la combustión?*

Respuesta inicial:

Porque en las células se produce un proceso en el que se “quema” el oxígeno. De esta manera obtenemos energía.

Respuesta final:

El hecho de decir que sí es un proceso semejante, porque en ambos procesos ha de haber un producto que se transforme mediante una reacción que inicie una determinada sustancia. En el caso de la respiración se transforman nutrientes mediante la acción del oxígeno y otros elementos. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.

Independientemente de los aspectos conceptuales, en los dos textos anteriores encontramos que Marta fundamenta sus explicaciones en afirmaciones en las que usa conectores principalmente de *certeza*, (subrayados en los textos). En los dos textos se observa poca precisión de lo que trata de explicar.

Pregunta 4: *Un animal cuando se muere se enfría?*

Respuesta inicial:

Porque deja de respirar y su sangre deja de llevar oxígeno y por tanto esa combustión no se produce.

Respuesta final:

Que cuando un ser muere deja de respirar y las reacciones que se realizaban en nuestro organismo dejan de realizarse y como ya no se producen reacciones que produzcan energía en forma de calor y la sangre no circule por el organismo nos enfriamos. No estoy de acuerdo con: espacio en blanco.

Se observa en los textos anteriores el uso de conectores de causalidad. Marta está de acuerdo con su respuesta inicial. Es importante mencionar que a pesar de realizar nuevas explicaciones y de emplear nuevos conceptos, continúa de acuerdo con su respuesta inicial. En los 4 conjuntos de respuestas que se han analizado, Marta está de acuerdo con su primera respuesta y siempre en sus respuestas finales menciona nuevos conceptos y nuevas relaciones. De igual manera en los 4 casos anteriores no muestra expresamente ningún desacuerdo. Lo anterior nos lleva a pensar que tiene dificultad para reconocer posibles imprecisiones en sus propias explicaciones. Es interesante mencionar que en ningún momento entra a plantear que está en desacuerdo con sus respuestas iniciales.

Observamos que Marta tiene dificultad para identificar errores en las expresiones analizadas lo cual parece relacionarse con la generalización en múltiples atributos o características no esenciales para la respiración; en consecuencia, le sería más difícil identificar expresiones equivocadas a la luz de su conocimiento actual sobre la respiración. Al encontrar en su conceptualización una mezcla de ideas de diferente naturaleza se le dificulta realizar las críticas a los textos que contengan ideas de uno u otro paradigma. En otras palabras, al no diferenciar las ideas básicas de los distintos paradigmas explicativos de la respiración, sus críticas adolecen de

especificidad con respecto a ellos, pero a su vez son consistentes a través del análisis a los diferentes textos.

Análisis sobre la regulación

Este análisis se realizó con base en los cuestionarios *¿Se lo que estoy haciendo?* (ver cuadro 1); Marta piensa que conoce bien los conceptos sobre los que se realizaron las preguntas. Considera que el procedimiento seguido para llegar a la respuesta fue bueno y no sabe si la respuesta que ha dado es completa o incompleta. Dice que pensó en un plan general para resolver el ejercicio y que este plan funcionó bien. Las etapas identificadas son:

1. Pensar en el fenómeno o en la pregunta
2. Relacionar los conceptos
3. Redactar la respuesta

Las etapas descritas definen pasos muy generales en la ejecución de un plan para resolver los ejercicios. Al parecer no hay conciencia sobre aspectos más finos del procedimiento que ella utiliza para dar la respuesta a los ejercicios. Dentro de estos aspectos, a manera de ilustración, podemos mencionar que la lectura de un enunciado con atención puede significar, entre otros aspectos, aplicar diferentes técnicas para la comprensión del texto leído, realizar ciertos procesos de regulación y control de la comprensión de las ideas centrales de texto, identificar las ideas principales sobre las cuales debe realizarse la respuesta, realizar un juicio acerca de las posibilidades para afrontar las preguntas planteadas, etc. De igual manera, las etapas de relacionar conceptos y redactar las conclusiones tienen a su interior ciertos pasos sobre los cuales Marta parece no tener conocimiento o conciencia.

Se observa una aparente disposición lineal de las etapas planteadas por Marta. Sobre la secuencia general leer-relacionar-redactar no parece haber ningún proceso de control que le permita, de alguna manera, volver sobre las respuestas dadas.

El proceso que lleva a Marta a elaborar sus respuestas se centra en el paso dos: relacionar conceptos (relacionar lo observado en el texto con lo conocido por ella), donde cobra importancia lo que se observa y lo que se conoce del tema. Es importante destacar en este caso cierto distanciamiento importante de un proceso lógico y riguroso que la lleve a elegir las principales variables que influyen en el problema analizado, a identificar cuáles inciden en menor grado en la respuesta que se quiere dar y, en última instancia, a comprender cómo se genera la explicación al fenómeno analizado. Al parecer en el caso de Marta, la explicación va surgiendo en la medida en que ella relaciona lo que sabe con lo que observa, (el fenómeno, el problema o la pregunta que se le propone), como si el hecho de establecer relaciones entre estos dos aspectos la llevara de inmediato a generar la explicación que se le

pide. En síntesis, el establecimiento de relaciones para la construcción de conceptos científicos no se limita a vincular lo conocido con lo observado, tanto lo uno como lo otro deben responder a ciertos principios que den rigor a la observación y al conocimiento en cuestión; además, independientemente de la validez individual de las observaciones y de los conocimientos propios, debe tenerse presente la validez de la relación establecida en sí misma. Al parecer Marta considera que sus observaciones, sus conocimientos y las relaciones que establece entre ellos son adecuadas y le permiten llegar a una respuesta satisfactoria.

Marta da mayor importancia a la acción de *pensar* bien sobre las causas, las consecuencias o sobre los procesos que influyen en la pregunta que analiza. La secuencia general que plantea puede resumirse como: identificar la pregunta-pensar-relacionar-redactar. Si bien se incluye un paso importante en esta nueva secuencia y se especifican al interior de él posibles acciones, éstas se centran en aspectos netamente conceptuales. La reflexión en su conjunto es de orden metacognitivo y lo relacionado con *pensar*, como lo propone Marta, es de orden metaconceptual.

En el análisis metacognitivo realizado por Marta es importante diferenciar cuando éste hace referencia a aspectos netamente conceptuales, llegándose a constituir en un análisis metaconceptual distanciado del análisis metacognitivo en sí. Cuando piensa en las causas del consumo de oxígeno, en sus características y en los procesos que influyen en la respiración, hace una reflexión sobre aspectos conceptuales; piensa en los conceptos, las características y relaciones, que debe tener en cuenta para la redacción de la respuesta. Se ha alejado de la reflexión acerca de cuándo considera que logra una buena explicación, de qué facilidades y dificultades tiene al realizarla y de qué procesos le permiten regular las acciones que realiza.

En cuanto a la redacción de las conclusiones sucede algo similar a lo anterior. Al parecer Marta se enfrenta a la escritura de la respuesta centrándose en las relaciones que antes ha establecido. El paso entre el establecimiento de relaciones y la escritura de las conclusiones se da de manera directa, sin requerir, al parecer, algún tipo de estrategia que le permita enfrentarse de manera más estructurada a la redacción final. En su conjunto la secuencia leer-relacionar-redactar parece referirse a etapas muy gruesas en el momento de enfrentarnos a la elaboración de un plan para dar respuesta a un problema determinado.

Análisis sobre la conciencia metacognitiva.

En el análisis de la conciencia metacognitiva de Marta, nos centraremos en el estudio del conocimiento que tiene sobre el propósito de las actividades que se le proponen y de la conciencia de su progreso personal en el tema estudiado, para ello tomaremos como centrales los siguientes indicadores: *finalidad de la actividad y progreso personal*.

En cuanto a la finalidad de la actividad Marta propone:

Relacionar lo aprendido hasta el momento mediante la interpretación.

Saber cómo reacciona nuestro organismo en situaciones semejantes.

Averiguar si aplicamos correctamente los conceptos que teóricamente sabemos y hemos estudiado.

En una lectura superficial de los textos anteriores, Marta parece no ser consciente de la finalidad de la actividad que realiza. En algunos casos hace referencia a aspectos conceptuales, mientras en otros se refiere a ciertos procesos del pensamiento. Desde una perspectiva más teórica las tres afirmaciones planteadas por Marta describen en forma general un proceso para el aprendizaje. En primer lugar destaca la importancia de la interpretación como una herramienta que permite establecer relaciones entre lo que ha aprendido. Consideramos oportuno mencionar que Marta, con esta afirmación, está ubicada específicamente en un plano mental. Las siguientes dos afirmaciones nos ubican más en un plano material y concreto, en el cual “usamos” los conceptos aprendidos para la explicación o interpretación de hechos concretos.

Marta considera que progresa en forma adecuada en el curso de Biología. Muestra confianza en sus procesos de aprendizaje y en sus resultados, (ver tabla 5. 15). Sin embargo es importante destacar que muestra apertura en función de sus posibilidades y limitaciones frente a lo que realiza. Al plantear que *...últimamente empiezo a no entender nada y a tener las cosas cada vez más liadas..* y que *... en estos momentos empiezo a pensar si de verdad lo que yo sabía es correcto...*, acepta que en algunos momentos le da más dificultad aprender ciertos temas y además considera la posibilidad de dudar de lo que sabe en el momento.

Vemos en este caso cierta apertura a aceptar posibles limitaciones frente a los conceptos que cree conocer, frente a la validez de ellos y frente a sus mismos procesos de aprendizaje. Lo anterior nos muestra una actitud de dinamismo, de la cual es consciente, de su proceso de aprendizaje en la que juegan papel importante tanto los conceptos como los procedimientos utilizados para su aprendizaje.

Destacamos además la relación directa que establece entre los *procedimientos de aprendizaje* y la *asimilación de conceptos adecuadamente*. Al parecer Marta tiene conocimientos específicos de los procedimientos de aprendizaje que le pueden aportar más al aprendizaje de los conceptos. Tal como lo mencionamos en la discusión sobre los procesos de regulación, la estudiante da mayor énfasis a las acciones de *pensar y relacionar*, al parecer centrales para su aprendizaje.

Como mostramos en las afirmaciones siguientes, Marta tiene confianza en sus propias respuestas. Ello no le impide identificar cuándo una de sus respuestas puede ser incompleta o cuándo está planteada en términos más generales.

... considero que no hay muchas más maneras de escribir esto, pero seguro que faltarían cosas.

... no están especificados los conceptos. Es decir, he hablado de una forma en general, no específica.

... no he dicho nada ilógico ni inadecuado (creo). Pienso que lo que he contestado se ajusta a lo que pedían

... siempre tiendo a pensar que esta bien, y a parte, como ya he dicho, no creo que esté del todo mal. Quizá incompleto.

Conclusiones sobre el análisis metacognitivo realizado para Marta:

El análisis sobre la categoría *metacognición* con sus tres subcategorías: *conocimiento sobre cognición*, *conciencia metacognitiva* y *regulación* nos permite proponer las siguientes conclusiones provisionales:

Sobre el conocimiento metacognitivo

- Piensa que conoce bien los conceptos sobre los que se realizaron las preguntas.
- Considera que el procedimiento seguido para llegar a la respuesta fue bueno.
- No sabe si la respuesta que ha dado es completa o incompleta.

Sobre la regulación.

- Dice que pensó en un plan general para resolver el ejercicio y que este plan funcionó bien.
- Define pasos muy generales en la ejecución de un plan para resolver los ejercicios.
- Aparente disposición lineal de las etapas planteadas para resolver el ejercicio propuesto.
- Da especial importancia al establecimiento de relaciones para la elaboración de sus explicaciones, sin llegar a mencionar qué cuidados especiales se deben tener en el establecimiento de mencionadas relaciones.
- Consideramos muy importante encontrar reflexiones orientadas a aspectos de orden metaconceptual y de orden metacognitivo. El hecho de mencionarlos, aunque no tenga conocimiento y/o conciencia de las diferencias existentes entre ellos, se constituye en algo importante desde la perspectiva de análisis metacognitivo.

Conciencia metacognitiva.

- Muestra confianza en sus procesos de aprendizaje y en sus resultados.
- Al parecer Marta tiene conocimientos específicos de los procedimientos de aprendizaje que le pueden aportar más al aprendizaje de los conceptos.
- Reconoce sus posibilidades y limitaciones tanto a nivel conceptual como de procedimientos.
- Actitud de apertura y de dinamismo acerca de su proceso de aprendizaje en las que juegan papel importante tanto los conceptos como los procedimientos utilizados para su aprendizaje.

5. 2. 4. Análisis motivacional

Para la recolección de información se presentó a los estudiantes un cuestionario con 5 conceptualizaciones diferentes frente a las cuales debían decir con cual estaban más de acuerdo y con cual más en desacuerdo. Una vez contestado esto, se les pidió que realizaran su propia descripción, con base en los textos analizados.

Se identifica más con una estudiante concienzuda, ya que

... también me gustan las explicaciones muy claras. También se agradece que te expliquen como debes realizar un trabajo (porque lo simplifica y ahorra tiempo) pero nunca que te obliguen a hacerlo de una determinada forma. Sería incapaz de ir a un examen sin estar preparada, por lo que nunca lo hago. A diferencia de Nadia, considero que las preguntas en clase (si no divagan del tema tratado) pueden servir para aclarar conceptos y aprender más.

y menos como una estudiante buscadora de éxito

A diferencia de Marta, encuentro muy interesantes las clases de ciencias (aunque a veces sean algo complicadas), si hago bachillerato es por que me gusta y porque lo considero necesario. No estoy de acuerdo con Nuria porque comenta que realiza las asignaturas fáciles para no suspender. Creo que es necesario hacer aquello que gusta, aunque te cueste para superarse uno mismo.

Su propia descripción como estudiante es:

Me considero una persona muy constante, trabajadora y demasiado perfeccionista. Nunca doy por terminado algo que no lo considero perfecto (o casi). Cuando estoy realizando algo estoy totalmente concentrada en lo que hago hasta que termino. En clase suelo estar siempre atenta y cuestionar todo aquello que me resulta dudoso. Creo que coger apuntes de lo que se habla en clase es indispensable. Soy muy lenta a la hora de escribir y realizar trabajos y actividades, pero esto no suele impedir que llegue a mis objetivos. En clase me gusta realizar trabajos en grupo y actividades generales, pero cuando se trata de estudiar prefiero hacerlo sola, para evitar distracciones y poder concentrarme mejor.

Con la información presentada en los tres párrafos anteriores elaboramos redes sistémicas a partir de las cuales realizamos una descripción más detallada de la información. A continuación presentamos la red sistémica elaborada a partir de la información mencionada.

La red sistémica (ver figura 5. 15), muestra principalmente un conjunto de valoraciones, tanto de su desempeño personal como de las diferentes actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y de los conceptos científicos. Se considera responsable frente al proceso de aprendizaje y cree que logra los objetivos que se propone. Reconoce ciertas características de su proceso de aprendizaje como son la lentitud en la escritura y en la realización de diferentes trabajos y actividades. La valoración de sus propios procesos de pensamiento en conjunto con la conciencia que tiene de ellos, estudiada en el análisis metacognitivo, son importantes en la medida en que permiten integrar aspectos motivacionales con aspectos metacognitivos lo cual nos puede ayudar a una mejor comprensión de su desempeño frente al aprendizaje de las ciencias. Se destacan sus motivaciones intrínsecas frente a las diferentes actividades que se realicen en la clase y frente a su bachillerato. Reconoce a su vez la importancia, desde una perspectiva social, de realizar su bachillerato.

En cuanto a la valoración de las actividades de enseñanza y aprendizaje concede importancia tanto a su desempeño personal como a las actividades realizadas por el profesor. Para Marta, es importante estar atenta, tomar apuntes y hacer preguntas cuando sea necesario aclarar conceptos; de parte del profesor reconoce la importancia de las buenas explicaciones. Sobre las actividades en grupo considera que son más adecuadas para realizar trabajos generales que para estudiar, debido a que cuando lo hace individualmente se distrae menos y se concentra mejor. En lo planteado por Marta, el trabajo en grupos realizado en clase no parece aportar mucho a su aprendizaje de los conceptos, pues termina en última instancia dando mayor importancia al estudio individual dado el reconocimiento de las características de su proceso de aprendizaje.

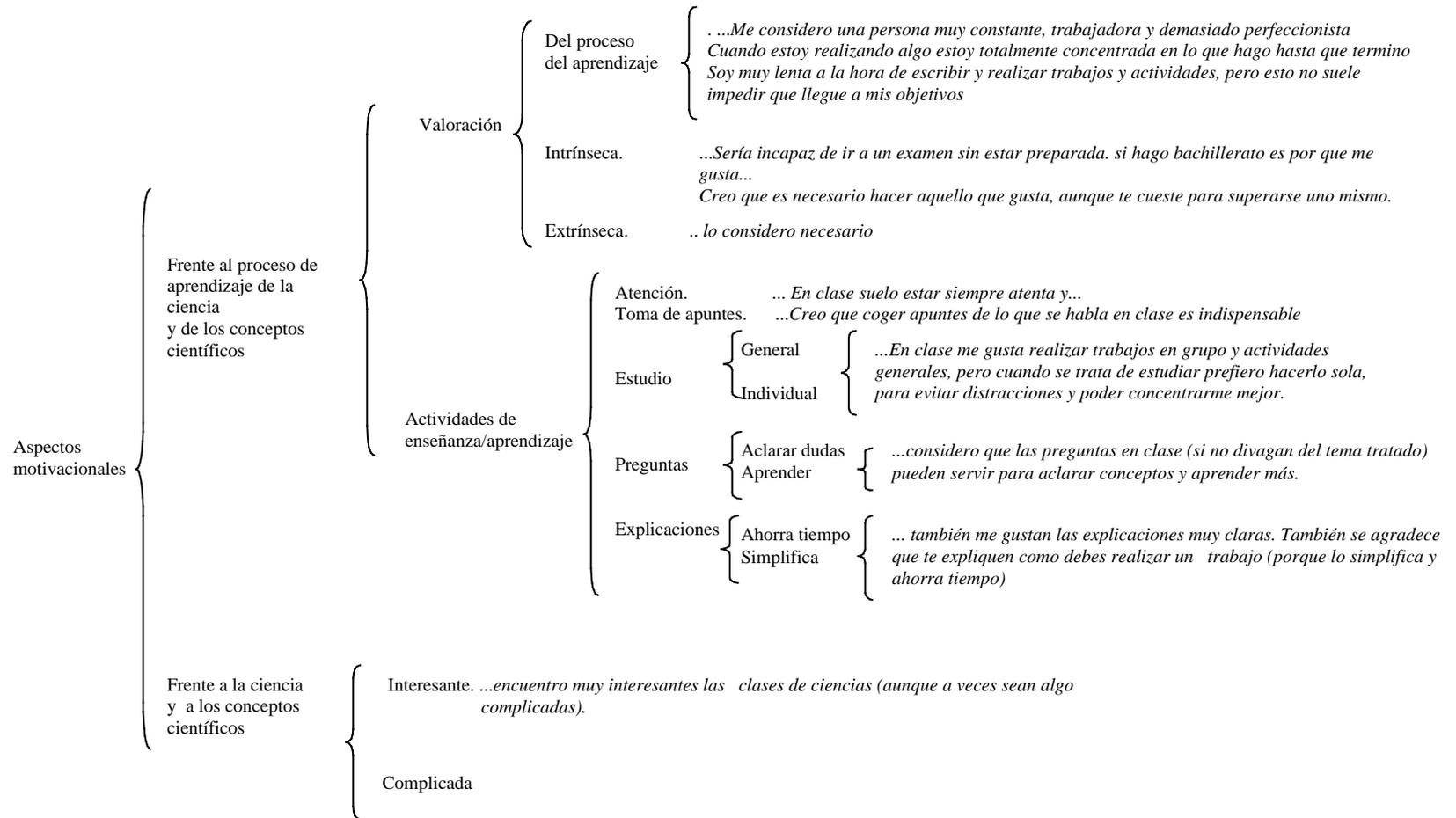


Figura 5. 15: Red sistémica sobre los aspectos motivacionales destacados en las respuestas de Marta.

5. 2. 5. Discusión general sobre las conceptualizaciones de Marta

5. 2. 5. 1. ¿Uno o múltiples tipos de explicación sobre la respiración?

...Hay dos tipos de respiración. La respiración pulmonar (en la que el oxígeno procedente del exterior se introduce en los pulmones) y la respiración celular, en la que se produce una combustión (en las mitocondrias)
...la respiración consiste en un primer momento en un intercambio de gases con el medio que nos envuelve y nuestro propio organismo.
... Existe también una respiración celular después del intercambio de O₂ entre los alvéolos y la sangre. Tomado de Análisis Marta.

Marta puede referirse a la respiración de manera **independiente** como a un proceso de intercambio de gases ó como a una combustión, (ver recuadro). Al interior de estos dos modelos realiza **explicaciones coherentes y consistentes**. Lo anterior nos lleva a pensar que emplea dos conjuntos de ideas para dar respuesta a las diferentes situaciones que se le presentan. En sus textos no se refiere a procesos de intercambio de gases a escala celular ni a aspectos moleculares que expliquen la respiración.

Encontramos un **nivel medio de generalización** en cuanto a las ideas relacionadas con la obtención de **energía** y con la **función del oxígeno**. Relaciona la producción de energía con un proceso de combustión bien sea del oxígeno, de los nutrientes o de ambos, (ver recuadro inferior). En cuanto a los conceptos de energía y función del oxígeno podemos hablar de explicaciones con un mayor grado de sincretismo, lo observamos tanto en sus propios textos como en las críticas que realiza a sus compañeros. En sus textos integra ideas vitalistas a un modelo más general de combustión.

Algunas ideas de Marta

....en las células se produce un proceso en el que se "quema" el oxígeno. De esta manera obtenemos la energía.
... necesitamos más aportación de oxígeno para conseguir más energía.
... las células necesitan energía para realizar la combustión y esa energía procede de los alimentos.
...Ese alimento que ingerimos nos proporciona energía ...
Cuando hacemos ejercicio quemamos energía procedente de los alimentos y de la respiración.
El comer más no esta estrechamente relacionado con respirar. Ese alimento que ingerimos nos proporciona energía y la podemos utilizar o quemar mediante el ejercicio.

Relaciona a **nivel sistémico** la respiración con la nutrición y con la regulación de la temperatura. Menciona en términos generales la idea de la necesidad de nutrientes para la realización del ejercicio y plantea que estos se queman mediante el ejercicio sin llegar a precisar lo que sucede a nivel molecular. De forma similar se refiere a los cambios en la temperatura, sobre los que destaca aspectos netamente mecánicos como el movimiento y la actividad, los cuales causarían el cambio en la temperatura. Lo anterior nos lleva a pensar con Olsher & Beit (1999), que Marta frente al conocimiento de la

respiración se encuentra ante una especie de “caja negra” constituida por los procesos bioquímicos, lo que puede explicar que escriba sus textos haciendo referencia a procesos sistémicos y, en el mejor de los casos, que se refiera a la combustión sin llegar a comprender las relaciones que se dan entre las diferentes sustancias y procesos que participan. La dificultad para el aprendizaje de estos conceptos abstractos puede deberse en parte a que mencionados procesos no pueden ser percibidos por la estudiante y además, son procesos que no tienen su equivalente a nivel personal. En síntesis, explica el fenómeno observado desde una perspectiva de **sentido común** distanciada de conceptos teóricos centrales en la explicación.

A continuación representamos los principales tipos de explicación encontrados en los textos de Marta, en ellos predominan los modelos de combustión e intercambio de gases, acepta ideas vitalistas que integra al modelo de combustión, (ver figura 5. 16).

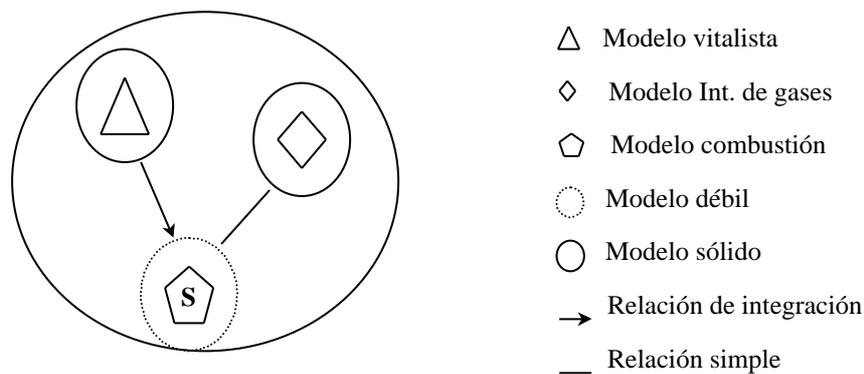


Figura 5. 16: Principales tipos de explicación encontrados en las respuestas de Marta. S: sistémico

En sus respuestas finales emplea un lenguaje propio de la bioquímica (ver anexo evaluación del profesor), sin embargo no parece haber comprendido realmente los procesos que permiten explicar la obtención de energía y la función central del oxígeno dentro de este modelo.

En un análisis más detallado acerca de 12 preguntas realizadas las cuales se seleccionaron para determinar si la estudiante identificaba los cuatro modelos explicativos (ver anexo), corroboramos que Marta identifica y diferencia con facilidad los modelos del intercambio de gases y de la combustión a nivel sistémico, (ver tabla 5. 16).

Tabla 5. 16: Respuestas de la estudiante a preguntas específicas para los diferentes modelos explicativos. Con **x** se ubica la respuesta según los modelos analizados. Con **no** se indican aquellas respuestas con las cuales no está de acuerdo.

Modelo explicativo	Preguntas											
	Vitalista		I. gases			Combustión			Molecular			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitalista		x										
I. gases			x	x			x					
Comb. Sist.					x	x		x		x		x
Comb. Cel.							x					
Molecular									no		no	

Se observa la preferencia en el uso del modelo de combustión para responder a las diferentes preguntas que se le plantean, el mantenimiento de ideas vitalistas y la poca referencia a explicaciones desde el modelo molecular que permitan explicar procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal y las relaciones entre la nutrición y la respiración.

5. 2. 5. 2. ¿Evolucionan las ideas de Marta acerca de la respiración?

La semejanza conceptual encontrada durante los dos años de la investigación refleja en primera instancia estabilidad de las ideas pertenecientes al vitalismo y a la respiración como combustión.

Respuesta inicial: *...a través de la respiración consigue energía...
...para que se gasten [los hidratos de carbono] en el proceso de la combustión del oxígeno.*

Respuesta final: *...no obtiene energía sólo por el hecho de respirar...también necesita “combustible” (nutrientes) para poder realizar la respiración y obtener energía...*

Tomado de Anexo 4

En sus primeras conceptualizaciones Marta mezcla ideas de diferentes modelos para explicar fenómenos relacionados con la respiración, lo cual continua apareciendo en sus textos finales después del estudio de diferentes puntos de vista acerca de la respiración. La estabilidad de este conjunto inicial de ideas parece constituirse en un posible obstáculo para el aprendizaje de los nuevos conceptos estudiados.

Algunas ideas estables de Marta

Diferencia en forma clara dos tipos de respiración; la pulmonar y la celular. Realiza una descripción adecuada del recorrido del oxígeno hasta las células. Uso ambiguo del concepto de respiración. Desconocimiento de los aspectos moleculares de la respiración celular, de la función del oxígeno, del origen del CO₂ y del origen de la energía.
Tomado de Análisis Marta.

Observamos la evolución de un modelo para la respiración en el cual aparecen ideas propias de diferentes tipos de explicación (vitalismo, intercambio de gases y combustión, ver recuadro), a un modelo en el cual las ideas expresadas se ubican más en el paradigma de la combustión. Con la consolidación del modelo de la combustión se especifica a su vez la función central del oxígeno, el cual pasa de ser fuente de energía a ser necesario para que se de la combustión de los nutrientes.

Marta en sus explicaciones iniciales muestra conjuntos de ideas sólidos en cuanto al vitalismo y al intercambio de gases. Acerca de la combustión sus textos iniciales son poco consistentes. En términos de Giere 1992, la estudiante presenta estos modelos explicativos los cuales emplea según el contexto al cual hacen referencia las preguntas que se le presentan. En el análisis conjunto de sus respuestas de las fases 2 y 3 se observa la consolidación del modelo de combustión a nivel sistémico, a partir de este se realizan las explicaciones que hacen referencia a otros modelos como el de la combustión celular el modelo molecular..

En la figura 5.17 destacamos el mantenimiento de ciertos conjuntos de ideas, como las relacionadas con el intercambio de gases, que emplea de manera coherente y consistente durante los dos cursos académicos.

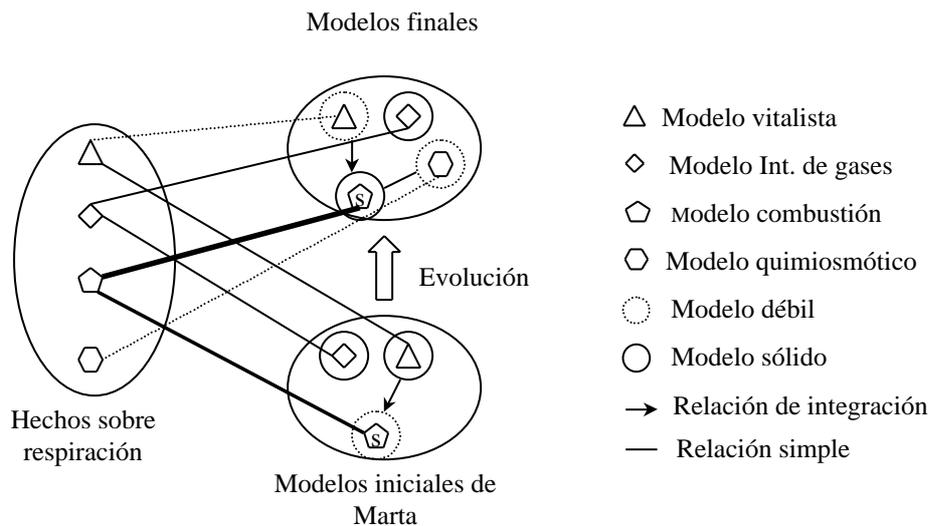


Figura 5. 17: Evolución conceptual en Marta. Se esquematiza el mantenimiento del modelo del intercambio de gases, la consolidación del modelo de combustión a nivel sistémico (S) (línea oscura), el debilitamiento (líneas punteadas) del modelo vitalista en sus conceptualizaciones finales así como el surgimiento de ideas moleculares en sus explicaciones.

Observamos además la consolidación del modelo de combustión a nivel sistémico desde el cual establece relaciones con los procesos de nutrición, mantenimiento de la temperatura corporal y esfuerzo físico. Las explicaciones en las cuales relaciona estos diferentes procesos se caracterizan por estar alejadas de los niveles celular y molecular. De otra parte se representa la integración de ideas vitalistas al modelo de combustión, al interior del cual especifica la función del oxígeno.

En la figura 5. 18 representamos de manera más específica la evolución observada del modelo de combustión.

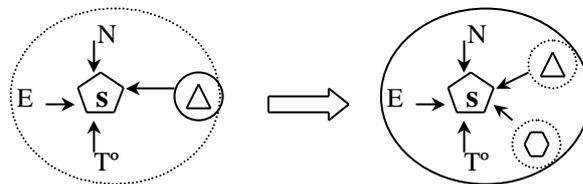


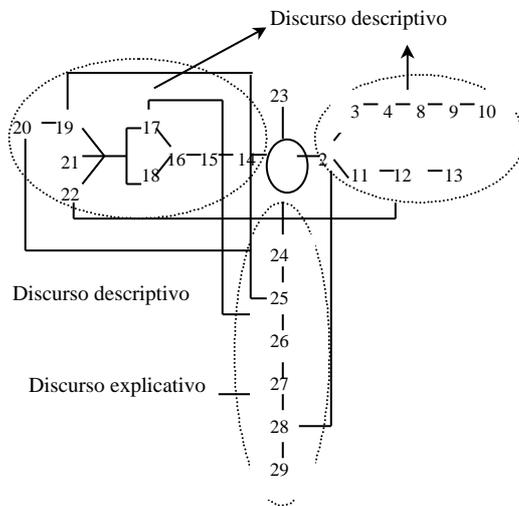
Figura 5. 18: Evolución del modelo de combustión. En el modelo inicial integra ideas sobre nutrición (N), ejercicio (E) y temperatura corporal (T) a un modelo de combustión a nivel sistémico (S). En el modelo final se observa la consolidación de este modelo de combustión al cual se integran nuevas ideas del modelo molecular (quimiosmótico).

Observamos en términos generales la consolidación del modelo de combustión a nivel sistémico, al cual vincula otros procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal, la nutrición y el ejercicio. Estas relaciones son planteadas en forma general, sin llegar a hacer referencia al modelo molecular. Este modelo de combustión integra a su vez las ideas vitalistas que aparecían en sus conceptualizaciones iniciales e ideas del modelo molecular.

5. 2. 5. 3. Algunas características del discurso escrito de Marta que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual

Acerca de la coherencia de los textos

Marta organiza las ideas al interior de cada uno de los párrafos de manera lineal. Emplea el 75% de su discurso para describir los procesos del intercambio de gases y de la respiración celular siguiendo criterios de coherencia local condicional; el 25% de su discurso es explicativo, en él establece posibles relaciones basadas en las descripciones antes realizadas. Podemos suponer que su intencionalidad al plantear los dos párrafos descriptivos iniciales es dar mayor sustento teórico a las relaciones causales establecidas en el último párrafo de su discurso, (ver figura página siguiente).



Desde este análisis de la **coherencia global**, algunas de las diferentes ideas planteadas por Marta en los dos primeros párrafos serán empleadas en sus explicaciones posteriores. **Puede además identificar las ideas centrales de un texto** y tomarlas como base para la elaboración de uno nuevo, lo cual requiere haber desarrollado ciertas habilidades cognitivolingüísticas que le permiten identificar su macroestructura, a partir de la cual realiza las críticas correspondientes.

¿Acerca de la estructura de los textos escritos por Marta?

Los textos escritos por Marta son **descriptivos**; el 48% de conectores empleados son de lugar o de certeza. Este aspecto es importante en el sentido de que se apoya de manera importante en la descripción de los fenómenos relacionados con la respiración aprendidos con antelación. Esto conduce a un texto en el que describe lo que sabe acerca de la respiración, dando así un menor peso al establecimiento de relaciones de causa o de consecuencia. La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas es de 3:1; y la razón de relaciones causales directas (simples) a relaciones causales indirectas (complejas) es de 5,5:1.

5. 2. 5. 4. Algunas características metacognitivas y motivacionales de Marta que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual

¿Que clase de críticas puede realizar Marta?

La **crítica** que realiza a los diferentes textos es principalmente **conceptual**; frente a la explicación que analiza plantea conceptos complementarios que integra a su estructura explicativa sin seguir de manera estricta la lógica del texto, (ver recuadro página siguiente). Puede identificar en él errores y vacíos. Respecto al **distanciamiento** del texto encontramos que puede **diferenciar entre el contenido y la estructura del texto** que analiza, frente a un texto puede proponer nuevos conceptos, corregir posibles errores o sugerir nuevos procesos.

Principales aportes conceptuales realizados por Marta a los textos de sus compañeros. (Anexo pg)

Est.	Aportes
Laia	Recorrido del O ₂
Carlos María	Recorrido del O ₂ hasta las células Centrados en la combustión a nivel celular
Javier	Mecánica de la respiración. Combustión a nivel celular
Ana	Transporte e intercambio de gases. Energía a partir del oxígeno.

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.

Algunos tipos de críticas realizadas por Marta

*...No habla del intercambio en los alvéolos... ni de que el corazón... **Tampoco habla de** la combustión de nutrientes con la finalidad de obtener... **Ni habla tampoco de** la aportación "extra" de oxígeno si se realiza un sobre esfuerzo. Quizá no sea necesario comentar este concepto tan ampliamente, pero si se ha de hablar sobre algo mejor explicar todo aquello que se sepa con seguridad.*

...Es importante el concepto del que habla Ana y los demás no habían comentado: la quema de nutrientes. Es muy acertado este aspecto...

*...Según mi criterio **primero habría de haber empezado aclarando el concepto y el proceso y después haber hablado** de la aportación "extra" de oxígeno para suplir su sobre esfuerzo...*

Tomado de Análisis Marta.

Marta para distanciarse de los textos que analiza requiere tener **conciencia** acerca de cuándo el texto no coincide con sus ideas. Requiere saber cuándo toma distancia del texto que analiza y realizarle la crítica correspondiente. 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 la crítica realizada destacan algunos aspectos de orden metaconceptual y otros metacognitivos, (ver recuadro). Cuando Marta piensa acerca de las causas del consumo de oxígeno, de sus características y de los procesos que influyen en la respiración, hace una reflexión sobre aspectos conceptuales; esta pensando acerca de los conceptos, sus características y relaciones, que debe tener en cuenta en la redacción de la respuesta. Se ha alejado de la reflexión de orden metacognitiva en la que se considere, por ejemplo, cuándo logra una buena explicación, qué facilidades y dificultades tiene al realizarla y qué procesos le permiten regular las acciones que realiza.

Al plantear expresiones como: *...quedan algunos huecos en su explicación pero... y que ...es importante el concepto del que habla Ana...es muy acertado este*

aspecto, puede identificar la respuesta como completa o incompleta. Sobre estos aspectos metaconceptuales llega a proponer determinado orden o estructura para responder la pregunta planteada: *Primero habría de haber empezado aclarando... y*

después haber hablado de... Es importante reconocer además que Marta **valora positivamente** el nuevo aporte de Ana en cuanto a la quema de nutrientes, lo cual significa cierta capacidad para evaluar constructivamente el texto que analiza. En otras palabras hablar de la importancia de la presencia de ciertos conceptos para lograr una mejor explicación, hablar de la estructura de la explicación en sí y, de cuándo la explicación puede verse como completa o no, puede ser importante dentro del proceso de aprendizaje. Marta muestra **dificultades para criticar sus propios textos**, lo cual puede ser consecuencia de la **confianza que tiene en sus propios conceptos**, en los **procedimientos** que sigue y en los **resultados** que obtiene. Lo anterior nos lleva a pensar en un empleo de la crítica de manera diferenciada frente al análisis de los textos.

Acerca de la regulación

Marta da mayor importancia a la acción de *pensar* ya sea sobre las causas, las consecuencias o sobre los procesos que influyen en la pregunta que analiza. La secuencia general que plantea puede resumirse como: identificar la pregunta-pensar-relacionar-redactar. Las etapas descritas definen **pasos muy generales en la ejecución de un plan** para resolver los ejercicios. Al parecer no tiene conciencia sobre aspectos más finos del procedimiento que utiliza para dar la respuesta a los ejercicios. Dentro de estos aspectos, a manera de ilustración, podemos mencionar que la lectura de un enunciado con atención puede significar, entre otros aspectos, aplicar diferentes técnicas para la comprensión del texto leído, realizar ciertos procesos de regulación y control de la comprensión de las ideas centrales del texto, identificar las ideas principales sobre las cuales debe realizarse la respuesta, hacer un juicio acerca de las posibilidades para afrontar las preguntas planteadas, etc.

De igual manera, las etapas de *relacionar conceptos* y *redactar las conclusiones* tienen a su interior ciertos pasos sobre los cuales parece no tener conocimiento. Al parecer se enfrenta a la escritura de la respuesta centrándose en las relaciones que antes ha establecido. El paso entre el establecimiento de relaciones y la escritura de las conclusiones se da de manera directa, sin requerir algún tipo de estrategia o mecanismo que le permita enfrentarse de manera más estructurada a la redacción final.

*Relacionar lo aprendido hasta el momento mediante la interpretación.
Saber cómo reacciona nuestro organismo en situaciones semejantes.
Averiguar si aplicamos correctamente los conceptos que teóricamente sabemos y hemos estudiado.*

Marta parece **no ser consciente de la finalidad** general de la actividad que está realizando, (ver recuadro). En algunos casos hace referencia a aspectos conceptuales, mientras en otros se refiere a ciertos procesos del pensamiento.

Puede identificar la finalidad de ciertas actividades realizadas en clase y de reconocer algunas características de su proceso de aprendizaje como son la lentitud en la escritura y en la realización de diferentes trabajos y actividades. Muestra apertura en función de sus posibilidades y limitaciones frente a lo que está estudiando; al plantear que *...últimamente empiezo a no entender nada y a tener las cosas cada vez más liadas..* y que *... en estos momentos empiezo a pensar si de verdad lo que yo sabía es correcto...*, acepta que en algunos momentos le da más dificultad aprender ciertos temas y además considera la posibilidad de dudar de lo que sabe en el momento.

Motivaciones de Marta

...Sería incapaz de ir a un examen sin estar preparada, por lo que nunca lo hago... considero que las preguntas en clase ... pueden servir para aclarar conceptos y aprender más.

... encuentro muy interesantes las clases de ciencias (aunque a veces sean algo complicadas). Si hago bachillerato es por que me gusta y porque lo considero necesario. Creo que es necesario hacer aquello que gusta, aunque te cueste para superarse uno mismo.

.... Soy muy lenta a la hora de escribir y realizar trabajos y actividades, pero esto no suele impedir que llegue a mis objetivos. En clase me gusta realizar trabajos en grupo y actividades generales, pero cuando se trata de estudiar prefiero hacerlo sola...

Se identifica más con una estudiante “**concienzuda**” y menos con una “**buscadora de éxito**” (Bacas y Martín-Díaz, 1992). Considera que **progresa en forma adecuada** en el curso de Biología. Y se destacan sus **motivaciones intrínsecas** frente a las diferentes actividades de la clase y frente a su bachillerato. Muestra confianza en sus procesos de aprendizaje y en sus resultados, (ver anexo). La valoración de sus propios procesos de pensamiento en conjunto con la conciencia que tiene acerca de ellos son importantes en la medida en que permiten integrar aspectos motivacionales con aspectos metacognitivos lo cual nos puede ayudar a una mejor comprensión de su desempeño frente al aprendizaje de las ciencias.

5. 2. 5. 5. Aspectos profundos y superficiales de las ideas de Marta

El análisis de los diferentes textos escritos nos permite, al menos teóricamente, constituir un modelo que en principio nos podría ayudar a comprender diferentes formas de actuación. Algunas de las características centrales encontradas en sus conceptualizaciones son: seguridad frente a su conocimiento, uso de discursos descriptivos donde las relaciones de certeza y lugar son las más importantes, facilidad para distanciarse de los textos de los compañeros, dificultad para realizar críticas a sus propios textos, confianza en sus propios procesos de pensamiento y en la regulación de sus actuaciones, autoevaluación positiva frente a su proceso de aprendizaje y actitud positiva frente al aprendizaje de las ciencias.

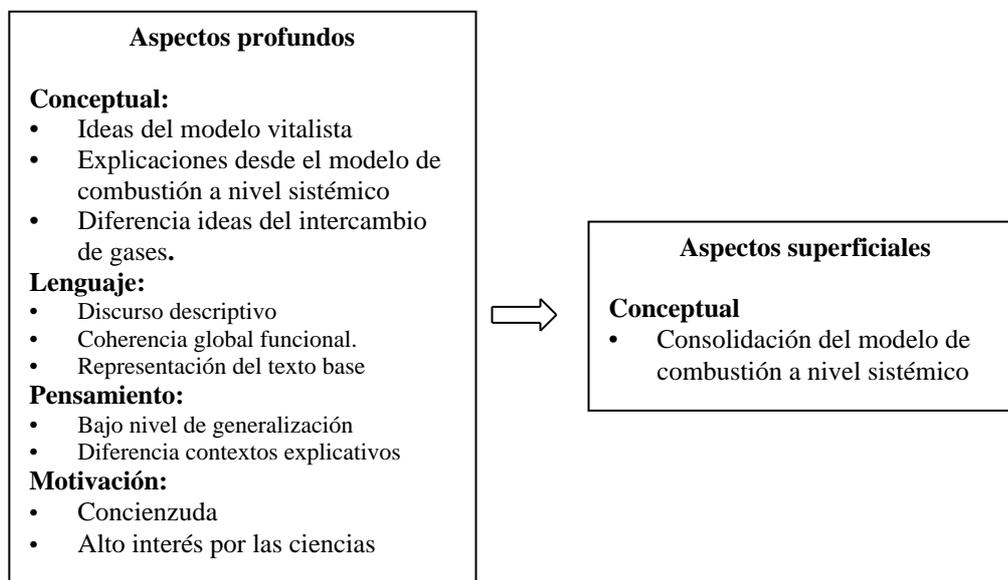


Figura 5. 19: Algunos aspectos profundos y superficiales de la estructura conceptual de la estudiante

5. 2. 6. Posibles inter-relaciones entre las tres categorías estudiadas.

Presentamos inicialmente una caracterización general de posibles interrelaciones entre las diferentes categorías analizadas. El propósito de este primer acercamiento comprensivo integral es el de ubicar el contexto multidimensional en el que se da la experiencia de aprendizaje, a partir del cual nos referiremos de manera más específica al proceso de evolución conceptual mostrado por la estudiante durante los dos cursos académicos.

El análisis de los diferentes textos escritos por Marta nos permiten, al menos teóricamente, constituir un modelo que en principio nos ayude a comprender diferentes formas en las cuales ella actúa. Algunas de las características centrales encontradas en sus conceptualizaciones son: **seguridad** frente a su conocimiento, uso de **discursos descriptivos** donde las relaciones de certeza y lugar son las más importantes, **facilidad para distanciarse** de los textos de los compañeros, **dificultad para realizar críticas** a sus propios textos, **confianza** en sus procesos de pensamiento y en la **regulación** de sus actuaciones, **autoevaluación positiva** frente a su proceso de aprendizaje y **actitud positiva** frente al aprendizaje de las ciencias.

Marta muestra cierta facilidad para realizar críticas, correcciones y valoraciones a los textos de sus compañeros, mientras que frente a sus propios textos suele conservar sus ideas iniciales. De igual manera suele estar de acuerdo con lo escrito frente a lo cual hace algunos aportes y/o precisiones. Lo anterior nos lleva a pensar en una **capacidad de crítica diferenciada** frente al análisis de los textos, la cual podría estar relacionada con la confianza que tiene la estudiante en sus propios conceptos, en los procedimientos que sigue y en los resultados que obtiene. Al parecer, la confianza que tiene en sus habilidades metacognitivas la hace “sensible” frente a los textos de los compañeros e “insensible” frente a sus propias conceptualizaciones. La posibilidad que muestra Marta de “tomar distancia” de los textos de sus compañeros parece ser un rasgo característico de su actuar metacognitivo. Este distanciamiento la lleva a **complementar, corregir y valorar los textos de los compañeros**. Al tener confianza en los conceptos que conoce, en los procesos que realiza al resolver un ejercicio, al valorar positivamente sus procesos de pensamiento y su desempeño como estudiante, está de alguna manera enmarcando su actuar metacognitivo.

Marta para distanciarse de los textos que analiza requiere tener de alguna manera **conciencia** acerca de cuándo el texto no coincide con sus ideas, sean éstas científicas o no. Requiere saber cuándo toma distancia del texto que analiza y realizarle la crítica correspondiente. 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.

La **estabilidad** de las ideas generalizadas al parecer le dificulta la integración de los nuevos conceptos estudiados en la clase. En sus primeras conceptualizaciones Marta mezcla ideas de diferentes modelos para explicar fenómenos relacionados con la respiración, lo cual continua apareciendo en sus textos finales después del estudio de la unidad didáctica “metabolismo”. Estas ideas generalizadas le permiten realizar las críticas a los textos de sus compañeros y a su vez pueden ser la causa de su dificultad para identificar errores en sus propias conceptualizaciones.

Cuando lee un texto para realizar la crítica, la representación que se hace del texto es el resultado de un proceso constructivo en el que interactúan tanto la información proporcionada por éste como sus conocimientos previos, lográndose así una interpretación del significado global del texto. En este sentido estamos planteando cierto **proceso estratégico** seguido con el propósito de seleccionar las ideas más importantes del texto analizado y con base en ellas elaborar su propia crítica. En otras palabras, en la comprensión del discurso de sus compañeros, construye una representación mental del significado de éste, cuyo resultado final consiste

básicamente en un modelo explicativo construido interactivamente entre lo que sabe la estudiante y lo que aparece en el texto.

Para poder identificar en un texto sus ideas centrales, sobre las cuales está organizado el discurso, y tomarlas como base para la elaboración de uno nuevo requiere haber desarrollado ciertas habilidades cognitivolingüísticas. Esto supone tener cierta capacidad para identificar las ideas centrales del texto que analiza, haber logrado identificar su macroestructura, a partir de la cual realiza las críticas correspondientes. Marta tiene la posibilidad de hacer críticas a los textos de sus compañeros, puede distanciarse de ellos, lo que nos permite afirmar que puede **aprehender la coherencia global** del texto.

La evolución conceptual observada destaca la **consolidación del modelo de combustión** al cual integra ideas vitalistas. Se observa asimismo el mantenimiento del modelo de intercambio de gases y el uso del modelo de combustión a nivel sistémico para explicar aspectos moleculares. Lo anterior nos permite afirmar que el proceso de **evolución conceptual** se da preferentemente al **interior de los diferentes modelos explicativos** y no como el paso de un modelo a otro.

En la figura 5.20 integramos las categorías de análisis cognitivo-lingüístico y metacognición-motivación en la comprensión de la evolución conceptual de la estudiante. En el centro se representa la evolución conceptual durante los dos cursos académicos y en torno a esta categoría se muestran las principales características de las otras dos categorías analizadas.

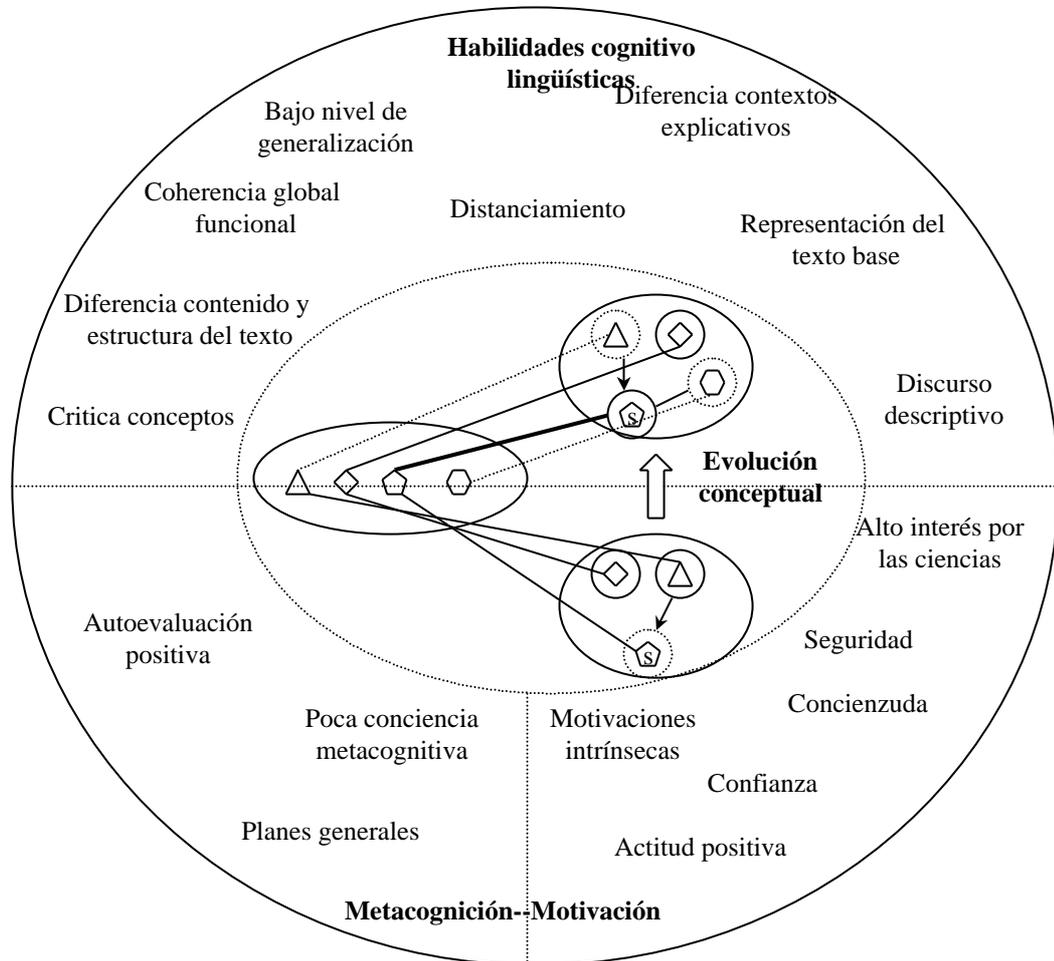


Figura 5. 20: Evolución conceptual desde la perspectiva multidimensional en Marta. En el centro se destaca la evolución conceptual observada en la estudiante. En la periferia se describen las características de las dimensiones cognitivo-lingüística y metacognitiva y motivacional.

5. 3. Análisis y discusión de las conceptualizaciones de Lorena

5. 3. 1. Análisis conceptual, Fase 1: Concepciones de Lorena sobre la respiración.

Para el análisis de las concepciones de Lorena acerca de la respiración tendremos en cuenta las siguientes tópicos: la *ubicación*, la *función*, y el *proceso* asignado a la respiración así como las posibles *relaciones* con otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal. A continuación nos referiremos a cada una de ellos.

Ubicación del proceso de la respiración:

En los diferentes textos escritos por Lorena encontramos que la estudiante puede referirse a la respiración como a un proceso sucedido tanto a nivel del organismo como a nivel celular. Con el texto presentado a continuación ilustramos lo anterior:

- 1) *La respiración...tiene dos procesos: Inspiración (proceso en el que se absorbe oxígeno de exterior) y expiración (proceso en el que se desprende CO₂). Por lo tanto es un intercambio de gases. ... El recorrido que hace el oxígeno ... Baja por la tráquea, hasta llegar a los pulmones allí se produce una reacción de la que se desprende CO₂ (que será desprendido en la expiración). El oxígeno llega a la sangre, más concretamente a los glóbulos rojos que se encargan de transportarlo hacia todo el cuerpo. Cuando llega a una célula se produce la respiración celular...*
- 2) *... en la respiración celular se utiliza el oxígeno (a parte de nutrientes) para liberar CO₂ y agua .*
- 3) *...el oxígeno es transportado por los glóbulos rojos a través de la sangre hasta las células y que estas lo utilizan para obtener energía y para hacer trabajar al organismo.*

Los textos anteriores nos muestran que Lorena diferencia entre dos clases de respiración: la que sucede a nivel sistémico en este lo importante es el intercambio de gases y, la celular, cuya función es la producción de energía. Los textos anteriores nos sugieren la entrada del oxígeno a las células como el hecho central que diferencia estos dos tipos de respiración. Al ubicar el proceso a nivel celular no hace referencia a diferentes organelas o estructuras celulares que participen en mencionado proceso.

Funciones asignadas a la respiración:

Lorena considera que la principal función de la respiración es la producción de energía, la cual se puede obtener a partir de los nutrientes y del oxígeno. En cuanto a la producción de energía Lorena afirma que:

- 4) *No estoy muy segura de que sea el oxígeno el que obtenga energía para el corazón sino que tiene que haber una reacción previa para que se pueda desprender energía...*
- 5) *...la principal función [de la respiración] es generar energía aunque para ello necesita oxígeno y libera dióxido de carbono.*
- 6) *...la respiración celular se efectúa para producir energía y necesita la respiración (oxígeno) para poder efectuarla...*
- 7) *...cuando se acaba toda la energía que puede producir con el oxígeno que hay dentro de la campana, muere.*

En las afirmaciones anteriores encontramos que Lorena parece aceptar que a partir del oxígeno se obtiene energía, no obstante la duda mostrada en 4. Explicar la producción de energía asociada a la respiración exige conocimiento más detallado acerca de los aspectos moleculares de este proceso. Requiere hacer referencia a la obtención de moléculas ricas en energía y a la continua hidrólisis y formación de enlaces macroérgicos. Como queda claro en las explicaciones de Lorena no se hace ninguna referencia a algunos de los aspectos antes señalados, lo cual nos lleva a pensar que las explicaciones que ella da a los fenómenos relacionados con la respiración están, al parecer, más cercanos al ámbito del sentido común.

Dentro de las diferentes funciones asignadas por Lorena al oxígeno destacamos las siguientes:

- 8) *...la principal función [de la respiración] es generar energía aunque para ello necesita oxígeno y libera dióxido de carbono.*
- 9) *...la respiración celular se efectúa para producir energía y necesita la respiración (oxígeno) para poder efectuarla...*
- 10) *...sin oxígeno no se puede combustir (sic) ni se puede efectuar la respiración.*
- 11) *...ambos necesitan el oxígeno para vivir (el ratón), para continuar encendida (vela) ya que en los dos procesos el oxígeno se combuste (sic).*
- 12) *...en la respiración celular se utiliza el oxígeno (a parte de nutrientes) para liberar CO₂ y agua .*
- 13) *...con que los árboles ...producen oxígeno que nosotros aprovechamos para respirar y ... utilizan CO₂ para transformarlo en oxígeno*
- 14) *... la respiración es un intercambio de O₂ por CO₂.*

En 8 y 9 se asigna al oxígeno una función general e imprecisa. Se considera que el oxígeno es *necesario* para la respiración, sin llegar a especificar cuales son sus posibles funciones. En 10 y 11 la función dada al oxígeno esta más relacionada con la producción de energía, bien sea porque se necesite para la combustión (10), o

porque sea el oxígeno la sustancia que *se combuste* (11). En 12 se relaciona el gasto del oxígeno con la producción de CO₂ y de agua. Como parece claro en las afirmaciones anteriores, Lorena asigna diferentes funciones al oxígeno en la respiración tales como: es necesario para la producción de energía, a partir del oxígeno se produce energía y a partir del oxígeno se obtienen otras sustancias como agua y dióxido de carbono. En 13 y 14 se enfatiza en la transformación o intercambio entre el dióxido de carbono y el oxígeno.

Lorena relaciona la respiración con un proceso de combustión que sucede a nivel celular en el que intervienen el oxígeno y los nutrientes. En 9 observamos una explicación coherente que reconoce el transporte de oxígeno hasta las células y su utilización para la obtención de energía. Aunque en esta afirmación no especifica la utilización que la célula da al oxígeno, en 10, 11 y 12 parece afirmar que se produce la combustión tanto de los nutrientes como del oxígeno (10), sólo del oxígeno (11), o que el oxígeno es necesario para mencionada combustión (12).

Desde el campo de la bioquímica se acepta actualmente que el dióxido de carbono se produce mediante descarboxilaciones sucedidas a nivel del ciclo de Krebs. Se comparte de igual manera que la producción de oxígeno por parte de las plantas no está asociada directamente con su transformación en dióxido de carbono. Tanto a nivel de la respiración celular como de la fotosíntesis, el oxígeno se relaciona directamente con la producción de agua y con la utilización de ésta respectivamente. En la afirmación 12 Lorena hace referencia a que en la respiración se libera agua. Si bien encontramos que esta afirmación es coherente con los conocimientos actuales, parece estar planteada en términos generales, sin hacer referencia a los aspectos moleculares que permiten explicar cual es el origen del agua en el proceso de la respiración.

Proceso de la respiración:

Lorena considera el proceso de la respiración en un doble sentido: como intercambio de gases y como una combustión.

- 15) *...en la respiración hay dos procesos la inspiración (proceso en el que "cogemos" oxígeno) y la expiración (proceso en el que liberamos CO₂).*
- 16) *... la respiración es un intercambio de O₂ por CO₂.*
- 17) *...el oxígeno llega a las células a través de la sangre (más correctamente de los glóbulos rojos).*
- 18) *... ambos necesitan el oxígeno para vivir (el ratón), para continuar encendida (vela) ya que en los dos procesos el oxígeno se combuste.*
- 19) *...se utiliza oxígeno para producir una reacción que desprende energía, CO₂ y agua.*

- 20) *...respiración celular proceso en el que utilizan nutrientes y oxígeno por combustión y producen la energía necesaria...*
- 21) *...Osea yo añadiría que el oxígeno es transportado por los glóbulos rojos a través de la sangre hasta las células y que estas lo utilizan para obtener energía y para hacer trabajar al organismo.*

Para la estudiante el proceso que permite la liberación de la energía a nivel celular es una combustión, proceso en el que se utilizan los nutrientes y el oxígeno (20). Inicialmente parece claro que la estudiante considera que en las células los nutrientes entran en combustión para producir energía y que esta combustión necesita oxígeno. Sin embargo, como vemos en la siguiente afirmación se asigna al oxígeno la función de suministrar energía al organismo

- 22) *[ratón dentro de la campana se muere] porque se ha acabado el oxígeno y no puede respirar, ni producir energía, cuando se acaba toda la energía que puede producir con el oxígeno que hay dentro de la campana, muere.*

La confusión mostrada por Lorena acerca de la sustancia que entra en combustión y de la función del oxígeno nos permite afirmar que la estudiante no ha logrado un nivel de abstracción alto acerca de estas ideas centrales. La ausencia de un núcleo generalizado de ideas esenciales la lleva a considerar de una parte que el oxígeno entre en combustión o que sea necesario para la combustión y, de otra, que tanto los nutrientes como el oxígeno entren en combustión.

Relaciones de la respiración con otros procesos.

Establece relaciones entre los procesos de nutrición, esfuerzo físico y respiración, como es evidente en el siguiente texto:

- 23) *....al hacer ejercicio los músculos necesitan oxígeno para poder ejercitarse. Como al hacer ejercicio los músculos están en movimiento y necesitan energía efectúan la respiración celular proceso en el que utilizan nutrientes y oxígeno por combustión y producen la energía necesaria para poder continuar el ejercicio. En cambio cuando no hacemos ejercicio no es necesaria tanta cantidad de oxígeno en nuestro organismo. ...la respiración celular se puede efectuar gracias a la combustión de los nutrientes por lo tanto hay una relación entre la nutrición y la respiración.*
- 24) *Añadiría que la energía que se desprende de la reacción la utilizan después músculos...etc.*
- 25) *...[al no respirar] no puede liberar energía y por lo tanto no libera calor.*
- 26) *...Como todo va relacionado si hacemos una actividad que nos suponga más esfuerzo, nuestras células necesitan más energía y por lo tanto más oxígeno y más sangre. Esta necesidad de oxígeno nos hará aumentar la respiración y el ritmo cardíaco.*

Lorena al escribir en 23 que *al hacer ejercicio los músculos necesitan oxígeno para poder ejercitarse...* parece referirse a que el oxígeno es la fuente de energía para el movimiento. De hecho, en esta afirmación desconoce la posibilidad de realizar ejercicios anaeróbicos, lo cual la llevaría a reconocer funciones diferentes para el oxígeno. Reconoce posibles relaciones entre el ejercicio y el consumo de oxígeno, sin embargo no especifica cual es la función de éste elemento dentro del proceso de la respiración y su relación con el ejercicio. Observamos asimismo el planteamiento de relaciones generales, afirmaciones 24 y 25, entre la producción de energía en la respiración y su utilización para el ejercicio y para el mantenimiento de la temperatura corporal.

El análisis anterior nos muestra una gama amplia de ideas con la cual esta de acuerdo Lorena. Considera la respiración como intercambio de gases bien sea a nivel sistémico o celular. Reconoce además que la respiración es una combustión que sucede a nivel celular. Sus principales aportes se centran en el proceso de transporte de oxígeno a través del sistema respiratorio hasta su llegada a las células. Los anteriores aspectos nos llevan a pensar en que la estudiante reconoce al menos dos sentidos para el concepto de respiración: el referido al intercambio de gases asociado a conocimiento de sentido común y el relacionado con un proceso de combustión.

En sus textos, Lorena se refiere tanto al proceso de transporte de gases como a la producción de energía a nivel celular mediante un proceso de combustión sin llegar a precisar la función del oxígeno dentro de este proceso. Haber logrado generalizar el proceso de la respiración en dos ideas pertenecientes a modelos explicativos diferentes, le permite realizar aportes y críticas a los textos de sus compañeros desde estas dos perspectivas explicativas. Como consecuencia, Lorena está de acuerdo con los textos que se refieren a la respiración como proceso relacionado únicamente con el transporte de gases y a su vez comparte las ideas de quienes piensan la respiración como una combustión. En este caso podemos decir que el proceso de generalización logrado por Lorena le permite referirse a la respiración desde una perspectiva más cercana al sentido común y a su vez le posibilita explicar la respiración como una combustión.

Haber logrado un nivel de generalización en el cual no se encuentra un único conjunto de ideas coherentes y consistentes en las explicaciones podría, al parecer, facilitarle el desempeño en diferentes contextos. Lorena considera la respiración en términos generales como un proceso de intercambio de gases y en términos más específicos como una combustión, lo cual le permite desplazarse entre los distintos conjuntos generalizados de ideas. Es decir, considera la respiración desde una doble perspectiva lo cual le puede facilitar referirse a aspectos relacionados con el intercambio de gases y con la obtención de energía mediante la combustión, lo que es confirmado con las críticas realizadas a los textos de sus compañeros las cuales son consistentes con los dos grupos principales de ideas generalizadas.

Análisis Conceptual, Fase 2.

La información que se analiza en la fase 2 del análisis conceptual fue recogida durante el estudio de la unidad didáctica *metabolismo*. El objetivo central de este análisis es el de confirmar la presencia de ciertas concepciones sobre la respiración, así como evaluar su estabilidad y su posible cambio a través del estudio de la unidad. De igual manera pretendemos establecer posibles relaciones entre los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos conocimientos enseñados.

Las preguntas 4.1 y 4.2, (ver tabla 5.17), exploran las ideas de Lorena acerca de la relación entre metabolismo-nutrición y consumo de oxígeno. En la respuesta 4.1 la estudiante se refiere específicamente a la cantidad de bacterias aeróbicas o anaeróbicas presentes en los tubos de ensayo, sin llegar a hacer referencia a las ventajas metabólicas que tienen los organismos aeróbicos frente a los anaeróbicos. En otras palabras, Lorena parece ser consciente de la importancia del oxígeno para el crecimiento sin llegar a explicarlo en forma detallada.

Tabla 5. 17: Respuestas de Lorena al cuestionario 4: crecimiento bacteriano en el que se buscan posibles relaciones entre respiración y metabolismo (nutrición).

Pregunta	Respuesta
4.1. En un experimento que se realizó en el laboratorio sobre crecimiento de bacterias en presencia y en ausencia de aire se obtuvo la siguiente gráfica ¿Por qué crees que el crecimiento bacteriano fue mayor en presencia de aire?	<i>Creo que es debido a la existencia de oxígeno. Creo que hay más bacterias aeróbicas que anaerobias, es decir hay bacterias que sin aire no pueden vivir.</i>
4.2. ¿Cómo crees que va cambiando la concentración de glucosa en cada tubo de ensayo?	<i>Las bacterias utilizan la glucosa como fuente de energía, si hay más bacterias necesitan más glucosa y por lo tanto disminuirá. Por otra parte en los tubos que haya más (glucosa) podía haber más crecimiento.</i>
4.3. El dióxido de carbono fue uno de los gases liberado por las bacterias, cómo crees que se formó este gas?	<i>Este gas se formó con la reacción de O₂ y glucosa en el el proceso de combustión de ésta. Las bacterias gracias al oxígeno pueden quemar la glucosa y obtener energía y desprenden CO₂.</i>
4.4. Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?	<i>En los tubos con mayor crecimiento bacteriano se desprende más energía porque continuamente se está haciendo la respiración celular. En la combustión de glucosa se desprende energía y ésta es la que se transforma en calor si no se utiliza.</i>

Acerca del cambio en la concentración de glucosa, Lorena explica el mayor crecimiento bacteriano sin tener en cuenta el consumo de oxígeno asociado al gasto de glucosa. Al parecer no considera la interrelación entre el gasto de glucosa y el gasto de oxígeno en los organismos aeróbicos. En síntesis, explica en forma adecuada que la fuente de energía necesaria para el crecimiento es suministrada por la glucosa sin llegar a establecer posibles relaciones entre el crecimiento bacteriano y la demanda de oxígeno. Podríamos en este caso plantear que considera el crecimiento bacteriano como un fenómeno unicausal, en el que no se ha logrado una visión sistémica que permite interrelacionar diferentes causas que expliquen la interdependencia entre la respiración y el crecimiento bacteriano.

En cuanto a la formación del CO₂ Lorena considera que este gas se originó por la reacción entre la glucosa y el oxígeno. Considera que el proceso es una combustión en la cual al quemarse la glucosa, gracias al oxígeno, se produce el dióxido de carbono. Como es evidente en su respuesta, cree que el proceso que permite liberar la energía contenida en los nutrientes es una combustión, en la cual parte de la energía liberada es la causa del incremento en la temperatura en aquellos tubos en los que había mayor cantidad de bacterias (ver tabla 5.17).

En un análisis más detallado sobre la relación entre la respiración y la temperatura corporal encontramos que Lorena considera que tanto durante la respiración como en el movimiento realizado por un organismo (ratón), se produce calor. Este doble origen del calor lo encontramos en las respuestas 5.1, 5.2 y 5.4 (ver tabla 5.18). Nos llama la atención que considere al movimiento como una de las causas del incremento de la temperatura; si bien esto es actualmente aceptado tanto desde la física como desde la bioquímica, es importante señalar que la explicación dada por Lorena adolece de razones que permitan soportar su respuesta. En tal sentido, parece estar empleando ideas del sentido común para tratar de explicar el fenómeno observado. Lorena no considera la respiración como la principal causa del incremento de la temperatura. Lo anterior requeriría hacer referencia a aspectos moleculares desde los cuales sería posible dar una respuesta coherente y aceptada desde la perspectiva actual de la bioquímica.

Tabla 5. 18: Respuestas de Lorena al cuestionario 5: calorímetro. Posibles relaciones entre respiración y los cambios en la temperatura.

Pregunta	Respuesta
5.1. ¿Cómo puedes explicar el incremento observado en la temperatura?	<i>Como el ratón está dentro del recipiente y respira y se mueve dentro de él. El movimiento y la respiración producen una energía calorífica que es la causante del aumento del calor.</i>
5.2. ¿Cuál crees que sea la temperatura máxima que puede alcanzar el agua y por qué?	<i>La temperatura máxima que puede alcanzar el agua dependerá del ratón y de lo que se mueva o respire</i>
5.4 Explica a brevemente la	<i>Creo que primero habrá un incremento de calor y a</i>

gráfica que has realizado	<i>medida que el ratón se debilita se irá desprendiendo menos calor.</i>
---------------------------	--

A continuación presentamos un análisis más detallado del consumo de oxígeno y su relación con la actividad física, para ello utilizamos las respuestas dadas al cuestionario 7 (ver tabla 5. 19). La respuesta 7.1 destaca la relación, discutida anteriormente, entre el movimiento y la temperatura corporal. En las respuestas 7.3 y 7.4 Lorena considera que al realizar una actividad física hay mayor gasto de energía, la cual se obtiene mediante una combustión en la que se queman los nutrientes. Muestra inseguridad en cuanto a que la energía se obtenga a partir de los hidratos de carbono y además duda que esta energía se obtenga solo a partir del oxígeno.

El análisis de los cuestionarios 4, 5 y 7 nos permite llegar a las siguientes conclusiones de las ideas de Lorena:

1. Considera que el proceso que permite obtener energía es una combustión en la cual se quema glucosa y se obtiene CO₂.
2. Piensa que el CO₂ se forma por la reacción entre la glucosa y el oxígeno.

Tabla 5. 19: Respuestas de Lorena al cuestionario 7 que exploran el consumo de O₂ por el colibrí y su relación con la actividad física.

Pregunta	Respuesta
7.1. El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.	Esta de acuerdo con: <i>Estoy de acuerdo que al hacer ejercicio el cuerpo del colibrí puede aumentar la temperatura.</i> Esta en desacuerdo con: <i>No creo que el aumento de temperatura corporal sea el causante del aumento de consumo de oxígeno.</i>
7.2. Creo que la gráfica es errónea. No creo que haya una diferencia tan importante en el consumo de oxígeno cuando el colibrí vuela y cuando esta en reposo. Cuando el colibrí vuela debe consumir casi la misma cantidad de oxígeno que cuando esta en reposo.	Esta de acuerdo con: <i>Creo que no puede haber tanta diferencia entre el reposo y cuando vuela.</i> Esta en desacuerdo con: <i>Creo que consume más oxígeno cuando vuela ya que hace más ejercicio.</i>
7.3. El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.	Esta de acuerdo con: <i>El colibrí necesita más energía cuando vuela y ésta se obtiene de la combustión realizada dentro de su organismo.</i> Esta en desacuerdo con: <i>No estoy segura de que se gasten hidratos de carbono y que estos se tomen de las plantas.</i>

<p>7.4. Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.</p>	<p>Esta de acuerdo con: <i>Creo que Marta tiene razón con que el colibrí consume el oxígeno que necesita y que este oxígeno se utiliza para diferentes funciones.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con: <i>No estoy segura que produzca energía solamente con el oxígeno del aire, creo que en el interior se produce una reacción de combustión en la que se queman nutrientes. Es de esta combustión de la que se obtiene energía.</i></p>
---	---

- No da explicaciones a nivel molecular de los diferentes fenómenos estudiados ni de las posibles relaciones entre distintos procesos. A su vez, es frecuente encontrar explicaciones desde una perspectiva de sentido común (respiración-temperatura, movimiento-temperatura).
- Explica los fenómenos desde una perspectiva unicausal; al parecer le da dificultad relacionar dos o más variables al explicar un fenómeno.

Análisis conceptual, Fase 3.

A continuación realizamos el análisis conceptual de las respuestas de Lorena al cuestionario 8, en el cual se propone al estudiante que discuta las respuestas que dio a diferentes preguntas en el curso anterior. Las respuestas finales se recogieron después de dos semanas de haber terminado el estudio de la unidad Metabolismo. Este análisis es importante para determinar cuales aspectos son los más estables y/o dinámicos de la estructura conceptual de los estudiantes. Sirve además como referencia para establecer posibles transformaciones conceptuales en el campo de estudio.

Tabla 5. 20: Respuestas de Lorena al cuestionario n° 8. Posibles cambios conceptuales sobre la respiración

Pregunta	Respuesta inicial	Respuesta final
<p>8.1. No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición</p>	<p><i>Desacuerdo. La respiración celular se puede efectuar gracias a la combustión de los nutrientes por lo tanto hay una relación entre la nutrición y la respiración</i></p>	<p>Estoy de acuerdo con: <i>La relación que puse el año pasado. Si para efectuar la respiración celular es necesaria la combustión de nutrientes será necesario tener nutrientes (mediante la nutrición).</i></p> <p>Estoy en desacuerdo con: <i>Añadiría que también es necesario el oxígeno.</i></p>
<p>8.2. La respiración es semejante a la combustión?</p>	<p><i>Acuerdo. Es comparable a la llama de una vela o una cerilla. Sin oxígeno no se puede combustir ni se puede efectuar la respiración.</i></p>	<p>Estoy de acuerdo con: <i>Que para ambas reacciones es necesario el oxígeno</i></p> <p>Estoy en desacuerdo con: <i>Añadiría que para la respiración celular es necesaria una combustión de nutrientes.</i></p>

<p>8.3. Un animal cuando se muere se enfría?</p>	<p><i>Acuerdo. Sus organismos ya no hacen funciones, no necesita energía. Como no respira no puede liberar energía y por lo tanto no libera calor.</i></p>	<p>Estoy de acuerdo con: <i>Que cuando el organismo ya no hace sus funciones no necesita ni desprende energía y por lo tanto no desprende calor.</i></p> <p>Estoy en desacuerdo con: <i>Tal vez entre que se muere y se enfría pasa un tiempo ya que tiene que haber un tiempo para que se acabe de desprender toda la energía acumulada.</i></p>
<p>8.4. Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.</p>	<p><i>Desacuerdo. El oxígeno ayuda a que se produzca la energía que necesitamos para nuestras funciones.</i></p>	<p>Estoy de acuerdo con: <i>Que el oxígeno ayuda a que se realicen las reacciones de combustión necesarias para la producción de energía necesaria para nuestras funciones.</i></p> <p>Estoy en desacuerdo con: Espacio en blanco.</p>
<p>8.5. Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?</p>	<p><i>Acuerdo. En la respiración celular se utiliza el oxígeno (aparte de nutrientes) para liberar CO₂ (y agua).</i></p>	<p>Estoy de acuerdo con: <i>Que en la respiración celular de la combustión de los nutrientes (con O₂) se desprende CO₂, agua.</i></p> <p>Estoy en desacuerdo con: <i>y añadiría energía.</i></p>

En la pregunta 8.1 Lorena mantiene la relación entre la respiración y la nutrición. Tanto en su respuesta inicial como en la final plantea que la combustión de los nutrientes es necesaria para la respiración. Observamos en este caso cierta diferenciación entre combustión y respiración; sugiere cierta secuencia entre estos dos procesos en la cual primero se da la combustión de los nutrientes y posteriormente la respiración. En la respuesta final menciona la importancia del oxígeno sin llegar a especificar cuales son algunas de sus funciones. En síntesis, observamos, en primer lugar, poca diferenciación entre los conceptos de respiración y combustión y, en segundo lugar, confusión a nivel del proceso general de la respiración.

Sobre la pregunta 8.2 Lorena conserva la idea de la importancia del oxígeno para la combustión y para la respiración. Reconoce que en estos dos procesos o reacciones se necesita este elemento. En su respuesta final menciona, en el mismo sentido de la respuesta 8.1, que para que se realice la combustión celular es necesaria la combustión de nutrientes. Las respuestas 8.1 y 8.2 nos muestran que emplea las mismas ideas en sus explicaciones iniciales y finales. Al parecer, el impacto que sobre sus ideas iniciales tuvo el estudio de la unidad metabolismo no le ha facilitado la elaboración de explicaciones desde una perspectiva molecular. De otra parte destacamos la gran estabilidad de las ideas expresadas en el curso anterior, las cuales después de dos cursos académicos permanecen prácticamente sin modificación alguna.

Lorena mantiene la idea que el oxígeno ayuda a producir la energía o a que se realicen las reacciones de combustión que liberan energía. En este caso encontramos que se mantiene poco definida la función del oxígeno en el proceso que lleva a la

liberación de energía. Una de las posibles causas de la poca especificidad en la función asignada al oxígeno puede ser el hecho de no explicar el proceso a nivel celular, en el que se ubique al oxígeno como el aceptor de los hidrogeniones producidos principalmente a nivel del ciclo de Krebs.

En la respuesta final a la pregunta 8.4 Lorena mantiene la idea que las reacciones de combustión de los nutrientes son necesarias para la producción de energía. Encontramos una estrecha relación entre este enunciado y las respuestas 8.1 y 8.2 (ver tabla 5. 20). en las cuales se plantea que la combustión es necesaria para que se de la respiración. En los dos casos mencionados se sugiere un orden causal: la respiración (celular) es consecuencia de la combustión de nutrientes. En la respuesta 8.5 Lorena mantiene la idea expresada en el curso anterior. Considera que con el oxígeno utilizado en la combustión o en la respiración celular se produce dióxido de carbono.

Conclusiones sobre el análisis conceptual:

A continuación mostramos los aspectos centrales de las conceptualizaciones de Lorena durante los dos años de la recolección de la información, (ver tabla 5. 21).

El análisis conceptual realizado en las fases 1, 2 y 3 nos permite concluir que Lorena:

1. Se refiere al proceso de la respiración principalmente en los modelos de la combustión y del intercambio de gases.
2. Reconoce que la respiración se relaciona con el ejercicio, con el mantenimiento de la temperatura corporal y con la nutrición. Las explicaciones propuestas para estas relaciones son de carácter general.
3. Otorga diferentes funciones al oxígeno. Considera que a partir de él se obtiene energía y a su vez dióxido de carbono y agua. Frente a la función del oxígeno en las fases 2 y 3 mantiene la idea de que a partir del oxígeno se obtienen otras sustancias pero no energía, lo cual nos puede indicar cierto cambio conceptual en el que se dejan de emplear concepciones vitalistas para la explicación de la respiración.

Tabla 5. 21: Principales ideas de Lorena durante los dos cursos académicos.

Información inicial. Cuestionarios 1 y 3	Información durante la unidad Metabolismo. Cuestionarios 4, 5, 6 y 7	Información al terminar la unidad. Cuestionario 8
Considera que la principal función de la respiración es la producción de energía y que se da por un proceso de combustión que sucede a nivel celular.		
Ubica sus explicaciones principalmente en los modelos de la combustión y del intercambio de gases.		

Considera que el oxígeno en la respiración cumple diferentes funciones dentro de las que destaca la producción de energía y la producción de otras sustancias a partir de él.	Considera que el proceso que permite obtener la energía es una combustión en la cual se quema glucosa y se obtiene CO ₂	Indiferenciación entre respiración y combustión.
No da explicaciones a nivel molecular de los diferentes fenómenos estudiados como la función del oxígeno, el origen del dióxido de carbono y de la energía, ni de las posibles relaciones entre distintos procesos. Es frecuente encontrar explicaciones desde una perspectiva de sentido común.		
Relaciona en forma general los procesos de nutrición, mantenimiento de la temperatura corporal y esfuerzo muscular con el proceso de la respiración.	Explica los fenómenos desde una perspectiva unicausal; al parecer, le da dificultad relacionar 2 o más variables al explicar un fenómeno. Relación causal entre respiración y combustión. La combustión de nutrientes es necesaria para la respiración. Confusión a nivel del proceso general de la respiración.	
Piensa que en la respiración el CO ₂ se forma por la reacción entre la glucosa y el oxígeno		

4. En las fases 2 y 3 precisa que la energía se obtiene por la combustión de los nutrientes y considera que se libera agua y dióxido de carbono.
5. Conserva la idea de que el dióxido de carbono se obtiene a partir del oxígeno respirado.
6. No realiza explicaciones a nivel molecular que permitan explicar el origen y el gasto de las diferentes sustancias así como las relaciones entre los procesos de nutrición, respiración, esfuerzo físico y mantenimiento de la temperatura corporal.
7. No establece diferencias entre la respiración celular y la combustión. Dentro de las semejanzas que propone para estos dos procesos menciona que en ambos se consume dióxido de carbono y oxígeno y que en los dos se libera energía. Al parecer, tampoco considera que sean sinónimos, lo cual es más claro en la fase 3 en la cual ubica la respiración como consecuencia de la combustión de los nutrientes.

5. 3. 2. Análisis cognitivo-lingüístico

Para este análisis tomamos como base los textos más extensos escritos por los estudiantes, los cuales contienen en promedio 160 palabras. Se emplearon básicamente los textos elaborados en los cuestionarios 3 y 5. Con respecto al cuestionario 3 es importante aclarar que el texto que se analiza fue elaborado por los estudiantes después de haber analizado 5 conceptualizaciones de otros compañeros. Todos los estudiantes analizaron los mismos 5 textos (cuestionario 3, pregunta 3.1, ver anexo) en el mismo orden. Luego pasaron a dar respuesta a la pregunta: *Para mí la respiración es?*

Estructura del discurso escrito.

Análisis de la causalidad

En el análisis sobre el tipo y frecuencia de conectores empleados encontramos un 34% de conectores que son de lugar, el 34% de certeza y el 16% de consecuencia, (ver tabla 5. 22).

Tabla 5. 22 : Clase de conectores y frecuencia de uso en textos largos. Ca: causa, Ce: certeza, Co: condición, Cs: consecuencia, O: oposición, L: lugar.

Oraciones	Conectores						Porcentaje
	Ca	Ce	Co	Cs	O	L	
<i>La respiración <u>es</u> un proceso muy complejo <u>en el que</u> interaccionan el ambiente, el sistema respiratorio y el cuerpo más interno (células...).</i>		x x					Ce= 100%
<i>La respiración del sistema respiratorio <u>tiene</u> dos procesos: Inspiración (proceso <u>en el que</u> se absorbe oxígeno <u>de</u> exterior) y expiración (proceso <u>en el que</u> se desprende CO2). <u>Por lo tanto</u> es un intercambio de gases. El oxígeno que absorbemos <u>procede del</u> ambiente. Nosotros en nuestro organismo lo utilizamos <u>en</u> las células <u>para</u> la obtención de energía, que <u>necesitamos para</u> realizar cualquier actividad.</i>		x x x x		x x		x x x	Ce + L = 70%
<i>El recorrido que hace el oxígeno <u>desde</u> el momento que inspiramos <u>hasta</u> el momento en que <u>llega a</u> las células <u>es</u> largo. <u>Baja por</u> la tráquea, <u>hasta</u> llegar <u>a</u> los pulmones <u>allí se</u> produce una reacción <u>de la que se</u> desprende CO2 (que será desprendido en la expiración). El oxígeno <u>llega a</u> la sangre, más concretamente <u>a</u> los glóbulos rojos que <u>se encargan de</u> transportarlo <u>hacia</u> todo el cuerpo. Cuando <u>llega a</u> una célula <u>se</u> produce la respiración celular (proceso en el que <u>se</u> obtiene energía <u>a través de</u> la combustión de nutrientes).</i>		x x x x xx	x			x x x x xx xx	Ce + L = 95%
<i>Como todo va relacionado <u>si</u> hacemos una actividad <u>que nos suponga más</u> esfuerzo, nuestras células <u>necesitan más</u> energía <u>y por lo tanto</u> más oxígeno <u>y más</u> sangre. <u>Esta</u> necesidad de oxígeno <u>nos</u> <u>hará</u> aumentar la respiración <u>y el</u> ritmo cardíaco.</i>	x x		x	x xx xx			Ca = 22% Co = 22% Cs = 56%

El 64% de conectores empleados por Lorena son de certeza y de lugar, lo cual nos informa acerca de un tipo de discurso descriptivo. Consideramos importante mencionar que no obstante el mayor carácter descriptivo del discurso, encontramos que la estudiante, al parecer, realiza las descripciones mencionadas para posteriormente dar explicaciones causales acerca de la respiración. En otras palabras, las descripciones crean un espacio conceptual en el que posteriormente se establecen las relaciones causales, lo cual conduce a la elaboración de un discurso con coherencia global funcional en el que es posible identificar el sentido de las distintas descripciones y de los diferentes conceptos empleados en función de las ideas centrales que quiere expresar.

La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas establecidas por Lorena es de 5:1; y la razón de relaciones causales directas (simples) a relaciones causales indirectas (complejas) es de 4,8:1.

En el de la tabla 5.22 identificamos 4 párrafos que contienen 13 ideas generales sobre la respiración en las que se relacionan 29 ideas-concepto, (ver figura 5. 21).

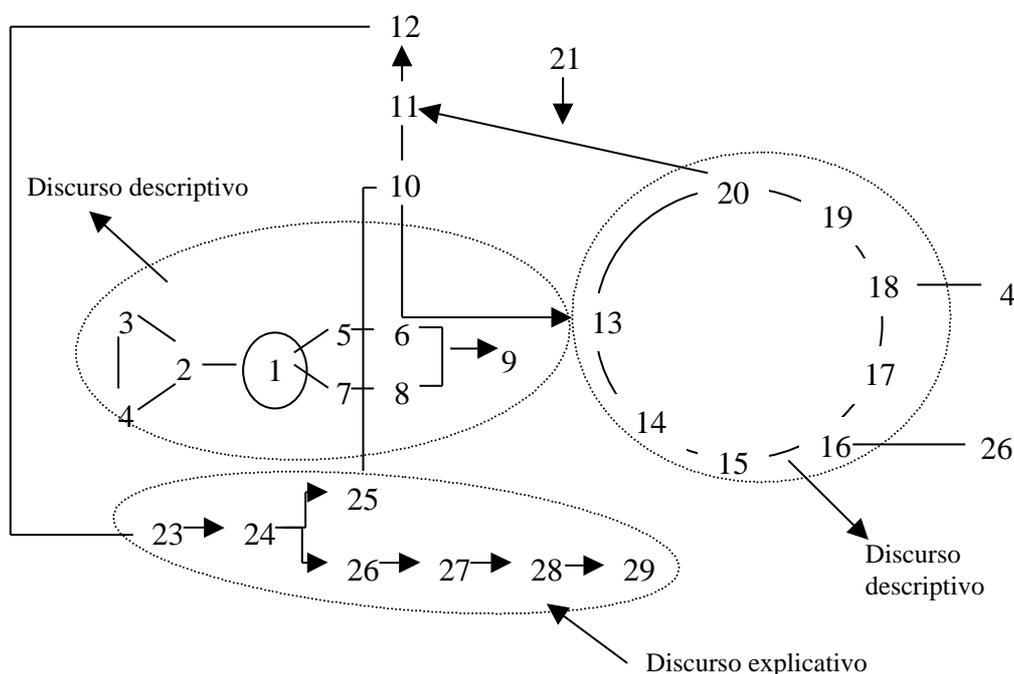


Figura 5. 21: Representación de las conceptualizaciones de Lorena en la que se resaltan las relaciones establecidas entre los diferentes conjuntos de ideas.

El párrafo 1 contiene una idea en la que se presenta el proceso general de la respiración. El párrafo 2, en el que encontramos 6 ideas (ideas 2 a 7), es descriptivo y hace referencia tanto a la mecánica respiratoria como a la función central de la respiración: obtener energía. El párrafo 3 describe en forma más detallada aspectos relacionados con el transporte de gases hasta su llegada a las células (ideas 8 a 11). El último párrafo tiene carácter funcional y trata de relacionar los procesos antes descritos: esfuerzo físico, producción de energía y mecánica respiratoria, (ideas 12 y 13). En la figura 5. 21 mostramos la estructura general de la explicación dada por Lorena en la cual señalamos los diferentes tipos de discursos escritos empleados por la estudiante.

Análisis de la coherencia.

Consideramos que el discurso en su conjunto tiene coherencia global funcional. Al parecer Lorena utiliza las ideas 2, 3 y 4 para mostrar el proceso general sobre el cual va a referirse en las ideas 5 a 21 desde una perspectiva descriptiva para posteriormente establecer algunas relaciones causales, ideas 23 a 29, que adquieren sentido a partir de las descripciones antes realizadas. Para afirmar lo anterior nos apoyamos en las expresiones con las cuales Lorena inicia

La respiración es un proceso muy complejo en el que interaccionan al ambiente, el sistema respiratorio y el cuerpo más interno (células).

Y finaliza su texto:

Como todo va relacionado si hacemos una actividad que...

Las expresiones subrayadas nos muestran que Lorena piensa en el proceso de la respiración desde una perspectiva global en el cual intervienen distintos niveles organizativos: el ambiente, el sistema respiratorio y las células. De otra parte, en su último párrafo menciona, a manera de una proposición unificadora, que todo lo dicho en su texto está relacionado. Lo anterior nos muestra cierta capacidad de la estudiante para elaborar sus explicaciones desde la complejidad que el proceso involucra, independientemente de las ideas que contenga el texto.

Otro aspecto que nos sugiere la coherencia global funcional en el texto analizado es la presencia de las mismas ideas-concepto, con sentidos diferentes, en distintos párrafos. Tal es el caso, por ejemplo, de actividad (figura 5. 22, números 12 y 23), *cuerpo* (4 y 18), *energía* (11 y 25). A pesar de que en cada una de estas ideas-concepto se emplea el mismo término, el significado que éste contiene es diferente según el *momento* en el que se utiliza; el concepto de energía (11) está ubicado dentro de un discurso descriptivo que afirma que las células producen energía que es utilizada para las diferentes actividades, mientras que el sentido del concepto de energía (25) se ubica dentro de un discurso explicativo en el cual se establece una

relación causal directa entre el esfuerzo físico y la demanda de energía. En esta misma línea de pensamiento nos podemos referir a los conceptos de actividad, de cuerpo, de sangre..., los cuales tienen diferentes sentidos a lo largo del discurso escrito.

Conclusiones sobre el análisis cognitivo-lingüístico:

A continuación mostramos las principales conclusiones sobre el análisis cognitivo-lingüístico:

1. Lorena tiene la capacidad de organizar su explicación en párrafos, cada uno de los cuales es elaborado con una intencionalidad diferente.
2. El texto analizado presenta alta coherencia global. Al parecer la estudiante sigue una secuencia deductiva en la elaboración de sus explicaciones. Inicialmente especifica los aspectos generales que posteriormente pasa a desarrollar de manera descriptiva.
3. Trata de explicar el proceso desde la complejidad que este puede involucrar.
4. Predominio de discurso descriptivo en el que el 64% de los conectores empleados son de certeza y de lugar.
5. Puede utilizar el mismo término con sentidos diferentes, en distintos tipos de discursos.
6. Al parecer realiza las descripciones para crear un espacio conceptual en el que posteriormente establece las relaciones causales que le interesan.
7. La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas es de 5:2, y la razón de relaciones causales simples a complejas es de 4,8:1.

5. 3. 3. Análisis metacognitivo

Juicio crítico

El análisis del *juicio crítico* se realizó principalmente con base en los análisis realizados por Jonás a los textos de sus compañeros (cuestionarios 3, 7) y a sus propios textos (cuestionario 8). Frente a los diferentes textos analizados, los estudiantes debían plantear con que aspectos estaban de acuerdo y en desacuerdo y explicar sus razones. A continuación presentamos el análisis realizado, para ello representamos tanto las respuestas analizadas por la estudiante así como sus críticas, éstas últimas encerradas en elipses.

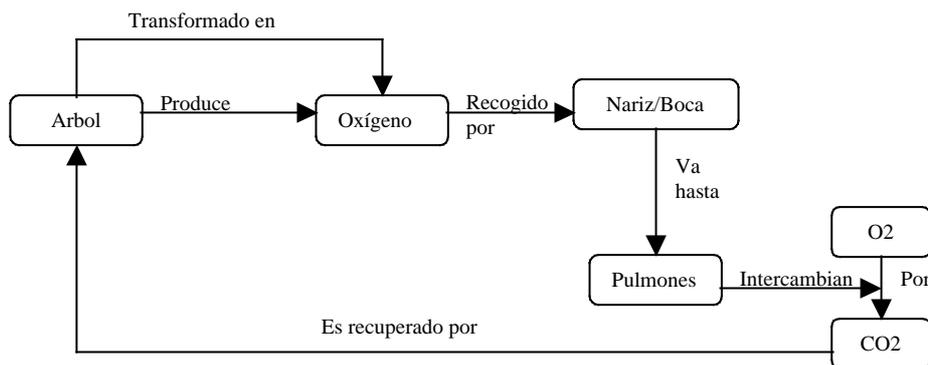
La pregunta realizada fue la siguiente.

En una evaluación sobre respiración el profesor pidió a sus estudiantes que explicaran el proceso de la respiración. Posteriormente repartió las evaluaciones entre los estudiantes para que fueran corregidas por los mismos compañeros. Debes decir para cada respuesta si estas de acuerdo o desacuerdo y explicarle a tu compañero tus opiniones.

A mencionada pregunta Laia contestó:

El árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca, baja por la tráquea hasta los pulmones que intercambian el aire (oxígeno) por el dióxido de carbono. El dióxido de carbono lo recuperan los árboles que lo transforman en oxígeno.

Representación de la respuesta de Laia:

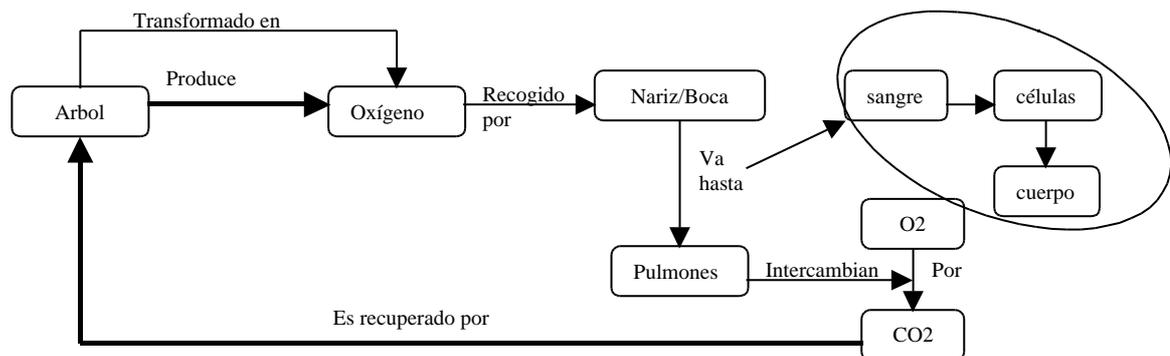


Lorena contestó:

Estoy de acuerdo con: ...con que los árboles (y las plantas en general) producen oxígeno que nosotros aprovechamos para respirar y también en que utilizan CO2 para transformarlo en oxígeno

Estoy en desacuerdo con: *Creo que añadiría que además de CO2 se necesita energía. Y que el oxígeno que respiramos llega a través de la sangre a las células y a todas las partes del cuerpo.*

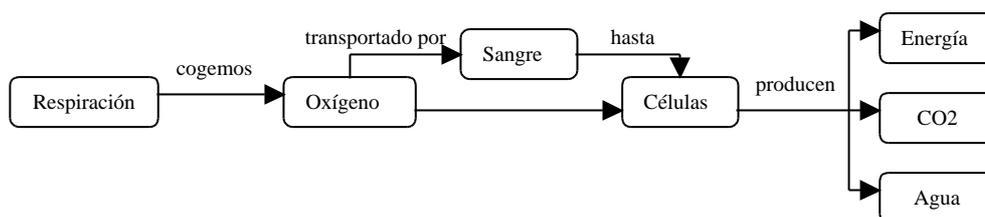
Representación de la respuesta de Lorena



En términos generales Lorena está de acuerdo con la respuesta de Laia. Sus aportes se refieren al proceso de transporte e intercambio de gases. Comparte con Laia la afirmación de que el dióxido de carbono es utilizado por los árboles para producir oxígeno. En la crítica realizada por la estudiante encontramos que hace referencia a las ideas contenidas en el texto analizado. Al parecer Lorena realiza su crítica siguiendo las ideas que encuentra en el texto sin llegar a distanciarse de él.

Carlos contestó:

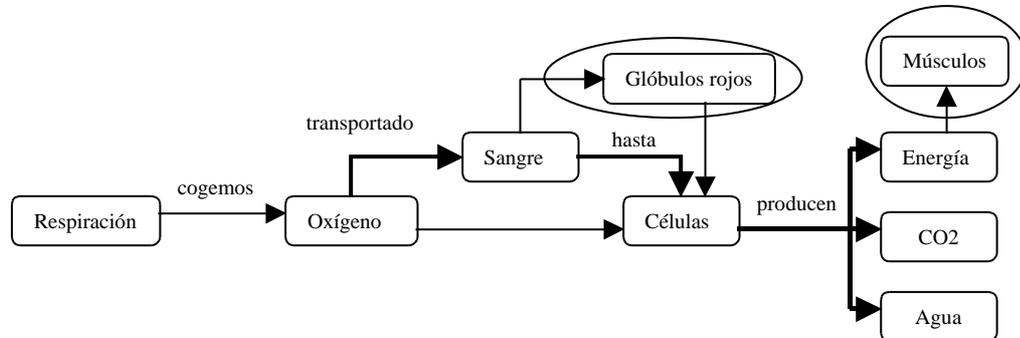
A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua.



Estoy de acuerdo con: *Estoy de acuerdo que el oxígeno llega a las células a través de la sangre (más correctamente de los glóbulos rojos). ...se utiliza oxígeno para producir una reacción que desprende energía, CO2 y agua.*

No estoy de acuerdo con: *Tal vez especificaría que con son los glóbulos rojos los que transportan el O2. Añadiría que la energía que se desprende de la reacción la utilizan después músculos...etc.*

Representación de la respuesta de Lorena:

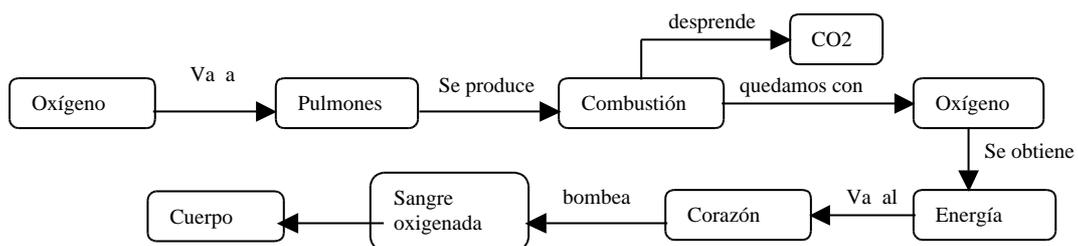


Observamos, al igual que en el caso anterior, que Lorena está de acuerdo con las ideas que contiene el texto que analiza. Comparte con Carlos la idea de que se utilice el oxígeno para producir una reacción en la que se libera energía y otras sustancias. Los aportes realizados por la estudiante son de tipo conceptual y referidos al transporte de oxígeno y a posibles usos de la energía. No *reacciona* frente a la concepción vitalista encontrada en el texto de Carlos, ni hace referencia a la transformación del oxígeno en dióxido de carbono.

María contestó

Nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones donde se produce una combustión donde desprendemos dióxido de carbono y nos quedamos con el oxígeno mediante el cual obtenemos energía que va al corazón, y el corazón bombeará la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.

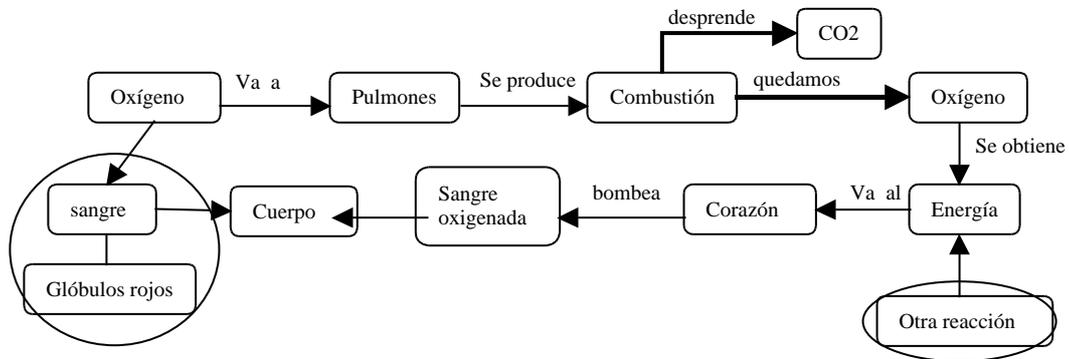
Representación



Estoy de acuerdo con: *...en que utilizamos oxígeno y que este oxígeno a través de la sangre llega a todas las partes del cuerpo. También estoy de acuerdo en que la respiración es un intercambio de O2 por CO2.*

No estoy de acuerdo con: *No estoy muy segura de que sea el oxígeno el que obtenga energía para el corazón sino que tiene que haber una reacción previa para que se pueda desprender energía. Tal vez se podría añadir que son los glóbulos rojos los que llevan oxígeno a través de la sangre.*

Representación de la respuesta de Lorena

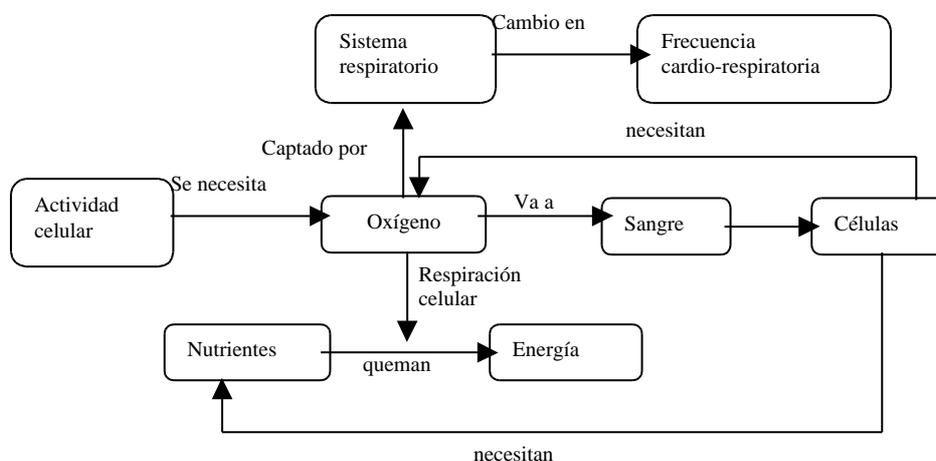


Lorena al parecer realiza el análisis del texto de María siguiendo aisladamente las ideas que en él se presentan. No realiza un análisis global o conjunto de las ideas encontradas en el texto analizado. Como resultado de esta forma de criticar los textos encontramos que Lorena muestra su acuerdo o desacuerdo sobre expresiones puntuales, lo cual conduce a que en sus críticas las ideas estén poco relacionadas.

Ana contestó

Las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “queman” los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad. Basándonos en esto primero debemos captar ese oxígeno y para ello tenemos el sistema respiratorio. Parte del aire de nuestro alrededor pasa a la sangre y los glóbulos rojos son los que se encargan de llevarlos a las células. Como las células necesitan muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para “bombear” más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe de coger más oxígeno.

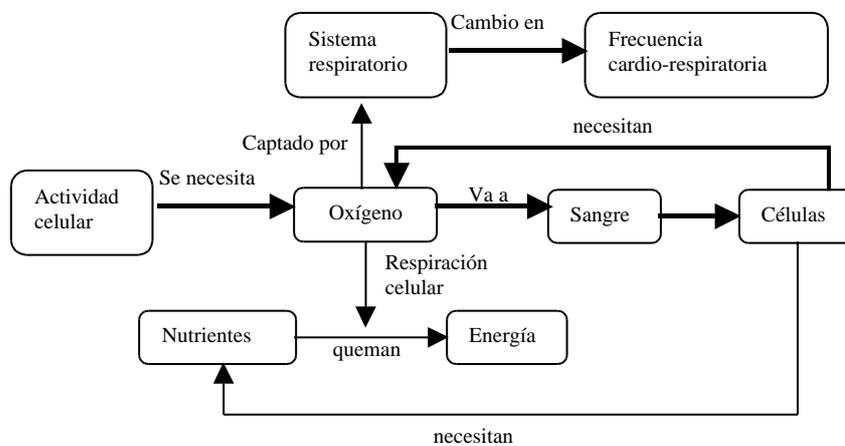
Representación



Estoy de acuerdo con: ...en que las células sometidas a una actividad necesitan oxígeno y si esta actividad es más intensa necesitarán más oxigenación. También estoy de acuerdo con que el oxígeno llega a las células mediante los glóbulos rojos y la sangre y en consecuencia que si las células necesitan más oxígeno se necesita más sangre y el corazón bombea más rápido y que así se acelera la respiración. (no celular).

No estoy de acuerdo con: Creo que no se entiende muy bien esto de que están sometidas a una actividad que no es normal ya que en mi opinión andar es una actividad normal y cotidiana. Creo que Ana tendría que expresarse con más claridad siguiendo un orden o de más a menos específico o al revés

Representación de la respuesta de Lorena:



Frente al texto de Ana, Lorena no realiza ningún aporte conceptual. Comparte las diferentes ideas que encuentra y centra su crítica en la forma como está escrito el texto. A diferencia de los análisis anteriores, en este caso Lorena puede identificar cuándo un texto le genera dificultades para su comprensión, lo cual la puede llevar a realizar sugerencias tales como la de procurar *...expresarse con más claridad siguiendo un orden o de más a menos específico o al revés*. Este tipo de críticas no conceptuales fue evidente además en el análisis del texto escrito por Javier (ver anexo) en el cual planteo que *...Creo que en esta pregunta debería detallar más que ocurre con el oxígeno cuando esta dentro del organismo. Se debería explicar cómo éste llega a las células para que se pueda producir la reacción que dice...* Estos dos tipos de críticas parecen estar más cercanas al logro de una comprensión global del texto que se quiere criticar. En el primer caso más desde perspectiva lingüística general y en el segundo más desde una visión global del proceso de la respiración.

A continuación presentamos las críticas de Lorena a preguntas específicas en las cuales se relaciona la respiración con otros procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal, la nutrición y la actividad física. La dinámica del análisis es similar a la propuesta anteriormente, en la cual Lorena además de criticar los textos de sus compañeros crítica sus propias conceptualizaciones elaboradas en el curso anterior. La intencionalidad de este análisis es la de establecer la capacidad de la

estudiante para actuar en forma crítica frente a sus textos y a los de sus compañeros. A continuación presentamos los diferentes textos y los análisis realizados.

Respuesta de Aida

El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.

Está de acuerdo con:

Estoy de acuerdo que al hacer ejercicio el cuerpo del colibrí puede aumentar la temperatura.

Está en desacuerdo con:

No creo que el aumento de temperatura corporal sea el causante del aumento de consumo de oxígeno.

Las respuestas anteriores muestran que la estudiante no precisa la relación entre el consumo de oxígeno y la temperatura corporal. Aunque reconoce que el ejercicio puede llevar al incremento en la temperatura no hace referencia a aspectos moleculares a partir de los cuales se explique mencionada relación. En su segunda respuesta se observa confusión en la forma de relacionar las ideas contenidas en su texto.

Pregunta:

El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

Esta de acuerdo con:

El colibrí necesita más energía cuando vuela y ésta se obtiene de la combustión realizada dentro de su organismo.

Esta en desacuerdo con:

No estoy segura de que se gasten hidratos de carbono y que estos se tomen de las plantas.

En sus respuestas no identifica con precisión cual es la fuente de energía. Relaciona la producción de energía con un proceso de combustión a nivel sistémico.

En cuanto al texto:

Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.

Esta de acuerdo con:

Creo que Marta tiene razón con que el colibrí consume el oxígeno que necesita y que este oxígeno se utiliza para diferentes funciones

Esta en desacuerdo con:

No estoy segura que produzca energía solamente con el oxígeno del aire, creo que en el interior se produce una reacción de combustión en la que se queman nutrientes. Es de esta combustión de la que se obtiene energía.

En estas dos respuestas Lorena trata de precisar la función del oxígeno. En primer lugar acepta ideas vitalistas en las que la energía se produce a partir del oxígeno, mientras en su segunda respuesta plantea la existencia de una reacción de combustión en la que participa el oxígeno.

En el análisis del juicio crítico además de estudiar la forma como los estudiantes critican los textos de sus compañeros analizamos cómo actúan frente a sus propios textos, escritos en el curso anterior; a continuación nos referiremos a este análisis, para el cual se entregó a los estudiantes los cuestionarios resueltos por ellos mismos en el curso anterior y con base en lo que habían escrito debían especificar con que estaban o no de acuerdo.

Pregunta 1: *No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición*

Respuesta inicial.

Desacuerdo. La respiración celular se puede efectuar gracias a la combustión de los nutrientes por lo tanto hay una relación entre la nutrición y la respiración

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: La relación que puse el año pasado. Si para efectuar la respiración celular es necesaria la combustión de nutrientes será necesario tener nutrientes (mediante la nutrición).

Estoy en desacuerdo con: Añadiría que también es necesario el oxígeno.

Observamos que la estudiante mantiene las mismas ideas en sus dos respuestas. Continúa considerando que la respiración es una combustión en la que no llega a especificar aspectos moleculares.

Pregunta 2: *Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.*

Respuesta inicial:

Desacuerdo. El oxígeno ayuda a que se produzca la energía que necesitamos para nuestras funciones.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: *Que el oxígeno ayuda a que se realicen las reacciones de combustión necesarias para la producción de energía necesaria para nuestras funciones.*

Estoy en desacuerdo con: Espacio en blanco.

En estas respuestas se mantiene la idea de que el oxígeno ayuda a producir la combustión necesaria para la obtención de energía. No observamos el aporte de nuevas ideas provenientes del estudio de diferentes puntos de vista de la respiración. En ningún momento hace referencia, por ejemplo, a los procesos de transporte de hidrogeniones o de los procesos de oxidación y reducción asociados al modelo molecular de la respiración

Pregunta 3: *La respiración es semejante a la combustión?*

Respuesta inicial:

Acuerdo. Es comparable a la llama de una vela o una cerilla. Sin oxígeno no se puede combustir ni se puede efectuar la respiración.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: *Que para ambas reacciones es necesario el oxígeno*

Estoy en desacuerdo con: *Añadiría que para la respiración celular es necesaria una combustión de nutrientes.*

Pregunta 4: *Un animal cuando se muere se enfría?*

Respuesta inicial:

Acuerdo. Sus organismos ya no hacen funciones, no necesita energía. Como no respira no puede liberar energía y por lo tanto no libera calor.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: *Que cuando el organismo ya no hace sus funciones no necesita ni desprende energía y por lo tanto no desprende calor.*

Estoy en desacuerdo con: *Tal vez entre que se muere y se enfría pasa un tiempo ya que tiene que haber un tiempo para que se acabe de desprender toda la energía acumulada.*

Las respuestas a las preguntas 3 y 4 muestran una estructura similar a las ya discutidas. No se aportan puntos de vista diferentes a los enunciados en las

respuestas iniciales. De igual manera se mantiene la semejanza entre los procesos de combustión y respiración.

Pregunta 5: *Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?*

Respuesta inicial:

Acuerdo. En la respiración celular se utiliza el oxígeno (aparte de nutrientes) para liberar CO₂ (y agua).

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: *Que en la respiración celular de la combustión de los nutrientes (con O₂) se desprende CO₂, agua.*
Estoy en desacuerdo con: *y añadiría energía.*

En estos dos textos Lorena muestra nuevamente su posibilidad de estar de acuerdo con algunas de sus ideas iniciales y en desacuerdo con otras. Puede aportar conceptos específicos que no estaban presentes en su primera respuesta.

Conclusiones generales del análisis metacognitivo

El análisis conjunto de las respuestas de Lorena nos permite concluir provisionalmente acerca aspectos conceptuales, metaconceptuales y metacognitivos. Destacamos inicialmente el hecho de criticar preferentemente las ideas de manera individual y desde una perspectiva conceptual. Los aportes encontrados en los diferentes textos analizados se refieren casi exclusivamente a aspectos conceptuales. De igual manera sigue la secuencia de ideas contenidas en los textos que analiza, lo cual nos lleva a pensar en la poca capacidad de distanciamiento frente al texto analizado. Al parecer las críticas están motivadas por las ideas individuales encontradas en los textos y no por la aprehensión del sentido global del texto que analiza.

Este poco distanciamiento del texto analizado podría conducir a una baja capacidad para reconocer posibles errores presentes en los textos. Lorena al parecer sigue las ideas del texto sin llegar a ser consciente de las posibles contradicciones o inconsistencias que éste contiene (ver análisis del juicio crítico), lo cual puede estar relacionado con cierta dificultad para visualizar el proceso completo que quiere explicar. Lorena al parecer tiene dificultad para mostrar su desacuerdo con los textos analizados, no obstante estos contengan ideas pertenecientes a diferentes paradigmas de la respiración.

En cuanto a los textos que ameritaban aclaración encontramos que Lorena esta de acuerdo con 5 de ellos, lo cual nos puede indicar inicialmente su poca capacidad de

crítica frente a los textos que analiza. Considera que en la respiración: se transforma el CO₂ en oxígeno, se produce energía a partir del oxígeno, se produce CO₂ a partir del oxígeno y que en las células se produce la combustión del oxígeno. Una baja capacidad de crítica puede estar íntimamente relacionada con la generalización en múltiples atributos o con la generalización en los atributos esenciales de diferentes modelos explicativos.

Consideramos que en el caso de Lorena su proceso de generalización no la lleva a realizar explicaciones sincréticas de los fenómenos analizados, sino que le permite elaborar explicaciones dentro de los dos modelos explicativos que ella utiliza. Desde esta perspectiva de análisis la validez de sus aportes estaría íntimamente relacionada con el contexto en el cual se realiza dicha crítica.

Análisis sobre la regulación

Este análisis se realizó con base en los cuestionarios *¿Sé lo que estoy haciendo?* (ver cuadro 1); Lorena piensa que conoce bien/regular los conceptos y que los procedimientos realizados para llegar a las *respuestas* los hizo bien/regular. Cree que sus respuestas son incompletas. Dice que pensó en un plan general para llegar a las respuestas y que este plan unas veces funcionó bien y otras no. Dentro de las razones que propone destacamos:

Porque no confío en los conocimientos a que he recurrido, no se si eran los que debía relacionar.

Porque hallo respuestas que me han parecido completas

Porque no tenía los conocimientos necesarios y no sabía como relacionarlos.

Pero creo que las respuestas son incompletas ya que me falta seguridad en escribir y relacionar conceptos. A parte creo que ha funcionado porque he llegado a algo.

Las diferentes etapas propuestas para llegar a resolver las preguntas planteadas son:

1. Leer y entender la pregunta.
2. Intentar relacionar los conceptos
3. Pensar la respuesta (ordenar ideas).
4. Escribir el resultado.

Cada una de las etapas antes descritas puede contener a su interior un conjunto de pasos sobre los cuales Lorena no hace referencia. No especifica por ejemplo si emplea alguna estrategia de lectura que le permita comprender mejor las preguntas que analiza. Al parecer la estudiante no tiene un conocimiento detallado de cómo logra entender las preguntas que se le hacen. Algo similar podemos decir de las siguientes tres etapas propuestas. Aunque destaca la importancia de relacionar los conceptos para llegar a la respuesta, no hace mención de cómo hacerlo ni de que aspectos prioriza o no en el momento de establecer mencionadas relaciones. De igual

manera no específica si privilegia alguna estrategia para ordenar sus ideas y para llegar a las conclusiones derivadas de sus pensamientos sobre los conceptos involucrados en la respuesta.

Si bien en el proceso que nos puede llevar a encontrar posibles soluciones a los problemas el planteamiento de etapas es importante, conviene destacar la importancia que tiene el conocimiento, tanto teórico como práctico, de posibles pasos más finos que nos faciliten de alguna manera llegar a las respuestas. Cada una de las etapas antes planteadas por Lorena puede contener a su interior un conjunto de pasos que en última instancia son los verdaderamente responsables del proceso que conduce a la elaboración de las respuestas. La estudiante no parece tener conocimiento de las estrategias que le permiten pensar los problemas y obtener las respuestas correspondientes.

Análisis sobre la conciencia metacognitiva.

En el Análisis de la conciencia metacognitiva de Lorena, nos centramos en el estudio del conocimiento que tiene del propósito de las actividades que se le proponen y de la conciencia que tiene de su progreso personal en el tema estudiado.

En cuanto a la finalidad de la actividad encontramos que Lorena considera tanto aspectos de orden conceptual

- 27) Encontrar la variación del crecimiento de bacterias en función de la concentración de glucosa y de la presencia de oxígeno.
- 28) Poner en relación conocimientos de energía calorífica y tiempo.

Como cognitivo

- 29) Creo que era ver si sabíamos a partir de unos datos llegar a conocimientos o conclusiones.
- 30) Saber identificar errores y saber como escribir una mejor respuesta.

Aunque encontramos una referencia muy general a estos dos ordenes intencionales de las actividades propuestas, es importante destacar que Lorena dirige sus reflexiones de manera específica a cada uno de ellos. En 27 y 28 la estudiante se refiere de manera específica a conceptos, mientras que en 29 y 30 tiene la capacidad de tomar distancia de los conceptos incluidos en la pregunta y pasa a referirse específicamente a aspectos metaconceptuales (saber identificar errores) y metacognitivos (saber escribir una mejor respuesta).

Lorena considera que progresa adecuadamente en el curso de biología. Destaca que es una asignatura que le gusta y que se le da bien (ver tabla 5. 23). Cree que sus

respuestas no serán consideradas adecuadas por su profesor debido a que él esperaría unas respuestas más claras y más completas. Destaca en forma reiterada que siempre es posible mejorar, lo cual podría llegar a constituirse como una autojustificación de su desempeño académico. Consideramos importante mencionar que a pesar de considerar que progresa adecuadamente en el curso, en todo momento cree que en sus respuestas los conceptos no están claros y que además son incompletos.

5.3.4. Análisis motivacional

Para la recolección de información se presentó a los estudiantes un cuestionario con 5 conceptualizaciones diferentes frente a las cuales debían decir con cual estaban más de acuerdo y con cual más en desacuerdo. Una vez contestado esto, se les pidió que realizaran su propia descripción, con base en los textos analizados.

Se identifica más con un estudiante concienzuda:

Prefiero que no hayan confusiones a la hora de entender ejercicios o trabajos, de todas formas no hace falta que me digan el camino que debo de seguir pero si ser claros a la hora de explicar lo que quieren. También pienso que en la clase se debe preguntar si no se entiende ya que luego es peor, pierdes una explicación y todas las que se derivan de esta.

y menos como un estudiante buscadora de éxito y curiosa:

Porque no me interesa mucho trabajar en casa con mucha información, me cuesta ponerme a hacer lo que realmente debo hacer y en cambio miro muchas cosas que no "interesan". Me gusta atender a clase, prefiero que me expliquen cosas me interesa más y no me esfuerzo. Por otro lado pienso que es cierto que va bien poder contar con los amigos por si algún día... no tienes muchas ganas de venir ¡un mal día lo tenemos todos!

Su propia descripción como estudiante es:

A mi me gusta estudiar en grupo a pesar de que algunas materias prefiero estudiarlas sola. Me gusta estar atenta en clase y enterarme de lo que hago, si no es así me bloqueo y cuando llego a casa me siento mal. No me importa que manden trabajo mientras dejen tiempo suficiente y expliquen claramente lo que quieren (para evitar confusiones). Pienso que estudiar es importante pero que no lo es todo en esta vida y por eso si algún examen no va tan bien intento remediarlo pero sin derrumbarme del todo. En los exámenes siempre me pongo nerviosa (también si he estudiado). Pienso que tengo suerte de tener amigos porque estudiar puede ser mas divertido.

Dentro de los aspectos más destacables resaltamos la valoración positiva que da a que en las clases se den buenas explicaciones, tanto a nivel de los conceptos como de las actividades que se proponen. Llama la atención la permanente insistencia sobre la calidad de las orientaciones que debe realizar el profesor. Plantea que le gusta estar atenta en las clases y comprender lo que hace, además, prefiere el trabajo en la clase que las actividades planteadas para la casa, frente a las cuales no tiene inconveniente

en realizar si se han dado las orientaciones adecuadas. Considera importante que en las clases se pregunte sobre las dudas que se tienen. Como último aspecto destacamos la importancia que concede al trabajo en grupos tanto en lo relacionado con aspectos directamente conceptuales como en cuanto hace que el estudio sea más *divertido*.

Conclusiones sobre el análisis metacognitivo realizado para Lorena:

El análisis sobre la categoría *metacognición* con sus tres subcategorías: *conocimiento sobre cognición*, *conciencia metacognitiva* y *regulación* nos permite proponer las siguientes conclusiones provisionales:

Sobre el conocimiento.

- Considera que los conceptos relacionados con la respiración los conoce bien/regular.
- Cree que las respuestas que ha dado a las diferentes preguntas son incompletas y poco claras.

Sobre la regulación.

- Propone planes generales para resolver las preguntas propuestas. Estos planes en ocasiones le funcionan bien y en otras no.
- El plan propuesto está constituido por etapas generales que carecen de especificidad.
- No parece tener conocimiento sobre las estrategias que le permiten pensar los problemas y obtener las respuestas correspondientes.

Conciencia metacognitiva.

- Considera que progresa adecuadamente en el curso de biología.
- Cree que sus respuestas no son adecuadas debido a que son poco claras e incompletas.
- Muestra cierta actitud autojustificadora de su desempeño académico.
- Diferencia al menos dos finalidades de las actividades realizadas. En sus críticas hace referencia principalmente a aspectos conceptuales, sin embargo puede hacer reflexiones aisladas sobre aspectos cognitivos.

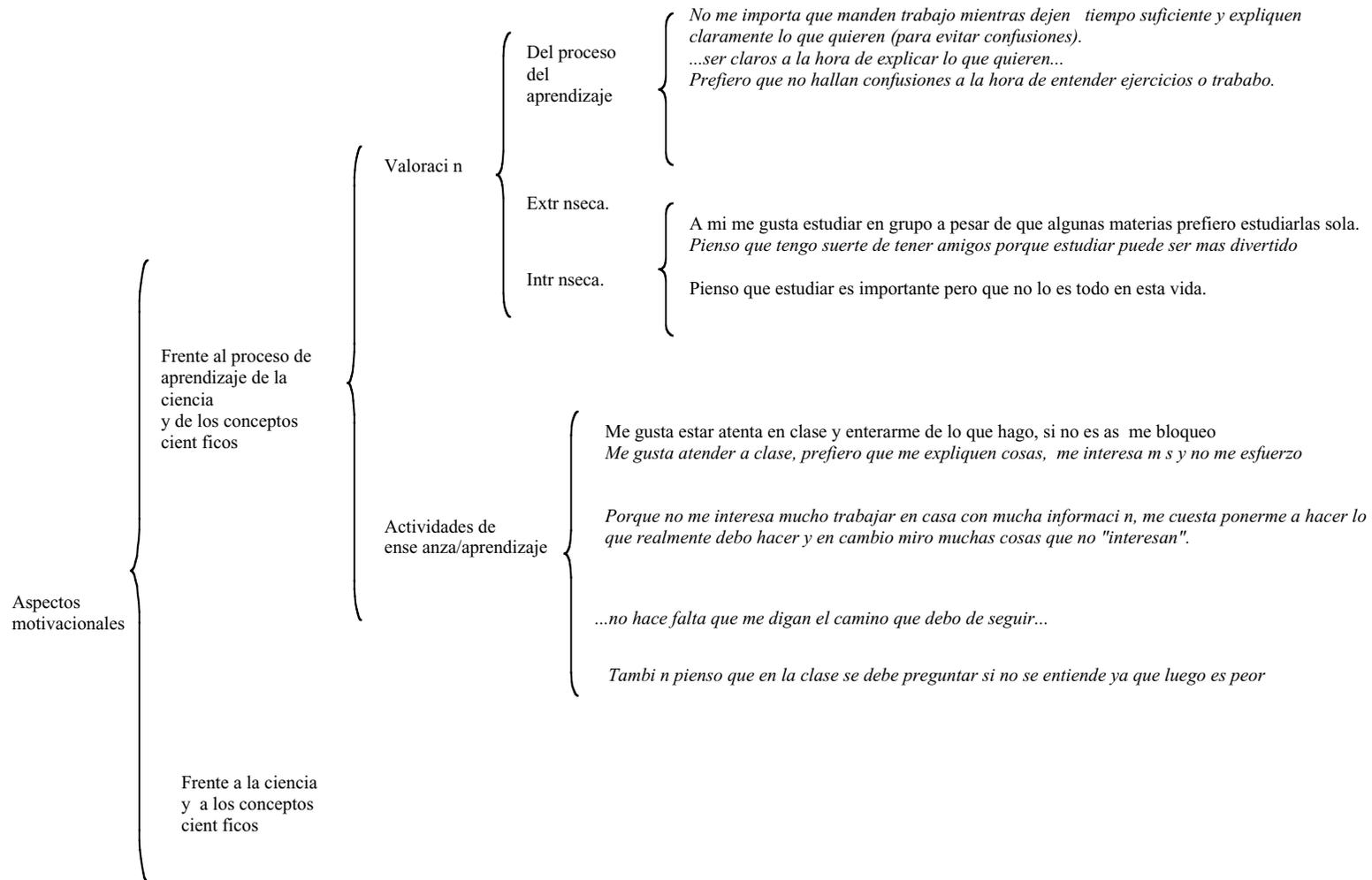


Figura 5.23: Principales motivaciones de Lorena frente a las ciencias y al aprendizaje de los conceptos científicos

5. 3. 5. Discusión general de los aspectos conceptuales de Lorena

5. 3. 5. 1. ¿Uno o múltiples tipos de explicación sobre la respiración?

Lorena en sus textos se refiere a la respiración desde **dos modelos**: como a un proceso de intercambio de gases y como una combustión. Al interior de estos dos modelos sus **respuestas son consistentes**. Relaciona la obtención de energía, principal función de la respiración, con la combustión, está de acuerdo con los textos que se refieren a la respiración como proceso relacionado únicamente con el transporte de gases y, a su vez, comparte las ideas de quienes piensan que la respiración es una combustión.

No obstante, al presentar dos conjuntos de ideas consistentes, su nivel de generalización alcanzado no le permite aun identificar las ideas centrales de cada uno de estos tipos de explicación. Sus **textos** y los **comentarios** sobre los textos de sus compañeros son **poco coherentes**. No utiliza explicaciones en las que incluya aspectos moleculares, ni hace referencia a diferentes organelas celulares en el proceso de la respiración. Puede identificar diferencias entre los dos tipos de explicaciones mencionados, sin embargo, en sus respuestas mezcla continuamente diferentes modelos explicativos. El haber empezado a generalizar el proceso de la respiración en dos conjuntos de ideas pertenecientes a modelos explicativos diferentes, le permite realizar aportes y críticas a los textos de sus compañeros desde estas dos perspectivas explicativas.

Algunas ideas de Lorena

...para ello (generar energía) necesita oxígeno y libera dióxido de carbono.

...la respiración celular se efectúa para producir energía y necesita la respiración (oxígeno) para poder efectuarla...

...sin oxígeno no se puede combustir (sic) ni se puede efectuar la respiración.

... se utiliza el oxígeno (a parte de nutrientes) para liberar CO₂ y agua .
Tomado de análisis Lorena)

En cuanto a las diferentes funciones asignadas al oxígeno encontramos que la estudiante considera que a partir de este elemento se obtiene energía y, además, que es necesario para la combustión de los nutrientes (ver recuadro). Lorena **no asigna al oxígeno una función “única”** dentro de la respiración, lo cual la lleva a elaborar **explicaciones** hasta cierto punto **contradictorias**. A diferencia de la consistencia y mayor grado de generalización en las explicaciones centradas en el intercambio de gases, las explicaciones en las que se refiere al oxígeno se caracterizan por ser poco consistentes.

Es importante anotar que no obstante la variedad de funciones asignadas al oxígeno dentro del modelo de la combustión, la estudiante prefiere realizar sus explicaciones al interior de este modelo y no desde el modelo del intercambio de gases. Al parecer, reconoce que las explicaciones centradas en el intercambio de gases no le permiten explicar de manera significativa las preguntas que se le presentan y opta por realizar sus explicaciones tomando ideas del modelo de combustión al interior del cual ubica las diferentes funciones asignadas al oxígeno. En síntesis, consideramos que Lorena emplea básicamente dos modelos para explicar los fenómenos relacionados con la respiración: a partir de un modelo general de intercambio de gases y en segundo lugar, integra las múltiples funciones del oxígeno al modelo de la combustión a nivel sistémico, (ver figura 5.24).

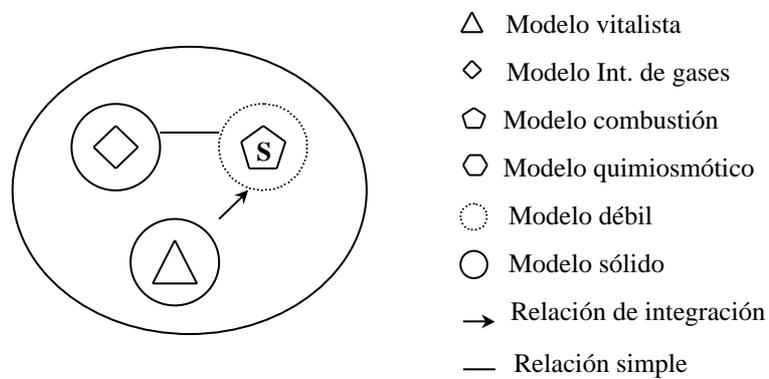


Figura 5. 24 : Principales tipos de explicación encontrados en las respuestas de Lorena

En un análisis más detallado acerca de 12 preguntas realizadas las cuales se seleccionaron para determinar si la estudiante identificaba los cuatro modelos explicativos (ver anexos 2 y 4), corroboramos que Lorena sitúa sus respuestas desde los modelos del intercambio de gases y de la combustión a nivel sistémico, (ver tabla 5. 24).

Tabla 5. 24 : Respuestas de la estudiante a preguntas específicas para los diferentes modelos explicativos. Con **x** se ubica la respuesta según los modelos analizados. Con **no** se indican aquellas respuestas con las cuales no está de acuerdo.

Modelo explicativo	Preguntas											
	Vitalista		I. gases			Combustión			Molecular			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitalista	x	no										
I. gases			x	x	x		x					
Comb. Sist.				x		x		x		x		x
Comb. Cel.												
Molecular									---	---	---	

5.3.5.2. ¿Evolucionan las ideas de Lorena acerca de la respiración?

Observamos **estabilidad** de las ideas expresadas por Lorena en los diferentes textos escritos. Mantiene en sus respuestas finales explicaciones consistentes acerca del intercambio de gases y a la vez conserva algunas de las ideas iniciales acerca de las diferentes funciones del oxígeno dentro del proceso de la respiración, (ver recuadro).

Algunas ideas estables de Lorena

- Considera que la principal función de la respiración es la producción de energía que se da por un proceso de combustión a nivel celular.
- Piensa que en la respiración el CO₂ se forma por la reacción entre la glucosa y el oxígeno.
- No da explicaciones a nivel molecular de los diferentes fenómenos estudiados...

Tomado de análisis Lorena.

En cuanto al oxígeno reconoce que tanto en la combustión como en la respiración se necesita oxígeno y mantiene la idea de que este elemento ayuda a producir la energía o a que se realicen las reacciones de combustión que liberan energía. En cuanto al proceso de la respiración conserva la idea de que para que se realice la combustión celular es necesaria la combustión de nutrientes. Observamos en este caso cierta diferenciación entre combustión y respiración; al parecer Lorena sugiere cierta secuencia entre estos dos procesos: primero se realiza la combustión de los nutrientes y posteriormente la respiración.

Al parecer, el impacto que sobre sus ideas iniciales tuvo el estudio de diferentes puntos de vista acerca de la respiración **no le permitió la elaboración de explicaciones** desde otros modelos explicativos.

El análisis conceptual realizado durante los dos cursos académicos nos muestra cierta **evolución conceptual débil** (Carey, 1985, 1992), en relación con las ideas vitalistas y el modelo de combustión a nivel sistémico planteadas inicialmente, (ver figura). Lorena en sus respuestas iniciales consideraba que el oxígeno, además de cumplir otras funciones, producía energía para el organismo, posteriormente pasa a especificar que el proceso que permite obtener la energía es una combustión en la cual se quema la glucosa y se obtiene CO₂. La importancia de este cambio en la función asignada al oxígeno reside básicamente en cierto debilitamiento de las explicaciones vitalistas con el consecuente fortalecimiento del modelo de combustión a nivel celular. Desde la hipótesis de la compatibilidad (Pozo, 1999), observamos el enriquecimiento conceptual del modelo de combustión celular en el que establece relaciones entre la nutrición y la producción de energía. No observamos evolución de

ninguna idea que haga referencia a aspectos moleculares o a detalles específicos de la ubicación de la respiración a nivel de las organelas celulares.

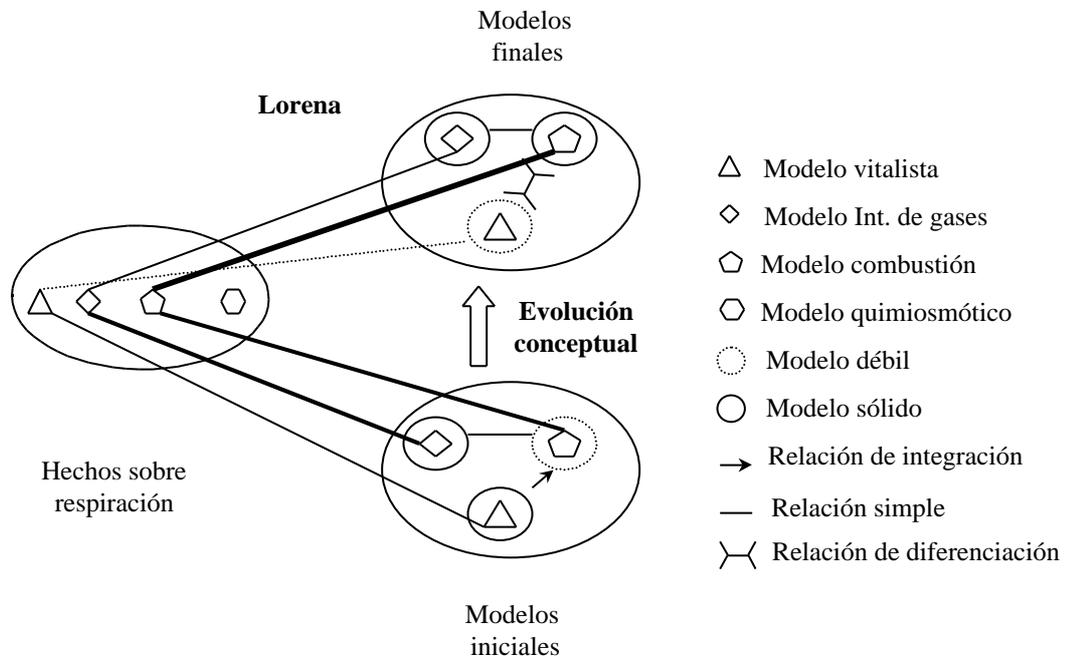


Figura 5. 25 : Diferentes modelos explicativos empleados por Lorena. Se destacan los modelos de combustión e intercambio de gases como los más estables.

La figura 5. 26 representa la consolidación del modelo de combustión a nivel celular. Las ideas propias del modelo de intercambio de gases permanecen estables durante los dos cursos académicos. No sucede lo mismo con ciertas ideas vitalistas las cuales dejan de ser empleadas para explicar la fuente de energía. La consolidación del modelo de la combustión viene determinada por una mayor definición de las ideas que constituyen el modelo y que son empleadas para realizar las explicaciones. En otras palabras, la evolución conceptual encontrada se restringe a una mayor generalización de las ideas que constituyen el modelo de combustión.

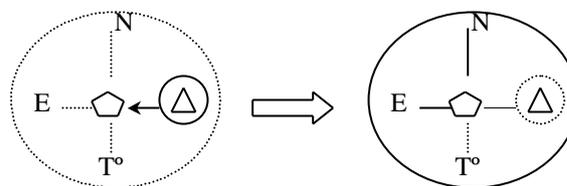
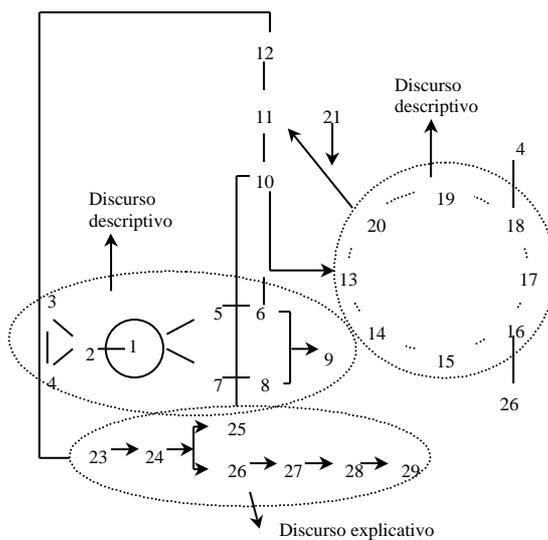


Figura 5. 26: Evolución del modelo de combustión. En el modelo inicial integra de manera débil ideas sobre nutrición (N), ejercicio (E) y temperatura corporal (T). En el modelo final se observa la consolidación del modelo de combustión a nivel celular y la integración de ideas vitalistas al modelos de combustión.

5.3.5.3. Algunas características del discurso escrito de Lorena que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual

Acerca de la coherencia de los textos.

Los textos escritos por Lorena presentan **coherencia global funcional**, (van Dijk 1989). 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, lo cual nos muestra cierta capacidad para reconocer en la pregunta la complejidad que el proceso que quiere explicar involucra, independientemente de las ideas que contenga el texto. 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, (ver análisis cognitivo-lingüístico).



considerarlo como una **herramienta para la construcción de los modelos** con los que interpretamos el mundo. En tal sentido, el lenguaje además de servirnos para expresar nuestros pensamientos acerca de los fenómenos, nos es útil para construir nuestra propia visión del fenómeno.

¿Cómo es la estructura de los textos escritos por Lorena?

4.2. ¿Cómo crees que va cambiando la concentración de glucosa en cada tubo de ensayo?

Las bacterias utilizan la glucosa como fuente de energía, si hay más bacterias necesitan más glucosa y por lo tanto disminuirá. Por otra parte en los tubos que haya más (glucosa) podría haber más crecimiento. (Tomado de Análisis Lorena).

El 64% de conectores empleados por Lorena son de certeza y de lugar. Sigue una **secuencia deductiva** en la elaboración de sus textos, inicialmente especifica los aspectos generales los cuales posteriormente pasa a desarrollar de manera descriptiva. La razón de relaciones causales descriptivas a explicativas es de 5:1 y la razón de relaciones causales directas a complejas es de 5:1.

5. 3. 5. 4. Algunas características metacognitivas y motivacionales que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual

¿Qué clase de críticas puede realizar Lorena?

En las críticas que realiza Lorena a los textos de sus compañeros encontramos que **puede distanciarse parcialmente de las ideas contenida en el texto que analiza**. En tal sentido encontramos que 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 Teresa, quien repite tautológicamente el texto que analiza, y de Jonás, 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 al texto analizado. A continuación ilustramos lo anterior, (ver figura 5.27): en los textos destacamos la capacidad para distanciarse de la estructura superficial del texto que analiza; en la figura mostramos la estructura general de las críticas, las cuales conservan tanto las mismas ideas (representadas por números), como una secuencia similar (representada con líneas gruesas), que las que contiene el texto base.

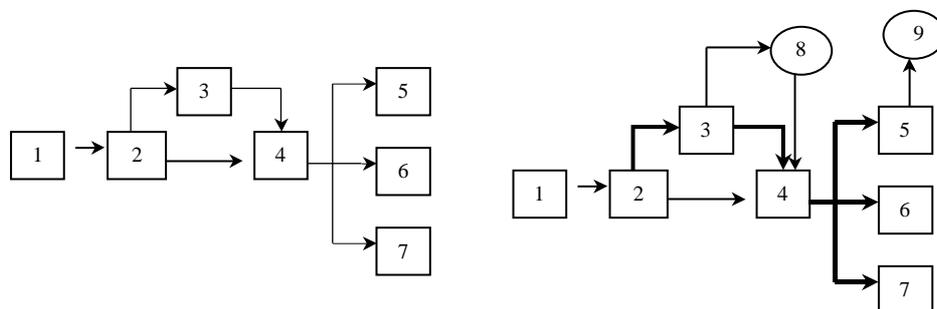


Figura 5. 27: Representación de la secuencia de ideas utilizadas por Lorena en una de sus críticas a un texto de un compañero. En la figura izquierda se representa la secuencia de ideas en el texto base; en la figura derecha se muestra la secuencia propuesta por la estudiante. Con líneas fuertes la secuencia enfatizada por la estudiante; los números representan los diferentes conceptos empleados en la explicación. Con las elipses se muestran los conceptos aportados por la estudiante.

Lorena **critica** en forma independiente las ideas que contiene el texto y lo hace principalmente desde la perspectiva **conceptual**. Al parecer las ideas que le sugiere el texto están motivadas por las ideas individuales encontradas en él. El poco distanciamiento de las ideas del texto la lleva a no encontrar posibles contradicciones o inconsistencias presentes en los textos.

Texto base: A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua.

Estoy de acuerdo con: *Estoy de acuerdo que el oxígeno llega a las células a través de la sangre (más correctamente de los glóbulos rojos). ...se utiliza oxígeno para producir una reacción que desprende energía, CO2 y agua.*

No estoy de acuerdo con: *Tal vez especificaría que con son los glóbulos rojos los que transportan el O2. Añadiría que la energía que se desprende de la reacción la utilizan después músculos...etc.*

Frente al texto base Lorena **puede aportar nuevos conceptos y referirse a la forma** como esta escrito el texto que analiza. La estudiante puede identificar cuándo un texto le genera dificultades para su comprensión, lo cual la puede llevar a realizar sugerencias tales como la de procurar... *expresarse con más claridad siguiendo un orden o de más a menos específico o al revés*; o a escribir expresiones como: *...Creo que en esta pregunta debería detallar más que ocurre con el oxígeno cuando esta dentro del organismo. Se debería explicar cómo éste llega a las células para que se pueda producir la reacción que dice...* 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.

Acerca de la regulación

Las diferentes **etapas** propuestas para responder las preguntas planteadas son **generales**, dentro de las cuales menciona: *leer y entender la pregunta, relacionar los conceptos, pensar la respuesta, escribir el resultado*. Al parecer la estudiante no tiene un conocimiento detallado de cómo logra entender las preguntas que se le hacen y de cómo llega a sus respuestas finales. Si bien en el proceso que nos puede llevar a encontrar posibles soluciones a los problemas el planteamiento de etapas es importante, conviene destacar la necesidad de definir pasos más finos en el proceso que nos lleva a la respuesta final. Cada una de las etapas antes planteadas por Lorena puede contener a su interior un conjunto de pasos que en última instancia son los verdaderamente responsables del proceso que conduce a la elaboración de las respuestas. La estudiante no parece tener conocimiento acerca de las estrategias que le permiten pensar los problemas y obtener las respuestas correspondientes.

En cuanto a la finalidad de la actividad encontramos que Lorena considera tanto aspectos de orden conceptual

- Encontrar la variación del crecimiento de bacterias en función de la concentración de glucosa y de la presencia de oxígeno.
- Poner en relación conocimientos de energía calorífica y tiempo.

Como cognitivo

- Creo que era ver si sabíamos a partir de unos datos llegar a conocimientos o conclusiones.
- Saber identificar errores y saber como escribir una mejor respuesta.

Tomado de Análisis Lorena.

...no hace falta que me digan el camino que debo de seguir pero si ser claros a la hora de explicar lo que quieren. ...
... no me interesa mucho trabajar en casa con mucha información, me cuesta ponerme a hacer lo que realmente debo hacer y en cambio miro muchas cosas que no "interesan". Me gusta atender a clase, prefiero que me expliquen cosas, me interesa más y no me esfuerzo. ...
... Me gusta estar atenta en clase y enterarme de lo que hago, si no es así me bloqueo y cuando llego a casa me siento mal. ...Pienso que estudiar es importante pero que no lo es todo en esta vida

En cuanto a la finalidad de la actividad encontramos que Lorena **diferencia ciertos aspectos conceptuales de otros cognitivos**. Aunque encontramos una referencia muy general a estos dos ordenes intencionales de las actividades propuestas, es importante destacar que la estudiante dirige sus reflexiones de manera específica a cada uno de ellos, (ver recuadro). Puede referirse a conceptos específicos (relación entre crecimiento bacteriano, concentración de glucosa y demanda de oxígeno), a aspectos más de orden metaconceptual (saber identificar errores) y de orden metacognitivo (saber escribir una mejor respuesta).

Lorena considera que **progresar adecuadamente** en el curso de biología. Destaca que es una asignatura que le gusta y que se le da bien (ver anexo). Cree que sus respuestas no serán consideradas adecuadas por su profesor debido a que él esperaría que fueran más claras y más completas. Destaca en forma reiterada que siempre es posible mejorar, lo cual podría llegar a constituirse como una autojustificación

de su desempeño académico. Se identifica más con una estudiante **concienzuda** y menos con una curiosa y buscadora de éxito, (Bacas y Martín-Díaz, 1992). Valora en forma positiva que en las clases se den buenas explicaciones, tanto a nivel de los conceptos estudiados como de las actividades que se proponen.

5.3.5.5. Aspectos profundos y superficiales en las ideas de Lorena

Lorena, a través del análisis de sus textos y los de sus compañeros muestra un enfoque de aprendizaje superficial. Puede referirse a las ideas que contienen los textos sin llegar a repetir textualmente lo que éstos dicen. Se observa que intenta dar respuestas a las preguntas realizadas, las cuales pueden ser correctas o incorrectas. Su capacidad de distanciamiento y de crítica frente a los textos que analiza es media. Sus textos son descripciones de lo que puede suceder y no de por qué o cómo ocurren los eventos que quiere explicar; son respuestas que “parecen” científicas pero que no explican realmente el fenómeno que analiza. Puede establecer interrelaciones entre las diferentes ideas que contienen sus explicaciones así como identificar algunas ideas centrales en torno de las cuales organizar su discurso escrito. A continuación destacamos los principales aspectos profundos y superficiales encontrados en los textos escritos por la estudiante.

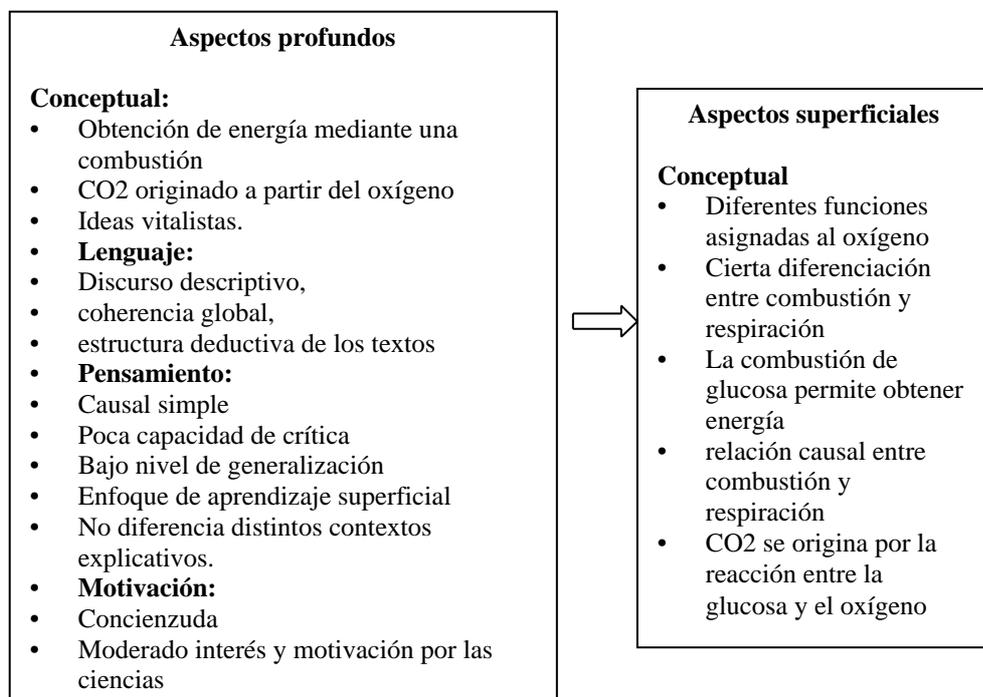


Figura 5. 28: Algunos aspectos profundos y superficiales de la estructura conceptual de Lorena.

5. 3. 6. Posibles inter-relaciones entre las tres categorías estudiadas.

Presentamos inicialmente una caracterización general de posibles interrelaciones entre las diferentes categorías analizadas. El propósito de este primer acercamiento comprensivo integral es el de ubicar el contexto multidimensional en el que se da la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, a partir del cual nos referiremos de manera más específica al proceso de evolución conceptual mostrado por la estudiante durante los dos cursos académicos.

Lorena utiliza principalmente el modelo de combustión e intercambio de gases para responder a los hechos que se le presentan. Haber generalizado sus ideas en función en estos dos modelos le permite realizar críticas centradas en ellos, en las que se observa que sigue las ideas contenidas en los textos; sus aportes son principalmente de orden conceptual, lo que hace que sus críticas se refieran a ideas puntuales contenidas en los textos y no a su contenido global.

La **evolución conceptual** mostrada por Lorena se ubica principalmente en la consolidación del modelo de combustión a nivel celular. Integra ideas vitalistas al modelo de combustión y a su vez precisa relaciones entre la nutrición y la producción de energía. La evolución se da al interior del modelo menos consolidado; es importante en el sentido de que la estudiante establece diferencias entre los distintos modelos y a su vez consolida el modelo de la combustión. Es importante anotar la **diferenciación** que ha logrado Lorena entre los distintos modelos explicativos de la respiración. En sus conceptualizaciones finales, a diferencia de las iniciales, se observa que diferencia los modelos vitalista y de combustión, de igual manera encontramos una mayor referencia a procesos celulares que a sistémicos. La evolución conceptual nos muestra la consolidación del modelo de combustión en el que se empiezan a diferenciar aspectos celulares sin llegar a establecer explicaciones que incluyan el modelo molecular.

Encontramos que Lorena puede **distanciarse** de los textos referidos específicamente al modelo del intercambio de gases, sobre los cuales puede realizar aportes. Frente a los textos que se refieren a los modelos de combustión y molecular no llega a precisar sus críticas; esto nos lleva a suponer que la estudiante se desempeña críticamente según ciertos modelos. Esta capacidad de **crítica diferenciada** le permite identificar acuerdos y desacuerdos al interior específicamente del modelo del intercambio de gases y no al interior de otros modelos explicativos. Los textos elaborados por Lorena nos llevan a pensar en la co-existencia de diferentes modelos con distintos grados de consistencia y coherencia, los cuales son utilizados por la estudiante con distintos niveles de seguridad.

Dentro de los aspectos metacognitivos y motivacionales más importantes destacamos que Lorena considera que **progresa adecuadamente** en el curso de biología. En términos generales encontramos **poco conocimiento de sus procesos cognitivos**.

Destaca en forma reiterada que siempre es posible mejorar, lo cual podría llegar a constituirse como una **autojustificación** de su desempeño académico. Tiene una actitud **positiva frente** al aprendizaje de las ciencias. Muestra **inseguridad** frente a sus respuestas y cree que éstas no serán consideradas adecuadas por su profesor debido a que los conceptos no están claros y que además son incompletos. Se describe como una estudiante **concienzuda**.

En la escritura de sus textos encontramos que puede identificar la idea global que quiere expresar y en función de ella integrar y relacionar otras ideas. Sin embargo en las críticas que realiza a los textos de sus compañeros es incapaz de aprehender la idea global del texto que analiza, lo que la lleva a elaborar **críticas puntuales**. Este diferente comportamiento en cuanto a la coherencia nos indica diferencias importantes frente a las capacidades mostradas por Jonás o por Teresa. En este sentido consideramos que Lorena se encuentra a “medio camino” en cuanto al análisis de la coherencia global: **logra escribir textos con coherencia global** en los que se identifica con claridad la idea central que quiere comunicar y a su vez, **tiene dificultades para identificar las ideas generales** de los textos que analiza, lo que la lleva a elaborar críticas puntuales a las conceptualizaciones de sus compañeros. En coherencia con lo anterior encontramos que la estudiante tiene poca capacidad para distanciarse y criticar los textos que analiza.

En los diferentes textos escritos por Lorena encontramos un uso del lenguaje en el que predominan los conectores de certeza, son textos en los que se explican las diferentes situaciones que se presentan **sin llegar a emplear un lenguaje hipotético**. Al parecer la estudiante trata de dar respuestas a las diferentes preguntas sin reconocer sus posibles limitaciones conceptuales, lo que la lleva a elaborar textos en los que **refleja seguridad** en sus respuestas. No observamos el planteamiento de respuestas hipotéticas en las que trate de establecer nuevas relaciones entre los diferentes conceptos analizado.

En el caso de Lorena encontramos que se reúnen conocimientos conceptuales adecuados para el nivel educativo, poco conocimiento metacognitivo y una adecuada motivación por las ciencias. Un aspecto que se erige como crucial para su evolución conceptual es el relacionado con su capacidad para establecer semejanzas y diferencias entre los diferentes modelos explicativos. En este sentido encontramos que la estudiante no ha logrado cierto grado de **autonomía conceptual** que le permita actuar de manera crítica frente a los textos que analiza. Mencionada autonomía requiere precisar aspectos conceptuales, requiere que la estudiante aprenda a identificar diferentes contextos en los cuales pueda emplear de manera más significativa sus distintos modelos explicativos.

En la figura 5.29 integramos las categorías de análisis cognitivo-lingüístico y metacognición en la explicación de la evolución conceptual de la estudiante. En el centro de la figura se presenta la evolución conceptual mostrada durante los dos

cursos académicos. En torno a esta categoría se muestran las principales características de las otras dos categorías analizadas.

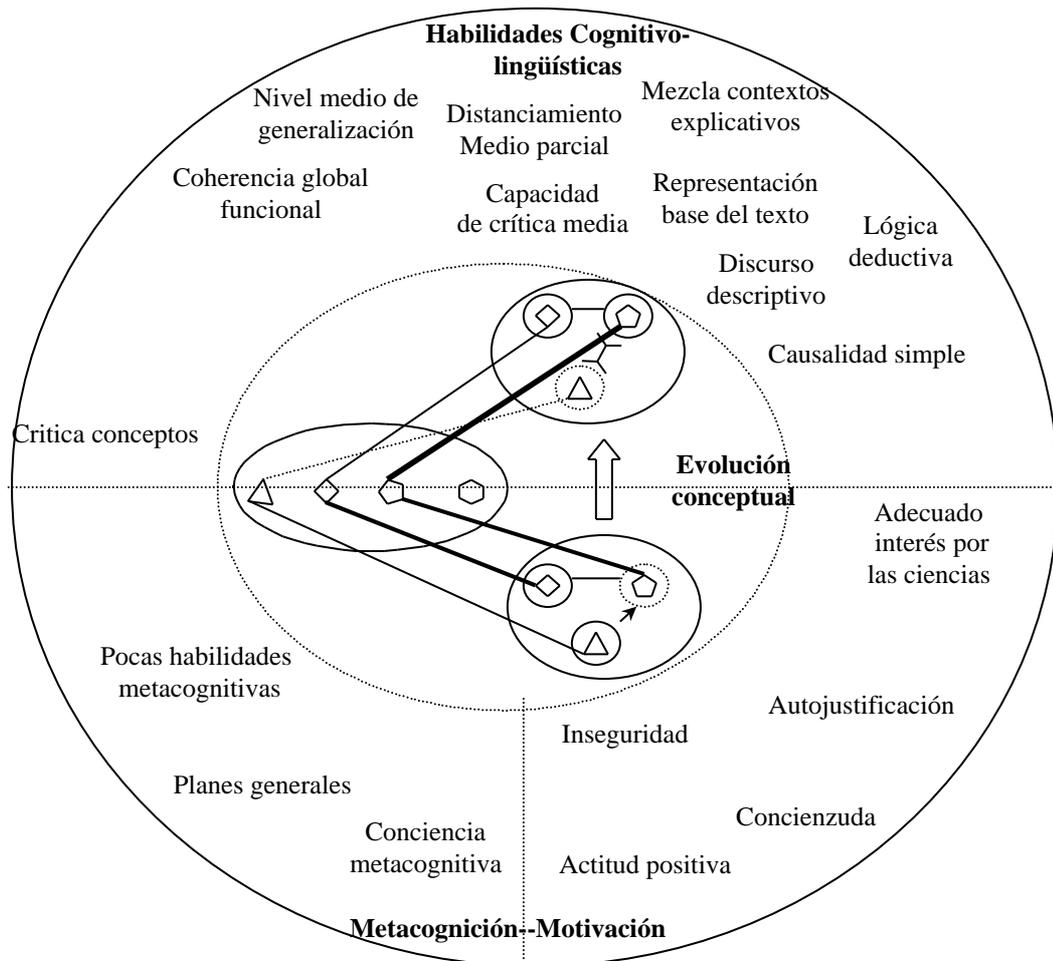


Figura 5. 29: Evolución conceptual de Lorena desde la perspectiva multidimensional. En el centro se representa la evolución conceptual de la estudiante y, en la periferia, se caracterizan las dimensiones cognitivo-lingüística y metacognitivo-motivacional.

5. 4. Análisis y discusión de las conceptualizaciones de Laura

5. 4. 1. Categoría de análisis: Evolución conceptual

Para el análisis de las concepciones de Laura de la respiración tendremos en cuenta las siguientes tópicos: la *ubicación*, la *función*, y el *proceso* asignado a la respiración así como las posibles *relaciones* con otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal. A continuación nos referiremos a cada una de ellos.

Análisis conceptual, fase 1: Ideas de Laura sobre la respiración

Ubicación del proceso de la respiración:

Laura ubica principalmente la respiración a nivel sistémico y centrada principalmente en los pulmones.

- 1) *... en la respiración hay dos procesos: la inspiración y la expiración. La inspiración es un proceso en el que cogemos oxígeno. Los pulmones se hinchan de oxígeno. La expiración es el proceso en el que liberamos CO₂ de nuestro cuerpo.*
- 2) *...un animal no puede respirar si no tiene pulmones.*

Funciones asignadas a la respiración:

Considera que la función principal de la respiración es tomar el oxígeno del aire, a partir del cual se obtiene parte de la energía necesaria para el organismo. Relaciona además la función del oxígeno con la reproducción celular.

- 3) *... nuestra función es tomar oxígeno pero no liberar gas carbónico, porque no tenemos gas.*
- 4) *...el oxígeno no nos da toda la energía que necesitamos para nuestras funciones, necesitamos otras energías para nuestras funciones.*

Proceso de la respiración:

Laura relaciona el proceso de la respiración tanto con una combustión como con un proceso de intercambio de gases.

- 5) *La respiración es semejante a la combustión...porque tienen un proceso semejante.*
- 6) *Que [solo] se produce la combustión de oxígeno en las células.*

- 7) *Lo que dice que se produce una combustión, no estoy muy segura de esto. ... mediante el oxígeno obtenemos energía que va al corazón, no sólo será para el corazón.*
- 8) *... nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones y ... desprendemos dióxido de carbono. Nos quedamos con el oxígeno nuevo, el cual ayuda a bombear la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.*

Los textos anteriores nos muestran que la estudiante cree que la respiración es un proceso de combustión (5 y 6), sobre el cual plantea algunas dudas (7), y a su vez afirma que es un proceso de intercambio de gases (8).

Relaciones de la respiración con otros procesos.

Observamos un aparente desconocimiento de posibles relaciones entre la respiración y otros procesos como la nutrición y la producción de energía asociada directamente a la respiración. Laura menciona que: *... no tiene nada que ver la nutrición para que la respiración sea buena o mala*, por lo cual esta completamente de acuerdo en que no existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición. En cuanto a la producción de energía y el ejercicio piensa que:

- 9) *...No hay ninguna relación (entre la respiración) con la producción de energía.*
- 10) *...al estar continuamente respirando la temperatura de nuestro cuerpo se mantiene constante.*
- 11) *Esta diferencia en la respiración yo creo que se debe a según el ritmo que lleva en cada caso, por ejemplo si se está corriendo haces mucho mas esfuerzo y tienes que respirar mucho más de prisa que si estas en reposo.*

En 9 observamos que Laura es enfática en plantear que no existe relación entre la respiración y la producción de energía, y no llega a especificar otras posibles fuentes de energía diferentes al oxígeno (ver afirmación 4). A partir de la información anterior parece que la afirmación 10 entra en el ámbito del sentido común, dada la desarticulación mostrada entre los procesos de nutrición y respiración. En el mismo sentido consideramos la afirmación 11 en la que relaciona el ejercicio con la respiración. En este caso parece referirse de manera específica a la respiración como intercambio de gases en el cual no se llega a liberar dióxido de carbono (ver afirmación 3).

En el análisis anterior encontramos que Laura no emplea en sus explicaciones aspectos moleculares de la respiración, los cuales permiten explicar las posibles transformaciones entre las diferentes sustancias, así como las relaciones existentes entre los diferentes procesos mencionados. Dentro de las principales ideas encontradas podemos citar las siguientes:

- Considera que la respiración es semejante a la combustión.
- No hace referencia a explicaciones a nivel molecular que permitan ver las interacciones entre diferentes sustancias y procesos relacionados con la respiración.
- Confusión generalizada en los procesos de respiración, combustión e intercambio de gases.
- Considera que el oxígeno cumple diferentes funciones dentro de las cuales menciona la producción de parte de la energía y su transformación en dióxido de carbono, importante para la producción de nuevas células.
- Realiza sus explicaciones desde el ámbito del sentido común.

Análisis Conceptual, Fase 2.

La información que se analiza en la fase 2 del análisis conceptual fue recogida durante el estudio de la unidad didáctica “metabolismo”. El objetivo central de este análisis es el de confirmar la presencia de ciertas concepciones sobre la respiración, así como evaluar su estabilidad y su posible cambio a través del estudio de la unidad. De igual manera pretendemos establecer posibles relaciones entre los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos conocimientos enseñados.

Las preguntas 4.1 y 4.2 exploran las ideas de Laura sobre la relación entre metabolismo-nutrición y consumo de oxígeno, (ver tabla 5.24).

Tabla 5. 24: Respuestas de Laura al cuestionario 4: crecimiento bacteriano en el que se buscan posibles relaciones entre respiración y metabolismo (nutrición).

Pregunta	Respuesta
4.1 En un experimento que se realizó en el laboratorio sobre crecimiento de bacterias en presencia y en ausencia de aire se obtuvo la siguiente gráfica ¿Por qué crees que el crecimiento bacteriano fue mayor en presencia de aire?	<i>Creo que el crecimiento bacteriano fue mayor en presencia de aire porque al tener el oxígeno pueden alimentarse mejor que si no tuvieran oxígeno.</i>
4.2 ¿Cómo crees que va cambiando la concentración de glucosa en cada tubo de ensayo?	<i>La concentración de glucosa va cambiando a medida que aumenta el número de bacterias. Cuantas más bacterias más concentración de glucosa habrá. En la concentración de glucosa en las bacterias con aire aumenta y en la de las bacterias sin aire aumenta un poco después se mantiene.</i>
4.3. El dióxido de carbono fue uno de los gases liberado por las bacterias, cómo crees que se formó este gas?	<i>Creo que el dióxido de carbono se forma a partir del oxígeno que cogen las bacterias a medida que iban creciendo.</i>

<p>4.4. Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?</p>	<p><i>En los tubos con más crecimiento bacteriano hay mayor temperatura porque hay más bacterias y más concentración de glucosa. Y en los tubos con menos crecimiento hay menor temperatura porque hay menos bacterias y menos concentración de glucosa.</i></p>
---	--

En la respuesta 4.1 Laura parece asignar al oxígeno una función alimenticia, como lo ilustramos a continuación:

- 12) *Cuantas más bacterias más concentración de glucosa habrá...*
- 13) *...en las bacterias con aire aumenta (la concentración de glucosa) y en la de las bacterias sin aire aumenta un poco...*

Sobre la pregunta 4.3 afirma de nuevo que el oxígeno es importante para el crecimiento bacteriano y a su vez plantea que el dióxido de carbono se origina a partir del oxígeno. En su respuesta a la pregunta 4.4 plantea la relación entre el número de bacterias y la concentración de glucosa sin llegar a especificar algunas de las razones por las cuales se observan cambios en la temperatura. A continuación presentamos un análisis más detallado de la relación entre la respiración y la temperatura corporal.

En las respuestas 5.1 y 5.2 (ver tabla 5.25), no menciona las razones que explican el cambio observado en la temperatura. Considera que el ratón puede desprender calor sin llegar a especificar los procesos o las reacciones que sustenten esta afirmación. De igual manera expresiones como: *...algunos grados más de 17, pero no mucho más porque el ratón puede desprender un cierto calor pero no elevará mucho la temperatura del agua...* y, *... Podrá llegar como mucho a 30°,* parecen completamente subjetivas y distanciadas de las explicaciones desde el campo biológico.

Tabla 5. 25: Respuestas de Laura al cuestionario 5: calorímetro. Posibles relaciones entre respiración y los cambios en la temperatura.

Pregunta	Respuesta
<p>5.1. ¿Cómo puedes explicar el incremento observado en la temperatura?</p>	<p><i>El incremento de la temperatura puede ser debido a que el agua al estar a una cierta temperatura que se mantiene al poner el ratón dentro del calorímetro, con la misma temperatura del agua, y el calor propio del ratón hizo que aumente más la temperatura.</i></p>
<p>5.2. ¿Cuál crees que sea la temperatura máxima que puede alcanzar el agua y</p>	<p><i>El agua podrá alcanzar una temperatura máxima de algunos grados más de 17, pero no mucho más porque el ratón puede desprender un cierto calor</i></p>

por qué?	<i>pero no elevará mucho la temperatura del agua. Aunque el calor del ratón se mantiene en el calorímetro eso puede ir haciendo que el agua aumente de temperatura. Pero al cabo de un tiempo el agua se mantendrá a la temperatura máxima que halla llegado porque el calorímetro hace que la temperatura se mantenga. Podrá llegar como mucho a 30°.</i>
5.4. ¿Explica brevemente la gráfica que has realizado?	<i>Al principio el agua está a 17° y va aumentando progresivamente cuando el ratón esta dentro y ha desprendido calor y después se mantiene la temperatura en el calorímetro.</i>

A continuación presentamos un análisis más detallado acerca del consumo de oxígeno y su relación con la actividad física, para ello utilizaremos las respuestas dadas al cuestionario 7, (ver tabla 5.26).

Tabla 5.26: Respuestas de Laura al cuestionario 7 que exploran el consumo de O2 por el colibrí y su relación con la actividad física.

Pregunta	Respuesta
7.1. El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.	Esta de acuerdo con: <i>Con lo que dice que al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.</i> Esta en desacuerdo con: <i>No estoy de acuerdo con lo que dice que el colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad.</i>
7.2. Creo que la gráfica es errónea. No creo que haya una diferencia tan importante en el consumo de oxígeno cuando el colibrí vuela y cuando esta en reposo. Cuando el colibrí vuela debe consumir casi la misma cantidad de oxígeno que cuando esta en reposo.	Esta de acuerdo con: <i>No estoy de acuerdo en nada de lo que dice.</i> Esta en desacuerdo con: <i>Creo que está equivocado en todo lo que dice.</i>
7.3. El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.	Esta de acuerdo con: <i>Estoy de acuerdo en todo lo que dice, que el colibrí cuando esta volando está gastando más oxígeno y a la vez está gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.</i> Esta en desacuerdo con: <i>Yo creo que no se equivoca en nada de lo que ha dicho.</i>

<p>7.4. Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.</p>	<p>Esta de acuerdo con: <i>Estoy de acuerdo en lo que dice, en que al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar.</i></p> <p>Esta en desacuerdo con: <i>Yo creo que lo que Marta ha explicado esta bien, pero no estoy de acuerdo con lo que dice que el colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, esta energía es utilizada para muchas funciones.</i></p>
---	---

Laura inicialmente esta de acuerdo en que el ejercicio (volar) produce un incremento en la temperatura. Sin embargo cree que el incremento en el consumo de oxígeno asociado al ejercicio, para el caso del colibrí, no se debe a que este gas sea utilizado para enfriar al organismo. Está de acuerdo en que el oxígeno es utilizado para poder realizar la combustión y para producir la energía necesaria para la actividad. De manera específica muestra su desacuerdo con que se obtenga energía a partir del oxígeno contenido en el aire.

El análisis de los cuestionarios 4, 5 y 7 nos permite llegar a las siguientes conclusiones acerca de las ideas de Laura:

1. Asigna múltiples funciones al oxígeno dentro de las que se destacan su participación en el crecimiento, en la producción del dióxido de carbono, y en la obtención de energía.
2. Desconocimiento de los aspectos moleculares que permiten explicar el origen y el gasto de sustancias así como las relaciones entre la respiración y otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal.
3. Sus explicaciones parecen más cercanas al sentido común que al conocimiento biológico.

Análisis conceptual, Fase 3.

A continuación realizamos el análisis conceptual de las respuestas de Laura al cuestionario 8, en el cual se propone a la estudiante que discuta las respuestas que dio a diferentes preguntas en el curso anterior, (ver tabla 5.27). Las respuestas finales se recogieron después de dos semanas de haber terminado el estudio de la unidad “metabolismo”. Este análisis es importante para determinar cuales aspectos son los más estables y/o dinámicos de la estructura conceptual de l estudiante. Sirve además como referencia para establecer posibles evoluciones conceptuales en el campo de estudio.

Tabla 5.27: Respuestas de Juan al cuestionario n° 8. Posibles cambios conceptuales sobre la respiración

Pregunta	Respuesta
8.1. No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición	<p>Respuesta inicial: <i>Completamente de acuerdo. Porque no tiene nada que ver la nutrición para que la respiración sea buena o mala.</i></p> <p>Respuesta final: <i>Estoy de acuerdo con: Que no tiene que ver la respiración con la nutrición.</i> <i>Estoy en desacuerdo con: La respiración sea buena o mala. Pero si tiene una buena nutrición tendrá una salud mejor y a la hora de hacer deporte puede ayudar más.</i></p>
8.2. La respiración es semejante a la combustión?	<p>Respuesta inicial: <i>Porque tiene un proceso semejante</i></p> <p>Respuesta final: <i>Estoy de acuerdo con: Que es un proceso semejante</i> <i>Estoy en desacuerdo con: Nada</i></p>
8.3. Un animal cuando se muere se enfría?	<p>Respuesta inicial: <i>Acuerdo. Porque cuando se muere ya no tiene energía y tiene una disminución de todo</i></p> <p>Respuesta final: <i>Estoy de acuerdo con: Que cuando se muere no tiene energía, porque ya no tiene respiración, los procesos de todo el cuerpo ya no se realizan</i> <i>Estoy en desacuerdo con: Nada</i></p>
8.4. A respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.	<p>Respuesta inicial: <i>Desacuerdo. Porque el oxígeno no nos da toda la energía que necesitamos para nuestras funciones, necesitamos otras energías para nuestras funciones.</i></p> <p>Respuesta final: <i>Estoy de acuerdo con: Nada</i> <i>Estoy en desacuerdo con: Todo, porque el oxígeno es el principal factor que es el que más produce la energía y sin oxígeno nos moriríamos.</i></p>
8.5. Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?	<p>Respuesta inicial: <i>Acuerdo. Porque la necesitan para ir produciendo más células.</i></p> <p>Respuesta final: <i>Estoy de acuerdo con: Todo, porque las células necesitan el oxígeno para producir CO₂ y para seguir produciendo más células.</i> <i>Estoy en desacuerdo con: Nada</i></p>

En su respuesta a la pregunta 8.1 Laura mantiene la idea de que no existe relación entre la nutrición y la respiración. De igual forma considera que la respiración es semejante a la combustión. En su respuesta final a la pregunta 8.3 al escribir que *...cuando se muere no tiene energía, porque ya no tiene respiración...* parece afirmar que a partir de la respiración se obtiene energía, lo cual parece corroborarlo al escribir que *...el oxígeno es el principal factor que es el que más produce la energía...* En sus respuestas finales encontramos además que la estudiante conserva la idea de que el oxígeno cumple funciones en la (re)producción celular y que el dióxido de carbono se produce a partir del oxígeno en la respiración.

En el caso de Laura observamos que el estudio de la unidad “metabolismo”, al parecer, no permitió que lograra un mayor nivel de abstracción, y con él una mayor generalización, de las ideas estudiadas. Este análisis conceptual nos informa a su vez

de la gran estabilidad de sus ideas las cuales se mantienen casi invariables durante los dos años de la investigación.

Conclusiones sobre el análisis conceptual:

En la tabla presentada a continuación mostramos los aspectos centrales de las conceptualizaciones de Laura durante los dos años de la recolección de la información.

Tabla 5.28: Conclusiones sobre el análisis conceptual

Fase 1: Análisis de las Concepciones Cuestionarios 1 y 3	Fase 2: Ideas durante la unidad <i>metabolismo</i>. Cuestionarios 4, 5 y 7	Fase 3: Comparación de la información Cuestionario 8
Considera que la respiración es semejante a la combustión. Cree que la respiración es un proceso semejante a la combustión.		
Aparente confusión generalizada en cuanto a los procesos de respiración, combustión e intercambio de gases.		
Considera que el oxígeno cumple diferentes funciones dentro de las que menciona la producción de parte de la energía y su transformación en dióxido de carbono, importante para la producción de nuevas células.		
Al parecer realiza sus explicaciones desde el ámbito del sentido común.		
No hace referencia a explicaciones a nivel molecular que permitan ver las interacciones entre diferentes sustancias y procesos relacionados con la respiración como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal.		

El análisis conceptual realizado nos permite concluir:

1. No establece diferencias entre las ideas de los modelos explicativos de la respiración, lo cual conduce, al parecer, a la utilización de ideas de manera sincrética.
2. Bajo nivel de generalización de las ideas referidas a la respiración.
3. Gran estabilidad de las ideas de la respiración, lo cual al parecer lleva a una aparente estabilidad conceptual que en cierta medida se constituye en obstáculo para el logro de nuevos aprendizajes.
4. Prevalencia de explicaciones de sentido común a lo largo de los dos cursos académicos cuando se recogió la información.
5. No hace referencia a aspectos moleculares en sus explicaciones.

5. 4. 2. Análisis cognitivo-lingüístico.

Para este análisis tomamos como base los textos más extensos escritos por los estudiantes, los cuales contienen en promedio 160 palabras. Se emplearon básicamente los textos elaborados en los cuestionarios 3 y 5. Con respecto al

cuestionario 3 es importante aclarar que el texto que se analiza fue elaborado por los estudiantes después de haber analizado 5 conceptualizaciones de otros compañeros. Todos los estudiantes analizaron los mismos 5 textos (cuestionario 3, pregunta 3.1, ver anexo) en el mismo orden. Luego pasaron a dar respuesta a la pregunta: *Para mí la respiración es?*

Causalidad

En el análisis sobre el tipo y frecuencia del uso de conectores encontramos que Laura emplea un 42% de conectores de certeza y un 47.5% de lugar. En su conjunto, el 90% de los conectores son de certeza y lugar. La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas es de 12:0. La razón de relaciones causales directas a relaciones causales indirectas es de 12:0, lo cual puede ser un indicador de la poca interrelación que establece la estudiante entre las diferentes ideas expresadas en su discurso escrito. Estos valores a su vez nos confirman el gran carácter descriptivo del texto analizado así como la baja coherencia global funcional de éste.

Tabla 5.29: Clase de conectores y frecuencia de uso en textos largos. Ca: causa, Ce: certeza, Co: condición, Cs: consecuencia, O: oposición, L: lugar.

Oraciones	Conectores						Secuencia de conectores	Porcentaje
	Ca	Ce	Co	Cs	O	L		
<i>...es un proceso <u>por el cual</u> obtenemos oxígeno mediante los procesos <u>de</u> inspiración y expiración(1). <u>En el cual</u> este oxígeno va <u>a</u> parar a nuestros pulmones <u>donde se</u> renueva y expulsamos CO2(2). El oxígeno lo cogemos <u>por</u> la nariz o <u>por</u> la boca y este oxígeno también llega <u>a</u> las células <u>donde se</u> produce energía a estas células(3). Este oxígeno va <u>a</u> parar a la sangre que lleva oxígeno que bombeado la sangre llega <u>hasta</u> el corazón(4). El oxígeno lo cogemos del aire que nos rodea y que lo generan los árboles(5). Mediante los procesos <u>de</u> inspiración y expiración cogemos oxígeno y después <u>de</u> renovarlo lo volvemos a expulsar transformado <u>en</u> CO2(6).</i>		x x x x	x x					Ca = Ce = 42% Co = 10.5% Cs = O = L = 47.5% Ce + L = 89.5%

Estructura del discurso escrito

En el texto de la tabla 5.29 identificamos un solo párrafo constituido por 6 ideas generales que hacen referencia a la respiración como un proceso de intercambio de gases. El texto inicia con una breve definición de la respiración en la que hace referencia a los procesos de inspiración y expiración, a continuación describe en forma general el transporte del oxígeno hasta su llegada a las células. En la figura 5.30 representamos la estructura general del texto.

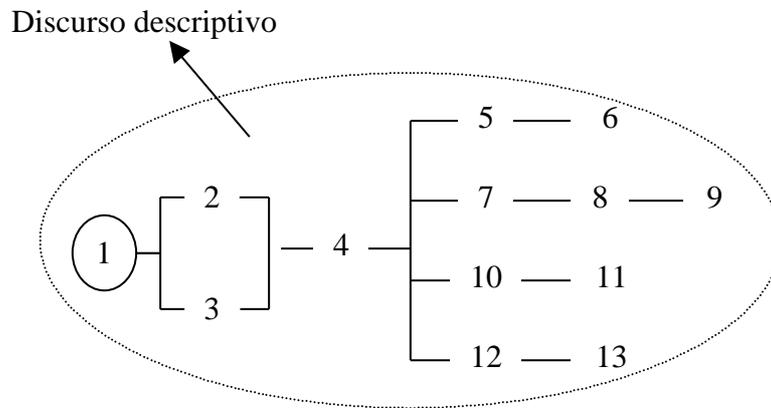


Figura 5.30: Representación de la conceptualización de Laura. Los números indican los diferentes conceptos empleados.

Análisis de la coherencia

La figura 5.30 nos muestra el gran carácter descriptivo del texto escrito por Laura. Encontramos un total de 13 ideas-concepto relacionadas con el transporte de gases. Los diferentes conjuntos de ideas se presentan de manera lineal y sin llegar a interrelacionarlas. Dentro de la estructura descriptiva del texto analizado encontramos que Laura da especial importancia al concepto de *oxígeno* (4) (ver figura 5. 31), en torno del cual giran las diferentes ideas expuestas. En tal sentido encontramos que el discurso analizado presenta coherencia local en la cual priman las relaciones condicionales o temporales entre las diferentes ideas expresadas.

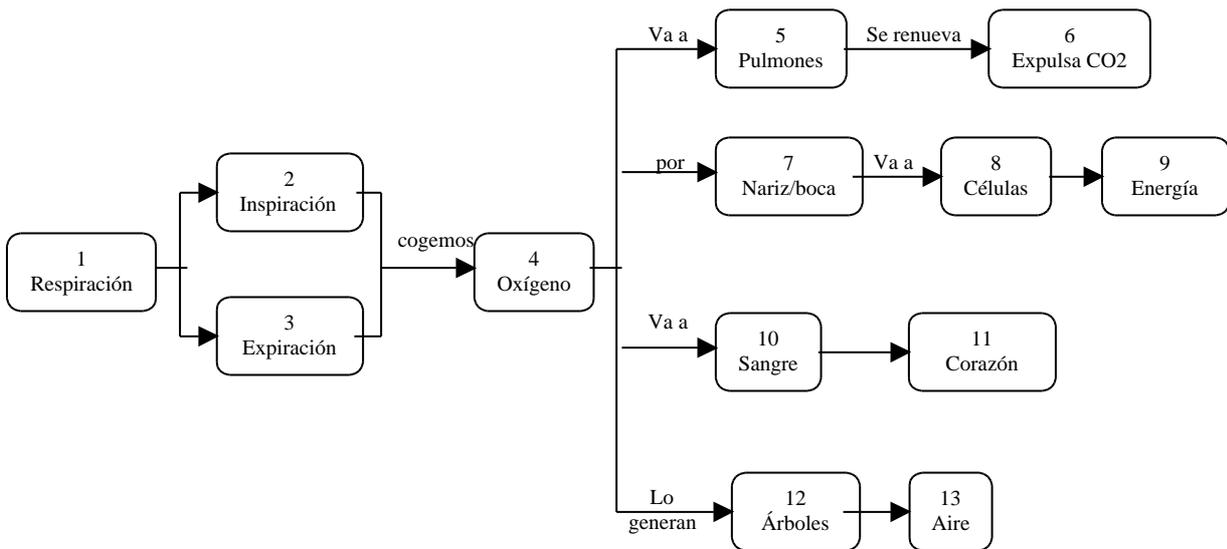


Figura 5.31: Secuencia de conceptos en el texto escrito por Laura.

No encontramos en el texto en mención alguna idea que adquiriera nuevos significados en función de las otras ideas expresadas, lo que nos lleva a pensar en la baja coherencia global funcional del texto escrito por Laura. Vemos que las ideas que inicialmente se describen no son utilizadas posteriormente por la estudiante para elaborar una explicación en la que se integren diferentes partes de su discurso.

Conclusiones sobre el análisis cognitivo-lingüístico:

A continuación destacamos los aspectos más sobresalientes del análisis realizado.

1. Laura organiza su discurso escrito y presenta sus ideas en forma descriptiva.
2. El discurso en su conjunto presenta baja coherencia global funcional.
3. Tendencia al empleo de pensamiento causal simple en los textos. El 90% de los conectores empleados son de certeza y de lugar. La razón de relaciones causales descriptivas a relaciones causales explicativas es de 12:0; una razón similar se encuentra entre las relaciones causales simples y las complejas.
4. Aparente dificultad para expresar las ideas lo cual lleva a la elaboración de textos, en muchos casos, incoherentes.

5. 4. 3. Análisis: metacognición.

Análisis del Juicio crítico

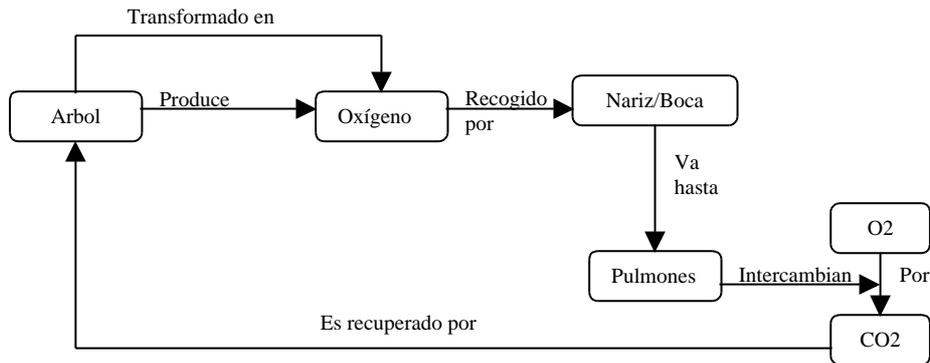
El análisis del *juicio crítico* se realizó principalmente con base en los análisis realizados por Laura a los textos de sus compañeros (cuestionarios 3, 7) y a sus propios textos (cuestionario 8). Frente a los diferentes textos analizados, los estudiantes debían plantear con que aspectos estaban de acuerdo o no y explicar sus razones. A continuación presentamos los textos entregados a los estudiantes (a manera de preguntas), sus respuestas y las críticas (encerradas en elipses) realizadas por Laura a éstas últimas.

En una evaluación sobre respiración el profesor pidió a sus estudiantes que explicaran el proceso de la respiración. Posteriormente repartió las evaluaciones entre los estudiantes para que fueran corregidas por los mismos compañeros. Debes decir para cada respuesta si estas de acuerdo o desacuerdo y explicarle a tu compañero tus opiniones.

A mencionada pregunta Laia contestó:

El árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca, baja por la tráquea hasta los pulmones que intercambian el aire (oxígeno) por el dióxido de carbono. El dióxido de carbono lo recuperan los árboles que lo transforman en oxígeno.

Representación de la respuesta de Laia:

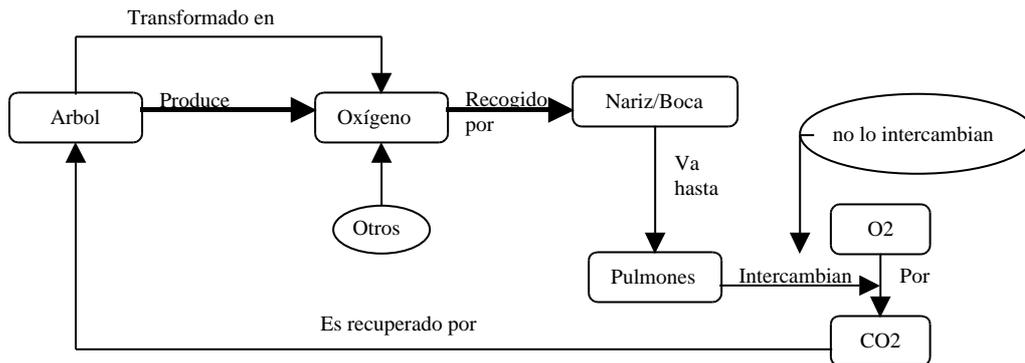


Laura contesto:

Estoy de acuerdo con: ...recogemos el oxígeno por la nariz o por la boca. También estoy de acuerdo con lo que dice que el árbol produce oxígeno, pero no sólo es el árbol el que produce oxígeno.

Estoy en desacuerdo con: No estoy de acuerdo con lo que dice que cuando baja por la tráquea hasta los pulmones, intercambian el aire, yo creo que no lo intercambian.

Representación de la respuesta de Laura

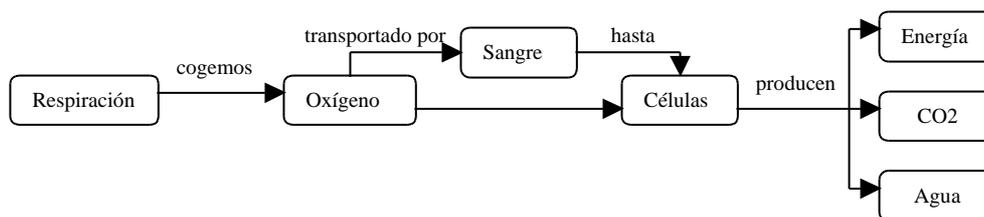


Laura comparte en términos generales las ideas de Laia. Se refiere específicamente a aspectos conceptuales dentro de los que menciona que debe haber otras fuentes para la producción de oxígeno y que en los pulmones no se produce el intercambio entre el oxígeno y el dióxido de carb

ono. La estudiante se refiere en su crítica a algunas de las ideas que encuentra en el texto que analiza sin llegar a elaborar una crítica global a lo que piensa Laia que es la respiración. Al parecer Laura sigue las ideas encontradas en el texto que analiza.

Carlos contestó:

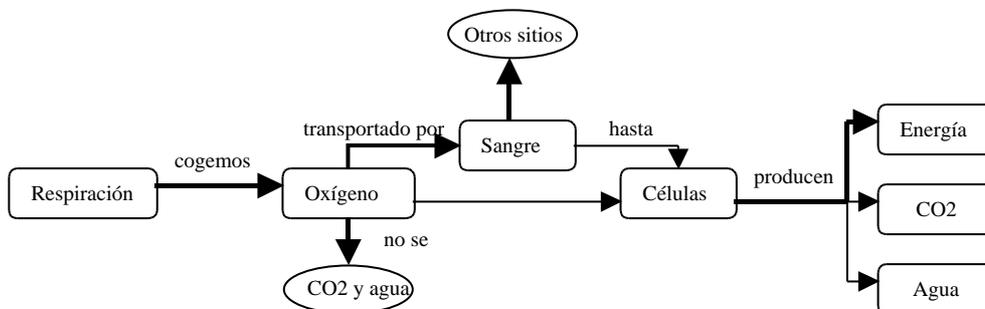
A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua.



Estoy de acuerdo con: *Lo que dice que el oxígeno es transportado por la sangre. También que nosotros cogemos el oxígeno a través de la respiración. Las células utilizan este oxígeno para producir energía.*

No estoy de acuerdo con: *Lo que dice que llega hasta las células, no sólo llega a las células sino a otros sitios también. Que las células utilizan este oxígeno para producir dióxido de carbono y agua.*

Representación de la respuesta de Laura:

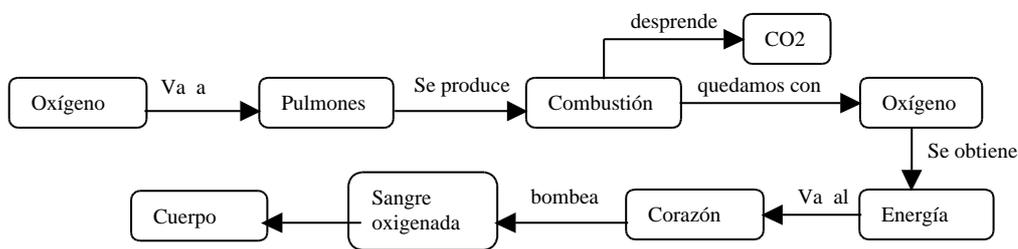


En la crítica realizada encontramos nuevamente que la estudiante se refiere de manera aislada a las ideas encontradas en el texto que analiza. Al parecer no logra aprehender la idea global que tiene Carlos acerca de la respiración y como consecuencia termina realizando críticas puntuales. En los dos textos analizados encontramos que la estudiante no logra especificar con precisión algunas de sus ideas, siendo común encontrar expresiones como: ... *no sólo llega a las células sino a otros sitios también...*, *intercambian el aire, yo creo que no lo intercambian...* Con expresiones de este tipo Laura parece reconocer su desacuerdo con la idea que discute, sin embargo no llega a exponer en forma clara las razones por las cuales no está de acuerdo ni plantea su idea alternativa.

María contestó

Nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones donde se produce una combustión donde desprendemos dióxido de carbono y nos quedamos con el oxígeno mediante el cual obtenemos energía que va al corazón, y el corazón bombeará la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.

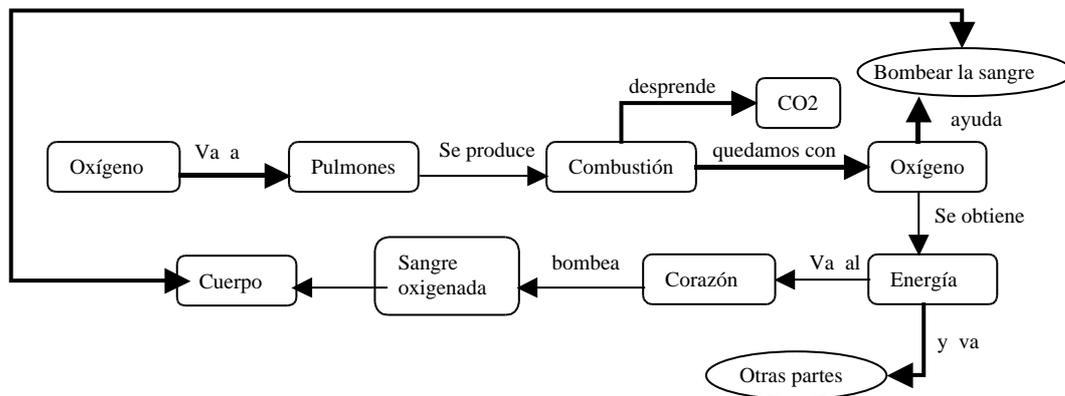
Representación de la respuesta de María



Estoy de acuerdo con: *Lo que dice que nosotros cogemos oxígeno del aire y va a los pulmones y que desprendemos dióxido de carbono. Nos quedamos con el oxígeno nuevo, el cual ayuda a bombear la sangre (que lleva oxígeno) a todas las partes del cuerpo.*

No estoy de acuerdo con: *Lo que dice que se produce una combustión, no estoy muy segura de esto. Y cuando dice que mediante el oxígeno obtenemos energía que va al corazón, no sólo será para el corazón.*

Representación de la conceptualización de Laura

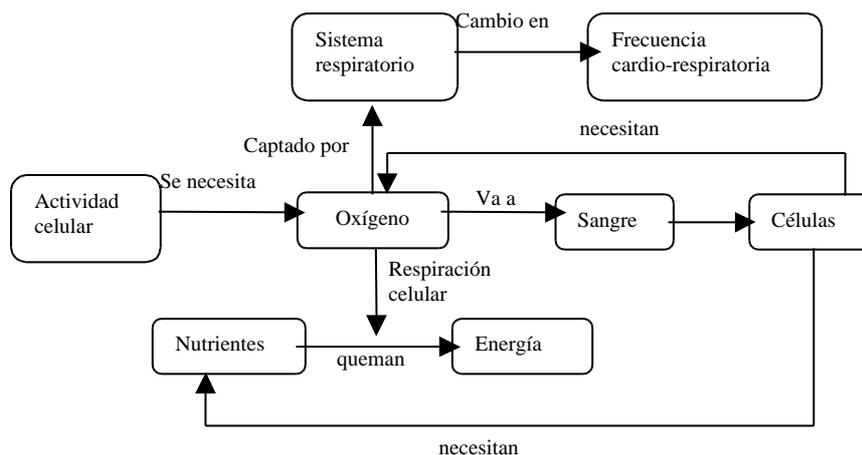


Laura discute de manera aislada las ideas que encuentra en el texto que analiza. Se refiere en forma exclusiva a aspectos conceptuales. Sus críticas adolecen de especificidad.

Ana contestó

Las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno “queman” los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad. Basándonos en esto primero debemos captar ese oxígeno y para ello tenemos el sistema respiratorio. Parte del aire de nuestro alrededor pasa a la sangre y los glóbulos rojos son los que se encargan de llevarlos a las células. Como las células necesitan muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para “bombear” más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe de coger más oxígeno.

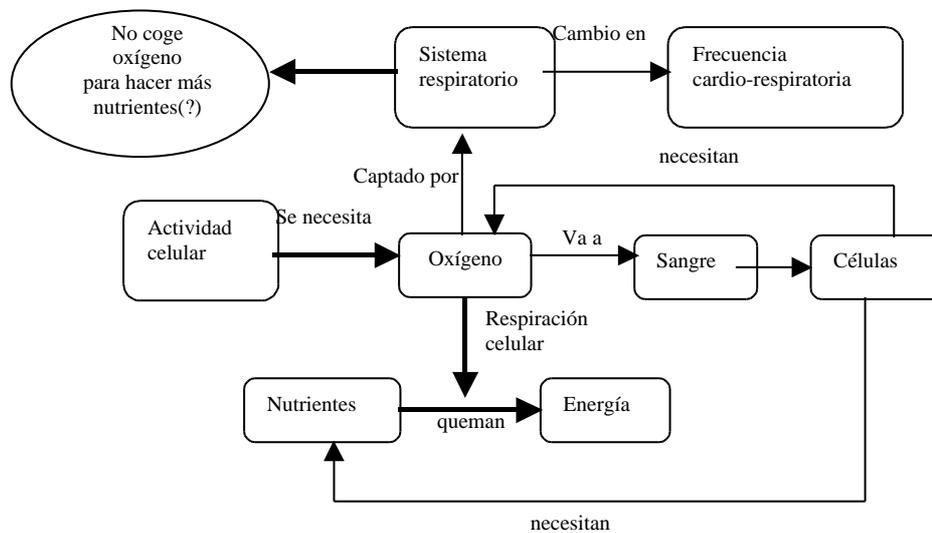
Representación de la respuesta de Ana



Estoy de acuerdo con: *Que las células de nuestro organismo al estar sometidas a una actividad que no es habitual como andar, correr, etc. Necesitan más oxigenación, porque a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno "queman" los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad.*

No estoy de acuerdo con: *Que necesita muchos nutrientes y mucho oxígeno, el corazón funciona más rápido para bombear más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe coger más oxígeno. Yo creo que no tiene que coger mucho más oxígeno, el corazón funciona más rápido para bombear más cantidad de sangre y por lo tanto el sistema respiratorio debe coger más oxígeno. Yo creo que no tiene que coger mucho más oxígeno para que se hagan más nutrientes y el corazón tenga que bombear la sangre más rápido.*

Representación de la conceptualización de Laura



En estos textos observamos que Laura sigue las ideas que encuentra en el texto que analiza; sus críticas continúan siendo puntuales y relacionadas directamente con las ideas encontradas en el texto analizado.

A continuación presentamos las críticas de Laura a preguntas específicas en las que se relaciona la respiración con otros procesos como el mantenimiento de la temperatura corporal, la nutrición y la actividad física. La dinámica del análisis es similar a la propuesta anteriormente, en la cual Laura además de criticar los textos de sus compañeros crítica sus propias conceptualizaciones elaboradas en el curso anterior. La intencionalidad de este análisis es establecer su capacidad para actuar en forma crítica frente a sus textos y a los de sus compañeros. A continuación presentamos los diferentes textos y los análisis realizados por la estudiante.

Respuesta de Aída

El colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad. Al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.

Está de acuerdo con:

Con lo que dice que al volar se aumenta la temperatura debido al movimiento de las alas y por esa razón debe consumir más oxígeno.

Está en desacuerdo con:

No estoy de acuerdo con lo que dice que el colibrí consume tanto oxígeno porque lo necesita para enfriar su organismo ya que se calienta debido a tanta actividad.

Los dos textos anteriores nos muestran que Laura sigue en su crítica tanto la estructura como el contenido del texto que analiza. No emplea ideas adicionales que

permitan corregir posibles errores o complementar las ideas que encuentra. De igual forma emplea un lenguaje “prestado” del texto que analiza. Al plantear su desacuerdo no llega a proponer nuevas ideas que expliquen sus puntos de vista.

Pregunta:

El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno(1) y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores(2). El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí(3).

Esta de acuerdo con:

Estoy de acuerdo en todo lo que dice, que el colibrí cuando esta volando está gastando más oxígeno y a la vez está gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

Esta en desacuerdo con:

Yo creo que no se equivoca en nada de lo que ha dicho.

Los dos textos anteriores nos reafirman en el análisis anterior. Laura sigue la estructura del texto que lee, sigue las ideas en él contenidas. En cuanto al uso del lenguaje, en la elaboración de sus comentarios emplea las palabras encontradas en el texto que analiza.

En cuanto al texto:

Al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar. El colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, ésta energía es utilizada para muchas funciones.

Esta de acuerdo con:

Estoy de acuerdo en lo que dice, en que al volar el colibrí consume más oxígeno porque así se produce la energía que necesita para poder volar.

Esta en desacuerdo con:

Yo creo que lo que Marta ha explicado esta bien, pero no estoy de acuerdo con lo que dice que el colibrí produce energía con el oxígeno contenido en el aire, esta energía es utilizada para muchas funciones.

En los dos textos anteriores Laura parece incurrir en una contradicción en cuanto a la producción de energía. En primer lugar parece relacionar de manera directa el consumo del oxígeno con la producción de energía, mientras en el segundo texto se muestra en desacuerdo con la afirmación de Marta referida a la obtención de energía a partir del oxígeno contenido en el aire.

Encontramos que Laura no logra identificar las expresiones equivocadas encontradas en los textos analizados. Aunque inicialmente plantea que no está de acuerdo con que el oxígeno se transforme en dióxido de carbono, sus aportes en otras respuestas permiten evidenciar su confusión acerca del origen y de la función de estos gases en la respiración. En síntesis, encontramos que la estudiante no tiene la capacidad para identificar acuerdos y desacuerdos en los textos de sus compañeros.

Llegar a estar en desacuerdo con un texto, de manera independiente a la validez del juicio realizado, exige haber logrado cierto nivel de abstracción el cual permite, desde una postura teórica específica, analizar el texto en cuestión. En tal sentido no sería posible identificar errores o aciertos en un texto si no contamos con un conjunto de ideas generalizadas, un conjunto de criterios, que nos permitan tomar postura frente a las ideas contenidas en el texto analizado. La generalización en múltiples atributos, como en el caso de Laura, dificulta la identificación de aciertos y errores en los textos de los compañeros.

En el análisis del juicio crítico además de estudiar la forma como los estudiantes critican los textos de sus compañeros analizamos cómo actúan frente a sus propios textos. A continuación nos referimos a este análisis, para el cual se entregó a los estudiantes los cuestionarios resueltos por ellos mismos en el curso anterior y con base en lo que habían escrito debían especificar con que estaban o no de acuerdo.

Pregunta 1: No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición

Respuesta inicial.

Completamente de acuerdo. Porque no tiene nada que ver la nutrición para que la respiración sea buena o mala.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: Que no tiene que ver la respiración con la nutrición.

Estoy en desacuerdo con: La respiración sea buena o mala. Pero si tiene una buena nutrición tendrá una salud mejor y a la hora de hacer deporte puede ayudar más.

Laura mantiene las ideas enunciadas en sus respuestas iniciales. En su respuesta final realiza aportes diferentes que no tienen una relación directa con la respuesta inicial dada.

Pregunta 2: Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.

Respuesta inicial:

Desacuerdo. Porque el oxígeno no nos da toda la energía que necesitamos para nuestras funciones, necesitamos otras energías para nuestras funciones.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: Nada

Estoy en desacuerdo con: Todo, porque el oxígeno es el principal factor que es el que más produce la energía y sin oxígeno nos moriríamos.

Las respuestas anteriores nos reflejan la confusión que tiene la estudiante acerca de la función del oxígeno, aspecto desarrollado en el análisis conceptual.

Pregunta 3: La respiración es semejante a la combustión?

Respuesta inicial:

Porque tiene un proceso semejante

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: Que es un proceso semejante

Estoy en desacuerdo con: Nada

Pregunta 4: Un animal cuando se muere se enfría?

Respuesta inicial:

Acuerdo. Porque cuando se muere ya no tiene energía y tiene una disminución de todo

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: Que cuando se muere no tiene energía, porque ya no tiene respiración, los procesos de todo el cuerpo ya no se realizan

Estoy en desacuerdo con: Nada

Pregunta 5: Las células utilizan oxígeno para producir gas carbónico?

Respuesta inicial:

Acuerdo. Porque la necesitan para ir produciendo más células.

Respuesta final:

Estoy de acuerdo con: Todo, porque las células necesitan el oxígeno para producir CO₂ y para seguir produciendo más células.

Estoy en desacuerdo con: Nada

Los textos correspondientes a las preguntas 3, 4 y 5 siguen un patrón similar. Son textos en los cuales se observa que la estudiante no tiene la capacidad de replantear sus textos iniciales y termina mostrándose de acuerdo con lo que ha escrito en el

curso anterior. En síntesis, encontramos que Laura tiene poca capacidad de crítica frente a sus propias conceptualizaciones y frente a las de sus compañeros.

El análisis conjunto de las respuestas de Laura nos permite concluir provisionalmente acerca del juicio crítico. Dentro de los aspectos conceptuales destacamos la incapacidad de la estudiante para identificar aciertos y errores en los textos que analiza. De igual manera encontramos una dificultad importante para realizar correcciones y aclaraciones de las diferentes ideas con las cuales muestra su desacuerdo. En ningún momento mencionó si las respuestas de sus compañeros son completas o incompletas ni llegó a sugerir posibles formas en las cuales se hubieran podido lograr mejores explicaciones.

En las preguntas orientadas a explorar principios de diferentes modelos explicativos de la respiración encontramos que Laura menciona un conjunto de ideas con las cuales esta de acuerdo, tales como:

- 14) *...Las células utilizan este oxígeno para producir energía.*
- 15) *... pero no sólo es el árbol el que produce oxígeno.*
- 16) *Nos quedamos con el oxígeno nuevo, el cual ayuda a bombear la sangre...*
- 17) *Que en la respiración hay dos procesos: la inspiración y la expiración....*
- 18) *...a través de un proceso llamado respiración celular, mediante el oxígeno "quemamos" los nutrientes para conseguir más energía para dicha actividad.*

Y esta en desacuerdo con:

- 19) *...yo creo que no lo intercambian. (el aire)*
- 20) *Que las células utilizan este oxígeno para producir dióxido de carbono y agua.*
- 21) *Lo que dice que se produce una combustión, no estoy muy segura de esto.*
- 22) *...mediante el oxígeno obtenemos energía que va al corazón, no sólo será para el corazón.*
- 23) *Que solo se produce la combustión de oxígeno en las células.*

Las ideas anteriores nos ilustran el bajo nivel de abstracción logrado por Laura acerca de la respiración. Encontramos que está de acuerdo con ideas que se refieren a la respiración como a una combustión, pero a su vez comparte ideas propias del intercambio de gases y de visiones vitalistas. Lo anterior nos sugiere que la estudiante no ha logrado identificar las diferencias esenciales entre los distintos modelos explicativos de la respiración, lo cual la lleva a elaborar explicaciones contradictorias. En otras palabras, no encontramos que Laura critique los textos de

sus compañeros desde conjuntos coherentes y consistentes de ideas que le permitan cierta unidad en las críticas realizadas.

La ausencia de un pequeño número de ideas generalizadas de la respiración, al parecer es una de las posibles causas que nos permiten explicar el alto grado de dispersión de sus conceptualizaciones. Unido a lo anterior encontramos que algunas de las ideas se expresan de manera incoherente y contradictoria, lo cual nos lleva a pensar en un desconocimiento importante de los temas relacionados con la respiración.

De manera independiente a la clase y tipo de ideas generalizadas es importante mencionar que el logro de cierto nivel de abstracción y con el un mayor nivel de generalización sobre un tema determinado, permite realizar las críticas a los textos analizados de manera consistente. Esto es, si las ideas generalizadas giran en torno a la respiración como intercambio de gases, las críticas realizadas a los diferentes textos destacarían el acuerdo sobre estas ideas y su desacuerdo sobre ideas pertenecientes a otros modelos explicativos.

Como es de esperar, las ideas expresadas por los estudiantes determinado concepto con dificultad pueden inscribirse de manera determinante en alguno de los paradigmas que explican el fenómeno estudiado. No obstante reconocer lo anterior, encontramos que en el caso de Laura la cantidad y variedad de ideas es tal que dificulta en gran medida identificar posibles ideas unificadoras en sus críticas. En otras palabras, su proceso de generalización no le ha permitido identificar las ideas esenciales desde las cuales el estudiante organiza su discurso o, en el mismo sentido, su proceso de generalización es tan vago que no es posible identificar algunas ideas como centrales que le permitan realizar críticas consistentes libres de contradicciones internas y de altos niveles de sincretismo.

Es claro que existen relaciones entre el nivel de generalización alcanzado y el contenido conceptual de las ideas expresadas. Para el caso de Laura encontramos contenidos conceptuales difusos asociados a bajos niveles de generalización. Es de esperar, al menos teóricamente, que en la medida en que el nivel de abstracción se hace mayor el contenido conceptual de las ideas generalizadas sea más preciso.

Análisis sobre la regulación

Este análisis se realizó con base en los cuestionarios *¿Sé lo que estoy haciendo?* (ver cuadro 1); Laura piensa que conoce de manera regular los conceptos estudiados y cree que los procedimientos realizados para llegar a las respuestas los hizo bien/regular. Considera que sus respuestas son incompletas y que pensó en un plan general antes de dar respuesta a las preguntas realizadas. Cree a su vez que este plan funcionó bien en el propósito de llegar a la respuesta.

Las etapas planteadas que le permitieron llegar a las respuestas son:

1. Leer bien la pregunta o el problema
2. Pensar si sé lo que me preguntan.
3. Dar una respuesta.

Inicialmente encontramos coincidencia entre el plan general mencionado por Laura (ver cuadro 1) y las etapas específicas antes descritas. El nivel de generalidad encontrado es alto, no especifica los procedimientos que le permitan realizar una buena *lectura del problema*. De igual manera, al *pensar sobre lo que sabe* no dice si emplea alguna estrategia que le permita, por ejemplo, relacionar los conocimientos que tiene sobre el tema con la pregunta que quiere responder. Un razonamiento similar lo podemos aplicar a la tercera etapa. El grado de generalidad descrito por Laura es tan alto que al parecer lo único que evidencia es el desconocimiento de sus procesos de pensamiento.

Considera que progresa adecuadamente en el curso de biología. Dentro de sus justificaciones plantea que:

- 24) *Porque voy siguiendo las clases bien y poco a poco voy progresando.*
- 25) *Porque poco a poco voy aprendiendo más cosas y voy sabiendo más, para poder responder a problemas que me plantean.*
- 26) *Porque creo que poco a poco voy aprendiendo cosas y que después me servirán.*

En los textos anteriores encontramos interesante mencionar al menos dos aspectos: el primero relacionado con la percepción que tiene la estudiante de que va aprendiendo nuevas cosas, lo cual al parecer le permite considerar que progresa adecuadamente en el curso. El segundo referido a una aparente aceptación de que su progreso es lento, de que *poco a poco* aprende. Frente a esta reflexión netamente individual de su progreso, la estudiante no contrapone las evaluaciones realizadas por sus compañeros o por sus profesores; en síntesis, parece que Laura se refiere a su progreso personal desde una perspectiva individual, lo cual puede ser más evidente cuando hace referencia a las posibles valoraciones de su profesor, como en los siguientes casos:

- 27) *Porque yo he respondido lo que consideraba que sabía y el profesor considera lo que yo sé.*
- 28) *Porque él sabe los conceptos que sabemos y los que no y sabrá si podemos responder lo que nos cuestionan o no.*
- 29) *Porque sobre lo que respondo a las preguntas no hemos dado mucho esos temas y creo que lo considerará adecuado con el nivel que tenemos, si el sabe lo que tenemos que saber y lo que no.*

Los textos anteriores nos muestran que Laura analiza su desempeño desde una perspectiva netamente personal y hasta cierto punto distanciada del propio ámbito conceptual estudiado. En tal sentido parece que la sola intencionalidad de responder a una pregunta es suficiente para que Laura crea que su desempeño es adecuado como se observa en 27. En los textos 28 y 29 observamos además cierta actitud autojustificadora de su desempeño en la que al parecer se responsabiliza al profesor de lo que saben los estudiantes. En mencionadas afirmaciones se hace referencia a los estudiantes en plural, con lo cual parece que Laura entra a desconocer posibles diferencias individuales entre las conceptualizaciones de los estudiantes.

Análisis sobre la conciencia metacognitiva.

Acerca del propósito de las actividades realizadas destacamos en las conceptualizaciones de Laura los siguientes apartes:

- 30) *Yo creo que el propósito del ejercicio que he resuelto es el de ver si sé cosas sobre lo que me proponen o no.*
- 31) *El propósito del ejercicio es el de relacionar los conceptos que sabemos con las ideas que nos dan.*
- 32) *Para saber si sabemos lo que nos plantean o al menos intentar resolverlo con lo que sepamos.*
- 33) *Intentar si pensamos bien las cosas antes de resolverlas, si sabemos los procedimientos que tenemos que seguir y las ideas que tenemos sobre lo que nos cuestionan.*

Las afirmaciones 31 y 33 hacen referencia explícita a una intencionalidad metacognitiva identificada por la estudiante, la cual no había aparecido en los análisis anteriores, mientras las afirmaciones 30 y 32 son más de carácter conceptual. No obstante, la estudiante se refiere en términos similares cuando escribe sobre los planes generales y las etapas seguidas y sobre las preguntas en las que identifica una intencionalidad diferente. En otras palabras, reconoce que el propósito de cierta actividad puede ser más de orden conceptual o metacognitivo; sin embargo las estrategias que sigue para resolver las preguntas planteadas son las mismas, al parecer no importa si el propósito de la actividad es explicar un concepto o, por el contrario, conocer el proceso cognitivo que realiza la estudiante para responder a una pregunta, en los dos casos se sugiere el mismo proceso para llegar a la respuesta.

Conclusiones sobre el análisis metacognitivo realizado para Laura:

El análisis sobre la categoría *metacognición* con sus tres subcategorías: *conocimiento sobre cognición*, *conciencia metacognitiva* y *regulación* nos permite identificar las siguientes conclusiones provisionales:

- Muestra gran dificultad para identificar aciertos y errores en las conceptualizaciones de sus compañeros así como para realizar correcciones y aclaraciones en éstas.
- En sus críticas se refiere específicamente a aspectos de orden conceptual.
- Sus críticas están orientadas por la secuencia de ideas que encuentra en el texto que analiza. Sus críticas dependen del texto analizado.
- No hace referencia a aspectos metacognitivos o metaconceptuales identificados en las conceptualizaciones de sus compañeros.
- No hace algún tipo de valoración no-conceptual de los textos que analiza.

Sobre el conocimiento.

- Considera que su conocimiento sobre los concepto relacionados con la respiración es regular e incompleto y que piensa en planes generales antes de resolver las preguntas o problemas planteados.

Sobre la regulación.

- Muestra un alto nivel de generalidad sobre los planes y estrategias empleadas al resolver las preguntas que se le proponen.
- Evalúa su progreso personal desde una perspectiva netamente individual.
- Analiza su desempeño desde una perspectiva personal y alejada del ámbito conceptual.

Conciencia metacognitiva.

- No muestra conciencia acerca de las estrategias que le dan mejores resultados en el momento de resolver un problema.
- Parece reconocer que su progreso es lento.

5. 4. 4. Análisis motivacional:

Para la recolección de información se presentó a los estudiantes un cuestionario con 5 conceptualizaciones diferentes frente a las cuales debían decir con cual estaban

más de acuerdo y con cual más en desacuerdo. Una vez contestado esto, se les pidió que realizaran su propia descripción, con base en los textos analizados.

Laura se identifica más con una estudiante *concienzuda y buscadora de éxito*

Cuando hago los deberes y estoy haciendo una asignatura durante mucho rato, me aburre mucho y no me gusta. También cuando por ejemplo he hecho un trabajo al que le he dedicado bastante tiempo y que me ha costado un poco hacerlo, si el profesor o la profesora me pone buena nota o me pone que lo he hecho bien, me anima más para después en otro trabajo también hacerlo lo bien que pueda.

y menos como una estudiante *curiosa*

...yo no tengo tanto interés por aprender cosas nuevas, si que me gusta aprender cosas nuevas pero no con tanto interés. Yo no tengo curiosidad por conocer cuestiones relacionadas con la asignatura de cosas que no se tratan en las clases. Yo sólo estudio las cosas que se tratan en clase, puede que alguna cosa me guste y quiera buscar información sobre ella pero en general no. Con los deberes que me mandan en clase ya tengo bastante. No me gusta que me den material para trabajar por mi cuenta como dice Ana.

Su propia descripción como estudiante es:

A mi estudiar muchas horas seguidas no me gusta y me aburre mucho. Prefiero estudiar una hora u hora y media y después descansar y así. En las clases hay veces que me aburro un poco, pero en general estoy atenta a lo que dice el profesor. No me gusta demasiado estudiar, estudio el bachillerato porque se que me conviene en el futuro.

A continuación mostramos la red sistémica elaborada a partir de la información anterior (ver figura 5.32).

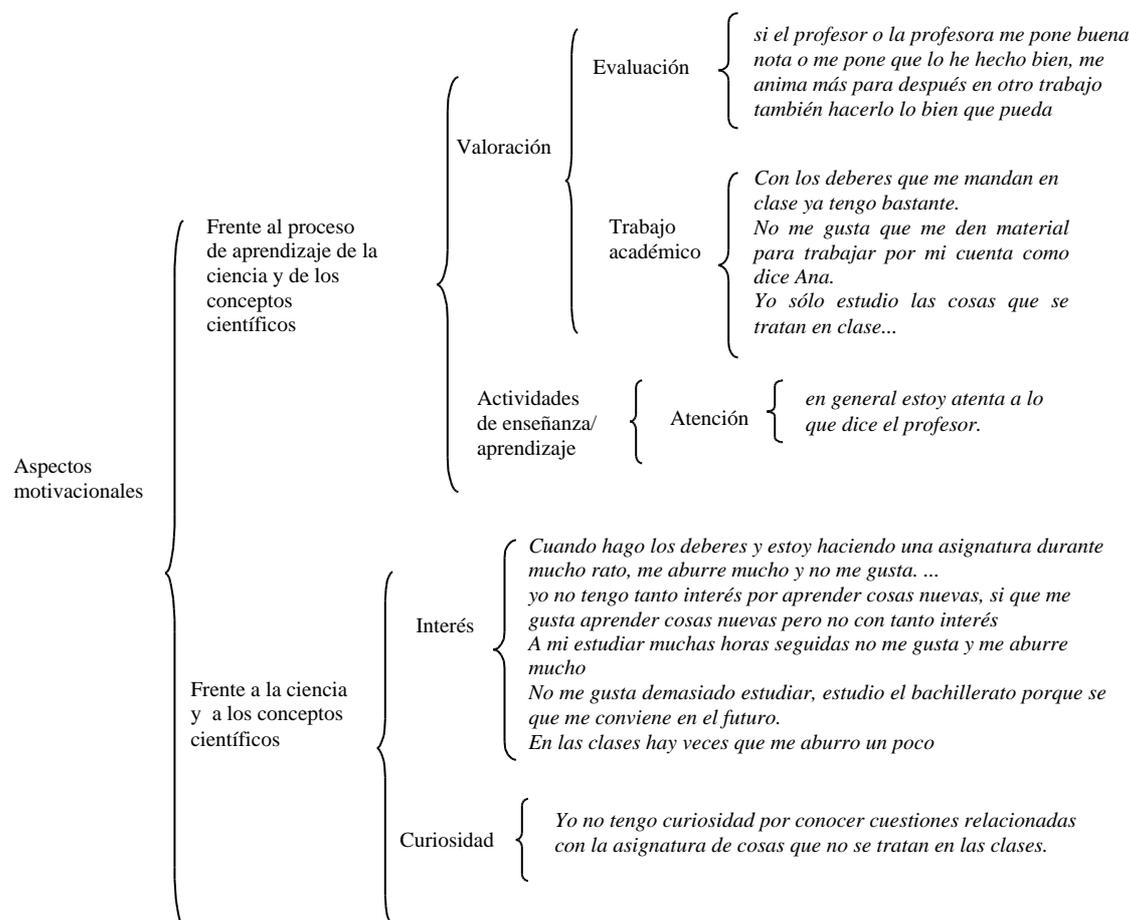


Figura 5. 32: Red sistémica sobre los aspectos motivacionales destacados en las respuestas de Laura

Observamos que Laura se describe como una estudiante con poco interés y motivación hacia el aprendizaje de los conceptos científicos. Según la caracterización realizada por Bacas y Martín-Díaz (1992) Laura es una estudiante concienzuda-buscadora de éxito.. Destaca la importancia de que sus trabajos sean reconocidos por los profesores. Plantea explícitamente su baja motivación y curiosidad por asuntos relacionados con las ciencias tanto a nivel de la clase como en sentido general.

5. 4. 5. Discusión general de las conceptualizaciones de Laura

5. 4. 5. 1. ¿Uno o múltiples tipos de explicación sobre la respiración?

Laura frente a las diferentes situaciones que se le presentan acerca de la respiración emplea un modelo en el que **mezcla continuamente distintos tipos de explicación**. No se refiere de manera coherente e independiente a diferentes modelos explicativos de la respiración. En sus explicaciones es frecuente encontrar referencias a aspectos propios del intercambio de gases, de la combustión y del modelo vitalista. Son textos en los cuales las ideas se presentan de manera sincrética y en los que no se observa complementariedad entre las ideas expuestas.

Algunas ideas de Laura

Sobre la combustión:

La respiración es semejante a la combustión...porque tienen un proceso semejante.

Que se produce la combustión de oxígeno [solo] en las células.

... que se produce una combustión, no estoy muy segura de esto. ... mediante el oxígeno obtenemos energía que va al corazón (Tomado de Análisis Laura).

Sobre la función del oxígeno

... las células utilizan este oxígeno para producir dióxido de carbono y agua.

...Las células utilizan este oxígeno para producir energía.

Nos quedamos con el oxígeno nuevo, el cual ayuda a bombear la sangre...(Tomado de análisis Laura).

Las ideas expresadas llegan a ser contradictorias y confusas (ver recuadro). No logra identificar diferentes contextos en los cuales puede emplear de manera más significativa unas u otras ideas, como es claro en la variedad de funciones asignadas al oxígeno, dentro de las que se destacan su participación en el crecimiento, en la producción del dióxido de carbono, y en la obtención de energía, (ver anexos 2 y 4). A diferencia de Juan, Laura emplea un **conjunto de ideas poco generalizado**, a partir de las cuales elabora sus textos o realiza las críticas a sus compañeros. Está de acuerdo con ideas que se refieren a la respiración como combustión y comparte a la vez ideas propias del intercambio de gases y del vitalismo. Lo anterior nos sugiere que la estudiante no ha logrado diferenciar las ideas centrales de los distintos modelos de la respiración, (ver recuadro), lo cual la lleva a elaborar explicaciones contradictorias.

El alto grado de dispersión de sus conceptualizaciones puede deberse a la ausencia de un bajo número de ideas generalizadas que le permitan realizar las críticas en función de ellas. En otras palabras, el bajo nivel de abstracción acerca de la respiración le impide realizar las críticas a los textos y escribir sus propios textos de manera consistente. Esta ausencia de ideas generalizadas le **dificulta encontrar semejanzas**

y **diferencias** entre los diferentes tipos de explicación hallados en los textos o en las situaciones que se le presentan.

En la figura 5.33 representamos las explicaciones encontradas en las respuestas de Laura.

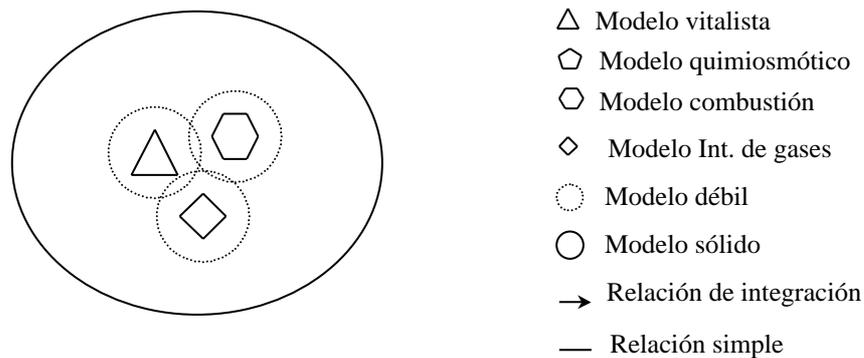


Figura 5.33 : Principales tipos de explicación encontrados en

En la elaboración de sus explicaciones no realiza intentos para explicar la respiración desde una perspectiva molecular. No hace ninguna referencia a organelas celulares que participen en la respiración o a conceptos que indiquen algún conocimiento de otros tipos de explicaciones diferentes a las ya mencionadas. La imposibilidad de activar diferentes conjuntos de ideas le impide elaborar distintos tipos de explicación según el texto que analiza o la pregunta que se le plantea. En consecuencia, a un conjunto de ideas poco estructurado corresponden **críticas y textos incoherentes**.

De manera independiente a la clase y tipo de ideas generalizadas es importante mencionar que el logro de cierto nivel de abstracción y con el un mayor nivel de generalización, sobre un tema determinado permite realizar las críticas a los textos analizados de manera consistente. Como es de esperar, las ideas expresadas por los estudiantes acerca de determinado concepto con dificultad pueden inscribirse de manera determinante en alguno de los paradigmas que explican el fenómeno estudiado. No obstante reconocer lo anterior, encontramos que en el caso de Laura la variedad de ideas es tal que dificulta en gran medida identificar posibles conceptos unificadores en sus críticas. En otras palabras, su proceso de generalización no le ha permitido identificar las ideas esenciales desde las cuales la estudiante organiza su discurso o, en el mismo sentido, su proceso de generalización es tan vago que se le dificulta identificar algunas ideas centrales que le permitan realizar críticas consistentes y libres de contradicciones internas.

Es claro que existen relaciones entre el nivel de generalización alcanzado y el contenido conceptual de las ideas expresadas. Para el caso de Laura encontramos contenidos conceptuales difusos asociados a bajos niveles de generalización. Es de

esperar, al menos teóricamente, que en la medida en que el nivel de abstracción se hace mayor el contenido conceptual de las ideas generalizadas sea más preciso.

En un análisis más detallado acerca de 12 preguntas realizadas las cuales se seleccionaron para determinar si la estudiante identificaba los cuatro modelos explicativos (ver anexo 4), corroboramos que Laura establece diferencias entre los modelos que permiten explicar la respiración. En las respuestas elaboradas por Laura encontramos un conjunto disperso de ideas desde las cuales explica los diferentes hechos que se le presentan (ver tabla 5.31).

Tabla 5.31: Respuestas de Laura a preguntas específicas sobre los diferentes modelos de la respiración.

Modelo	Preguntas según los diferentes modelo											
	Vitalista		I. gases			Combustión			Molecular			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitalista	x	---										
I. gases			x	x	x		x					
Comb. S.						x	x	x				
Comb. C.												
Molec.									---	---	---	---

Debido a la dificultad que tiene para distanciarse de los textos, sus respuestas terminan en todos los casos mostrándose de acuerdo con las ideas que éstos contienen. A diferencia de Juan, quien elabora sus explicaciones a partir del modelo de combustión celular y diferencia en forma adecuada distintos modelos explicativos, Laura no reconoce los distintos modelos ni elabora sus explicaciones desde un modelo predominante (ver tabla 5.31).

5. 4. 5. 2. ¿Evolucionan las ideas de Laura acerca de la respiración?

Los diferentes textos escritos por Laura durante los dos cursos académicos nos muestran **alta estabilidad** en sus ideas. Al término de los dos años encontramos que sus ideas de los modelos vitalista, de la combustión y del intercambio de gases se siguen empleando de manera indiferenciada. Asimismo mantiene la independencia entre la respiración y otros procesos como la nutrición y el mantenimiento de la temperatura corporal, lo cual está en concordancia con lo reportado por Nuñez y Banet 1996, quienes destacan en los estudiantes el predominio de modelos conceptuales en los que no se establecen relaciones entre diferentes sistemas estudiados.

Estabilidad de las ideas de Laura

(P) No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición

Respuesta inicial: *Completamente de acuerdo. Porque no tiene nada que ver la nutrición para que la respiración ...*

Respuesta final: *... no tiene que ver la respiración con la nutrición.*

(P). ¿La respiración es semejante a la combustión?

Respuesta inicial: *Porque tiene un proceso semejante*

Respuesta final: *Estoy de acuerdo con: Que es un proceso semejante*

(P). Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para nuestras funciones.

Respuesta inicial: *Desacuerdo. Porque el oxígeno no nos da toda la energía que necesitamos para nuestras funciones, ...*

Respuesta final: *... el oxígeno es el principal factor que es el que más produce la energía y sin oxígeno nos moriríamos. (Tomado de Análisis Laura).*

En sus respuestas finales observamos que la estudiante conserva la idea de que el oxígeno cumple funciones en la reproducción celular y que el dióxido de carbono se produce a partir del oxígeno, (ver recuadro). Observamos que el estudio de la unidad metabolismo no posibilitó que la estudiante lograra un mayor nivel de abstracción y con él una mayor generalización de las ideas.

En la elaboración de diferentes tipos de explicación es importante el reconocimiento de ciertas ideas centrales, a partir de las cuales se crean nuevos significados; su ausencia conduce a elaborar críticas con poco sentido. Asimismo no observamos evolución de sus ideas iniciales. Una posible causa que ayuda a explicar su alta estabilidad conceptual es la presencia de un conjunto de **ideas indiferenciadas y no jerarquizadas**, lo cual contrasta, por ejemplo, con los distintos tipos de explicación empleados por Juan, quien muestra diferentes conjuntos consistentes de ideas al interior de los cuales es posible

identificar ciertos aspectos que evolucionan. Al parecer no ha logrado establecer algún tipo de relación jerárquica entre el conjunto de ideas que emplea en sus explicaciones. Esta aparente **estabilidad conceptual** tanto a nivel del **contenido** como de la **forma** en que están estructurados se puede constituir en un obstáculo para el logro de nuevos aprendizajes en este campo específico.

Encontramos que la estudiante tiene **dificultades** para modificar o complementar sus ideas iniciales y para **tomar distancia** de las ideas contenidas en los textos que lee y **realizar las críticas pertinentes**. De igual manera le cuesta identificar diferentes contextos en los cuales sus explicaciones pueden ser más significativas. En tal sentido es difícil identificar algunos aspectos **potenciales** que nos permitan señalar ciertos conceptos, procesos o relaciones como dinamizadoras de su estructura conceptual.

En la figura 5.34 esquematizamos el uso de las explicaciones realizadas por Laura. Al interior de cada uno de los modelos de la respiración no logra precisar las ideas

esenciales, lo cual la lleva a **elaborar críticas inconsistentes** y en algunos casos **contradictorias**. Frente a los diferentes modelos de la respiración que se le presentan en las preguntas o actividades de clase, emplea generalmente el mismo conjunto de ideas en sus respuestas (ver figura 5.34), el cual se caracteriza por contener ideas de los modelos vitalista, de intercambio de gases y de combustión.

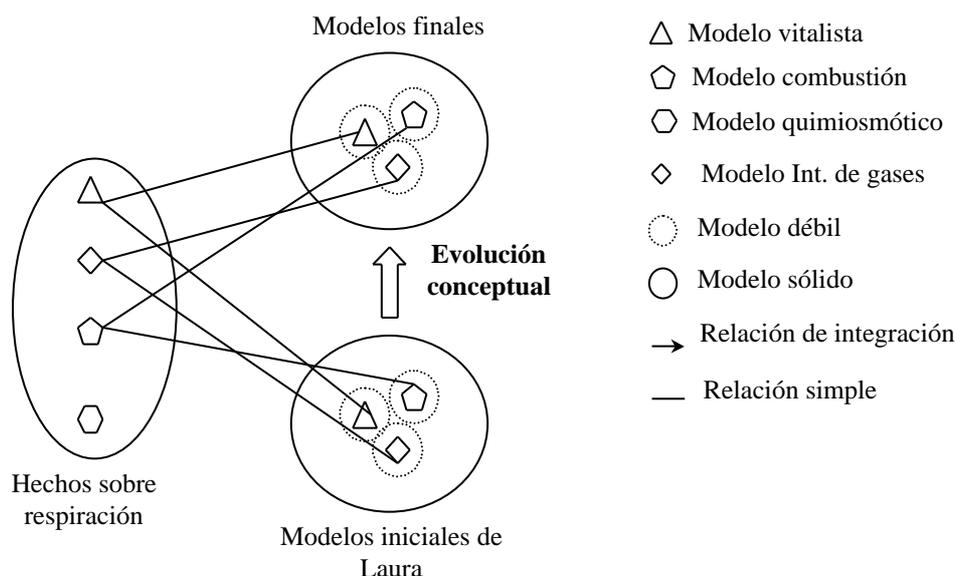
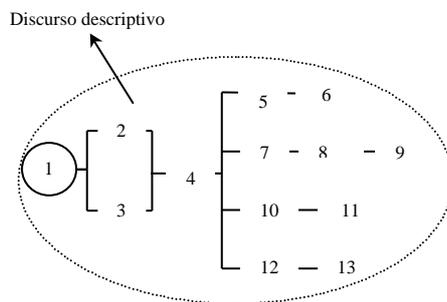


Figura 5.34: Evolución conceptual en Laura. Durante los dos cursos académicos se observa que la estudiante mantiene las ideas iniciales. No se observa diferenciación de modelos explicativos ni el uso preferente de ciertos conjuntos de ideas para explicar hechos diferentes. No se emplean ideas del modelo molecular en sus explicaciones.

El hecho de **no establecer posibles semejanzas y diferencias** entre estos tres conjuntos de ideas lleva a elaborar textos poco coherentes y poco consistentes, a diferencia de Juan, quien elabora sus textos y críticas desde el modelo de combustión celular debido a que ha generalizado las ideas centrales de este modelo explicativo. De manera independiente a la exigencia conceptual de un problema y a los diferentes modelos explicativos que se podrían emplear en la respuesta, Laura utiliza siempre el mismo conjunto de ideas indiferenciadas para dar sus respuestas.

5. 4. 5. 3 Algunas características del discurso escrito de Laura que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual.

Acerca de la coherencia de los textos



4.4. Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?

En los tubos con más crecimiento bacteriano hay mayor temperatura porque hay más bacterias y más concentración de glucosa. Y en los tubos con menos crecimiento hay menor temperatura porque hay menos bacterias y menos concentración de glucosa.

Los textos escritos por Laura presentan **coherencia local condicional**. Las diferentes ideas se expresan de manera lineal y poco relacionadas, (ver figura). No encontramos en sus textos que las ideas expresadas adquieran diferentes significados en función de otras ideas contenidas en ellos. En las críticas a los textos de sus compañeros no logra identificar sus ideas centrales lo cual es otra muestra de la baja coherencia global.

Sus textos se caracterizan por presentar un alto uso de conectores de certeza y de lugar (90%) lo cual conduce a la elaboración de **textos descriptivos**. Se observa dominio de las relaciones causales descriptivas sobre las explicativas y a su vez el de las relaciones causales directas sobre las indirectas. Los aspectos anteriores nos llevan a pensar en el dominio de la **causalidad simple**, lo cual es evidente en los textos que se presentan en el recuadro.

En su respuesta desconoce la relación entre crecimiento microbiano y gasto de glucosa y entre crecimiento y consumo de oxígeno. Además, las relaciones se circunscriben de manera específica al contexto descrito por la pregunta, sin llegar a plantear posibles explicaciones en las que se consideren relaciones causales complejas que expliquen, por ejemplo, la relación inversa entre el crecimiento y la concentración de nutrientes.

¿Laura puede distanciarse de los textos que analiza?

Laura es **profundamente tautológica** frente a los textos que critica. Al referirse a los escritos de sus compañeros repite el lenguaje del texto que analiza. 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, (ver recuadro), y no es capaz de elaborar una representación del modelo situacional (Orrontia, Rosales y Sánchez, 1998; Ericsson

Texto base: El colibrí cuando esta volando esta gastando más oxígeno y a la vez esta gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

Crítica de Laura: Esta de acuerdo con: .. *todo lo que dice, que el colibrí cuando esta volando está gastando más oxígeno y a la vez está gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.*

Esta en desacuerdo con: *Yo creo que no se equivoca en nada de lo que ha dicho.*

& Kintsch, 1995) del contenido del texto que analiza, al cual vincule sus propias ideas, (ver recuadro).

5. 4. 5. 4. Algunas características metacognitivas y motivacionales que facilitan u obstaculizan su evolución conceptual.

¿Qué clase de críticas puede realizar Laura?

En la crítica que realiza los textos de sus compañeros encontramos que se refiere de manera aislada a las ideas encontradas

en estos. Al parecer no logra aprehender la idea global que contienen y como consecuencia termina realizando **críticas puntuales**. No logra especificar con precisión algunas de sus ideas, siendo común encontrar expresiones como: ... *no sólo llega a las células sino a otros sitios también...*, *intercambian el aire, yo creo que no lo intercambian...* Con expresiones de este tipo Laura parece reconocer su desacuerdo con la idea que discute, sin embargo no llega a exponer en forma clara las razones por las cuales no está de acuerdo, ni emplea ideas adicionales que permitan corregir posibles errores o complementar las ideas que encuentra.

En la crítica de sus propios textos siguen un patrón similar al descrito anteriormente, son críticas en las que se observa dificultad para replantear sus ideas (conceptos) iniciales y termina mostrándose de acuerdo con lo que ha escrito en el curso anterior. En síntesis, encontramos que Laura tiene **poca capacidad de crítica** frente a sus propias conceptualizaciones y frente a las de sus compañeros.

Regulación

Laura muestra un **conocimiento muy general acerca de la planificación** de sus actividades en el momento de realizar un ejercicio. No especifica los procedimientos que le permiten realizar una *buena lectura del problema*. De igual manera, al *pensar* sobre lo que sabe no dice si emplea alguna estrategia que le permita, por ejemplo, relacionar los conocimientos que tiene sobre el tema con la pregunta que quiere responder.

Puede reconocer si el propósito de cierta actividad es de orden conceptual o metacognitivo, sin embargo las estrategias que sigue para resolver las preguntas son las mismas. El saber diferenciar la finalidad de una actividad que se le propone no la lleva a cambiar su forma de proceder; no importa si el propósito es explicar un

concepto o, por el contrario, conocer el proceso cognitivo que realiza para responder a una pregunta; en los dos casos sugiere los mismos pasos para llegar a la respuesta, lo cual nos indica su **poco conocimiento de estrategias** que le permitan superar sus dificultades en el aprendizaje de las ciencias

Porque voy siguiendo las clases bien y poco a poco voy progresando.

Porque poco a poco voy aprendiendo más cosas y voy sabiendo más, para poder responder a problemas que me plantean.

Porque yo he respondido lo que consideraba que sabía y el profesor considera lo que yo sé.

Porque el sabe los conceptos que sabemos y los que no y sabrá si podemos responder lo que nos cuestionan o no.

Porque sobre lo que respondo a las preguntas no hemos dado mucho esos temas y creo que lo considerará adecuado con el nivel que tenemos, si el sabe lo que tenemos que saber y lo que no. (Tomado de Análisis Laura)

Tiene la percepción de que va aprendiendo nuevas cosas, lo cual al parecer le permite considerar que progresa adecuadamente en el curso. Reconoce que su progreso es lento y que *poco a poco* va aprendiendo. Es importante mencionar que su reflexión acerca de su progreso es netamente individual, no considera las evaluaciones realizadas por sus compañeros o por sus profesores; en síntesis, se refiere a su progreso personal desde una perspectiva individual y hasta cierto punto alejada del propio ámbito conceptual estudiado. En tal sentido parece que la sola intencionalidad de responder a una pregunta es suficiente para que crea que su desempeño es adecuado. Observamos asimismo cierta actitud **autojustificadora** de su desempeño en

la que se responsabiliza al profesor acerca de lo que saben los estudiantes.

.... También cuando por ejemplo he hecho un trabajo al que le he dedicado bastante tiempo y que me ha costado un poco hacerlo, si el profesor o la profesora me pone buena nota o me pone que lo he hecho bien, me anima más para después en otro trabajo también hacerlo lo bien que pueda.

...yo no tengo tanto interés por aprender cosas nuevas, si que me gusta aprender cosas nuevas pero no con tanto interés. Yo no tengo curiosidad por conocer cuestiones relacionadas con la asignatura de cosas que no se tratan en las clases. Yo sólo estudio las cosas que se tratan en clase, ... Con los deberes que me mandan en clase ya tengo bastante.

... No me gusta demasiado estudiar, estudio el bachillerato porque se que me conviene el futuro. Tomado de Anexo.

Laura se describe como una estudiante **concienzuda y buscadora de éxito** y menos como curiosa (Bacas y Martín-Díaz, 1992). Tiene **poco interés y motivación** por el aprendizaje de las ciencias, de los conceptos científicos y por el trabajo académico extraclase. Valora positivamente que el profesor reconozca su trabajo, (ver recuadro).

5. 4. 5. Aspectos profundos y superficiales en las ideas de Laura.

En el caso de Laura nos encontramos frente a un enfoque de aprendizaje

superficial reflejado en la forma de criticar los textos de sus compañeros y en la forma en que realiza sus explicaciones. Sus respuestas son poco elaboradas; en las críticas a los textos sigue la lógica que en ellos encuentra y tiene poca capacidad de distanciamiento frente al texto que analiza, lo cual conduce a que su aporte de ideas sea limitado; los textos que escribe presentan coherencia local y en general sus explicaciones son poco elaboradas. Este comportamiento discursivo se evidencia en los tipos de explicación que emplea. En la gráfica que presentamos a continuación caracterizamos las principales ideas de Laura según sus tipos de explicaciones y los enfoques profundo y superficial del aprendizaje.

Dentro de los elementos cognitivos estables encontramos ciertas ideas que permanecieron durante los dos cursos académicos, principalmente aquellas referidas al los modelos vitalista y de combustión a nivel sistémico, de igual manera se mantiene la indiferenciación entre los distintos modelos explicativos, (ver análisis conceptual). Se destacan también aspectos motivacionales tales como su bajo interés por el aprendizaje de conceptos científicos y por el estudio de las ciencias en general, (ver análisis motivacional). Otros aspectos estables referidos al tipo de pensamiento son su baja capacidad de abstracción y el dominio de la causalidad simple en sus explicaciones, (ver figura 5. 35). Desde la perspectiva de von Aufschnaiter & Niedderer (1998), estos elementos cognitivos estables orientan la construcción de las explicaciones de la estudiante. El análisis multidimensional de la evolución conceptual, en el caso de Laura, nos permite identificar aspectos profundos y superficiales en las diferentes categorías estudiadas. Este conocimiento es importante en el reconocimiento de posibles obstáculos en el logro del aprendizaje.

5. 4. 6. Posibles interrelaciones entre las categorías

En la figura 5.36 integramos las categorías de análisis cognitivo-lingüístico y metacognición en la explicación de la evolución conceptual de la estudiante. En el centro de la figura se presenta la evolución conceptual durante los dos cursos académicos. En torno a esta categoría se muestran las principales características de las otras dos categorías analizadas.

Desde la perspectiva conceptual encontramos que Laura tiene dificultades para reconocer diferentes contextos en los cuales pueda emplear de manera más significativa las ideas que tiene acerca de la respiración. No lograr diferenciar estos modelos explicativos lleva, al parecer, al empleo de ideas de manera sincrética. No observamos la presencia de conjuntos de ideas generalizadas a partir de las cuales elabore sus críticas, en lugar de ello la estudiante emplea de manera poco consistente y poco coherente un conjunto amplio de ideas.

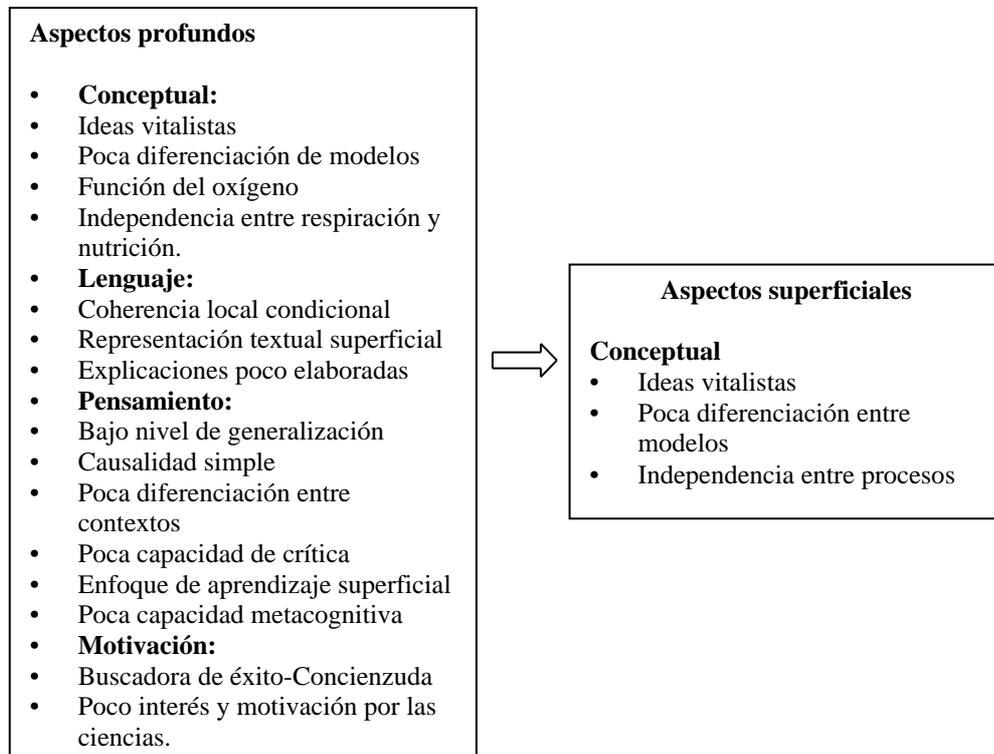


Figura 5. 35: Principales aspectos profundos y superficiales del sistema cognitivo de Laura

En el caso de Laura el bajo nivel de generalización parece estar relacionado con su dificultad para identificar aciertos y errores en las conceptualizaciones de sus compañeros. De igual manera su baja capacidad de distanciamiento en unión con su poca capacidad de crítica y la dificultad para identificar las ideas centrales de los textos que analiza o que escribe se vinculan de manera directa con la ausencia de modelos diferenciados.

Durante los dos cursos académicos observamos el mantenimiento de explicaciones de sentido común. Encontramos nivel de generalización y gran estabilidad de las ideas que en cierta medida se constituye en obstáculo para el logro de nuevos aprendizajes. No hace referencia a aspectos moleculares en sus explicaciones.

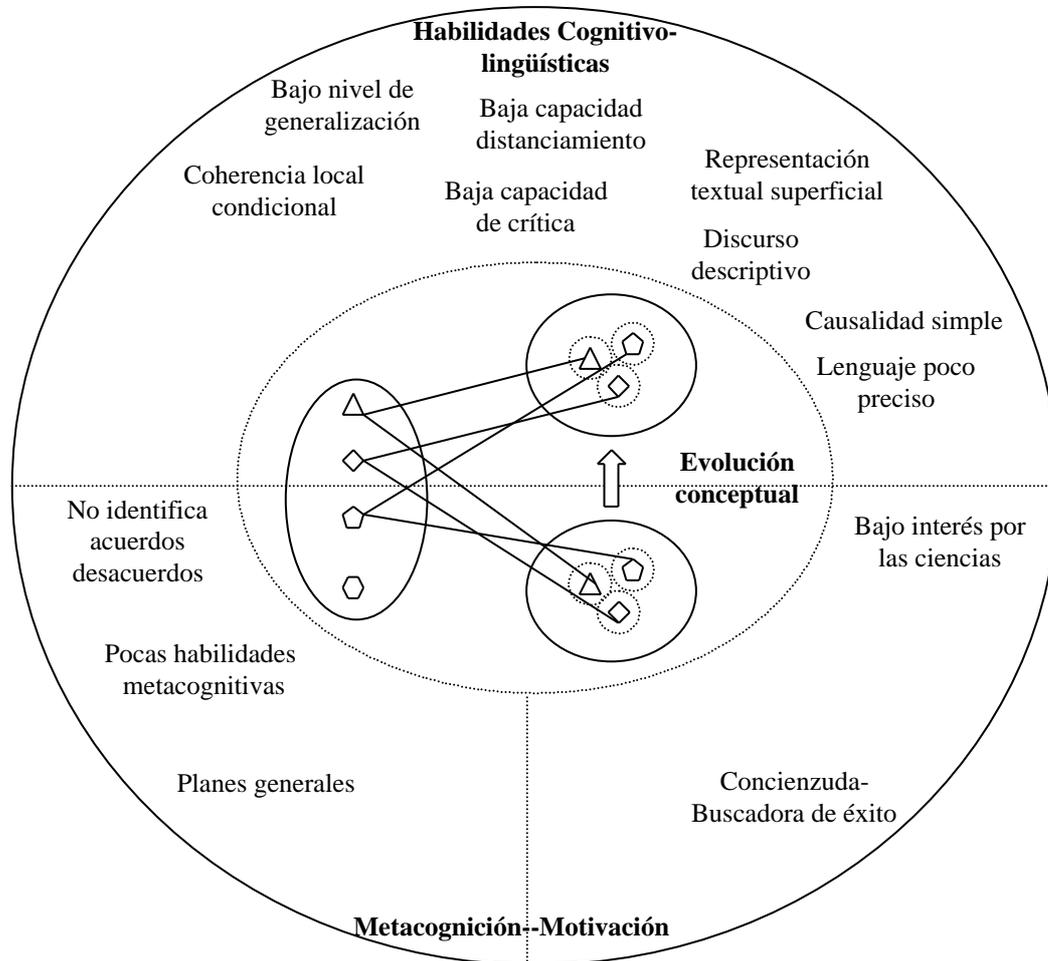


Figura 5. 36: Evolución conceptual de Laura desde la perspectiva multidimensional. En el centro se representa la evolución conceptual de la estudiante y en la periferia las principales características de las otras dimensiones analizadas.