

# Escribir para aprender biología en el marco de un cambio didáctico-curricular en el primer año de una universidad argentina<sup>1</sup>

De Micheli, Ana e Iglesia, Patricia

Departamento de Biología, Ciclo Básico Común,

Universidad de Buenos Aires, Argentina

## Introducción

El aprendizaje de conceptos en cualquier campo del conocimiento y nivel educativo requiere de la apropiación de lenguajes y formas específicas de explicar, relacionar, representar, argumentar y comunicar. A diferencia de lo que piensa la mayoría de los docentes universitarios, entendemos que las prácticas de lectura y escritura necesarias durante el aprendizaje de cualquier disciplina sólo se aprenden cuando el estudiante debe enfrentar situaciones de producción escrita y consulta bibliográfica propias del área (Carlino, 2005).

Desde esa concepción, en nuestra cátedra de Biología del Ciclo Básico Común (C.B.C.) de la Universidad de Buenos Aires (U.B.A.) estamos trabajando desde hace más de diez años con actividades que incorporan la escritura como recursos para aprender biología celular, la disciplina que enseñamos. En este artículo exponemos las dificultades que encuentran los alumnos para escribir biología, los avances que hemos realizados en la implementación de estrategias didácticas orientadas a facilitar dichas tareas y los retos que aún tenemos por delante como docentes comprometidos con el aprendizaje de nuestros estudiantes.

## El contexto institucional

El C.B.C. fue creado en 1985 como parte del proceso democrático iniciado en 1983 después de siete años de gobierno militar. Constituye el primer año de las más de 70 carreras que se dictan en U.B.A., la universidad pública y gratuita más grande y una de las más prestigiosas de la República Argentina. En el C.B.C. se dictan veintidos materias cuatrimestrales de las cuales cada alumno debe cursar seis que son designadas en función de la carrera que haya elegido. La matrícula del CBC es elevada y heterogénea en cuanto a su nivel socio-cultural. De hecho, los más de 50.000 alumnos que ingresan por año provienen de escuelas medias públicas y privadas de disímil calidad educativa. Esta cantidad de estudiantes se distribuye en 10 sedes localizadas en la Capital Federal y el conurbano. En cada sede, los cursos están a cargo de uno o dos docentes y coordinados por un profesor responsable de los lineamientos disciplinares.

---

<sup>1</sup> Este texto es la versión en español del capítulo de las mismas autoras publicado originalmente en inglés en el libro *Writing Programs Worldwide: Profiles of Academic Writing in Many Places*, editado por Chris Thaiss, Gerd Bräuer, Paula Carlino, Lisa Ganobcsik-Williams, and Aparna Sinha en 2012, en Fort Collins, Colorado: The WAC Clearinghouse and Parlor Press. Disponible en: <https://wac.colostate.edu/books/wpww/> Al final del texto, se incluyen tres Adendas, que no fueron publicadas en el capítulo original en inglés.

La experiencia docente de los últimos años pone en evidencia que los alumnos del C.B.C. tienen cada vez más dificultades para afrontar tareas de lectura y escritura. A pesar de esta situación, atribuible en parte a la crisis de la educación media argentina, poco se ha hecho en la institución para remediarla. Tal vez la única excepción sea el taller de lectura y escritura para alumnos que ingresan a algunas de las carreras de ciencias sociales.

Una de las asignaturas que se dictan en el C.B.C. es Biología, cuyo programa gira alrededor de la biología celular. Esta asignatura es obligatoria para los jóvenes que siguen carreras relacionadas con los seres vivos, la producción agropecuaria y la salud. Alrededor de 8000 alumnos cursan Biología por cuatrimestre en las 10 sedes del C.B.C. y en cursos cuya matrícula supera los 70 estudiantes. Desde sus inicios, la enseñanza de esta disciplina estuvo orientada por un enfoque reduccionista de las estructuras vivas y una tradición didáctica transmisiva. Estas concepciones se corporizan en clases expositivas con escasa participación de los alumnos, la circulación de gran cantidad de información disciplinar y evaluaciones que muy frecuentemente son de elección múltiple.

La forma tradicional de enseñar Biología se traduce en el escaso interés del estudiantado por la asignatura y en el nivel de deserción y desaprobación de la materia. Nuestra insatisfacción por esos resultados y la convicción de que lo enseñado y el modo de hacerlo poco aporta a la formación de los alumnos como ciudadanos y eventuales futuros profesionales, nos impulsó a los docentes de Biología de la Sede Regional Norte del C.B.C. a encarar desde 1996 un proceso de innovación didáctico curricular que se fundamenta en consideraciones de índole política, epistemológica y didáctica.

#### Fundamentos del cambio didáctico curricular

En primer lugar, asumimos que nuestra responsabilidad como docentes comprometidos con la educación pública consiste en facilitar la inserción del heterogéneo alumnado en el mundo universitario promoviendo, al mismo tiempo, el aprendizaje de contenidos relevantes para sus futuras carreras y el desarrollo de las habilidades cognitivas necesarias para ello.

En segundo lugar, la innovación se sustenta en una concepción sistémica de los seres vivos que, a diferencia del enfoque reduccionista, los concibe desde una doble mirada epistemológica: como una totalidad con dimensión histórica y espacial que interacciona con su ambiente y como el resultado de un gran número de procesos metabólicos y fisiológicos (Meyer, 1979; Morin, 1990; Lewontin, 1996). Nuestro currículo propone el análisis de los procesos celulares en el marco de comprender las propiedades de los seres vivos de los que forman parte y las relaciones entre distintos seres vivos entre sí y con su ambiente. En ese sentido, en vez de enfatizar la adquisición de gran cantidad de información y terminología acerca de la biología celular, jerarquizamos el establecimiento de relaciones entre conceptos referidos a diferentes niveles de organización (organismos, células, moléculas) y la articulación de distintos temas del currículum para explicar situaciones biológicas concretas, estableciendo así una relación dialéctica entre la teoría y la práctica (Luccarelli, 2009).

En tercer lugar, nuestra práctica docente se apoya en una concepción constructivista del aprendizaje que lo entiende como un evento resultante de la interacción continua y recursiva entre la experiencia del sujeto, sus conocimientos previos, su estructura afectiva y cognitiva y el objeto de conocimiento. En el proceso de aprender una disciplina juegan un rol fundamental la significatividad de los contenidos a aprender, su funcionalidad y el desarrollo de habilidades y estrategias cognitivas y metacognitivas (Giordan, 1997). Además, y en tanto la construcción de conocimientos disciplinares es un evento social que conlleva la apropiación de un sistema

conceptual y metodológico, el aprendizaje de un área del conocimiento requiere el desarrollo del lenguaje verbal en la interacción comunicativa con otros (Jorba, 2000).

### Las prácticas de comunicación en el aula de biología

Dada la importancia que le conferimos a la comunicación en el aprendizaje de la disciplina, en nuestras aulas hemos jerarquizado distintos canales de comunicación oral y escrita. Respecto a la oralidad, alternamos momentos de exposición dialogada con el trabajo en pequeños grupos cuyas producciones son retomadas en clase plenaria. Estas estrategias dinamizan las clases, favorecen el sentimiento de pertenencia de los estudiantes y facilitan el flujo de información en el aula. Sin embargo, presentan algunos obstáculos que dificultan el seguimiento de los aprendizajes individuales en aulas masivas. Por un lado, son pocos los alumnos que se animan a expresar sus ideas frente a sus compañeros. Además, la comunicación oral brinda poco tiempo para reflexionar acerca de lo que se escucha y dice. Esta característica de la comunicación oral termina siendo contraproducente para una población de estudiantes poco acostumbrada a pensar antes de opinar y a contestar preguntas cuya respuesta requiere algún tipo de elaboración.

La escritura y la lectura, por su parte, son utilizadas en el nivel universitario como formas modos de acceso al conocimiento disciplinar. En nuestra cátedra, desde hace varios años estamos abocados a que los alumnos utilicen el lenguaje escrito de manera interpretativa y no como un sistema de etiquetado que denote infinidad de nombres de procesos, estructuras y moléculas (Sutton, 2003). Para ello en el material de cátedra y en las evaluaciones proponemos a los alumnos diferentes situaciones problemáticas acerca de las cuales deben redactar textos. Algunas de esas actividades están orientadas a relacionar un determinado proceso molecular con otros eventos que suceden en la misma célula, en otras células del organismo o en otros seres vivos. Otras están destinadas a explicar eventos biológicos y/o justificar la veracidad o falsedad de afirmaciones referidas a distintas cuestiones disciplinares. Entendemos que a través de estas actividades, la escritura puede constituirse en una práctica con potencialidad epistémica, un recurso inigualable en el aprendizaje de la disciplina desde una mirada sistémica.

Analizar los textos del alumnado y reflexionar acerca de los aportes que podíamos hacerles para facilitar la escritura implicó para los docentes de la cátedra un proceso de desnaturalización y reflexión crítica acerca de nuestra propia práctica como escritores y revisores de textos disciplinares. En ese camino, establecimos contactos fructíferos con algunos docentes de nivel superior que incorporan prácticas de escritura en la enseñanza de sus disciplinas. Asimismo, algunos miembros de la cátedra comenzaron estudios de posgrado sobre lectura y escritura. Es así que a través de un proceso recursivo entre la práctica docente reflexiva y la teoría fuimos construyendo un corpus de conocimientos e interrogantes que orientan nuestro quehacer docente.

### La escritura en Biología: obstáculos, estrategias didácticas, éxitos y retos pendientes

Durante mucho tiempo, nuestro único acceso a las producciones escritas de los estudiantes fue en ocasión de las evaluaciones escritas. El análisis de esas producciones nos permitió identificar dificultades de distinta índole relacionadas con a) la construcción y relación de conceptos disciplinares, b) el uso de esos conceptos para explicar casos biológicos concretos, c) el desconocimiento de las *formas de explicar* características de las ciencias naturales d) el uso del lenguaje.

Con el objetivo de ayudar a nuestros alumnos a afrontar esas dificultades, hace cinco años comenzamos a promover la escritura durante todo el cuatrimestre. Esta tarea estuvo acompañada de sugerencias acerca de posibles estrategias a ser utilizadas como recursos para planificar los escritos. Algunas estrategias están orientadas a resolver consignas referidas a la relación entre conceptos disciplinares. Entre ellas resaltan el armado de una red que funcione como plan textual y la elaboración del *aura conceptual* de algún término particular según la denominación que utilizan Giordan y De Vecchi (1997) al referirse a la expansión de algún concepto. Otras estrategias están destinadas a explicitar las características de los textos explicativos y ponerlas en práctica para modelizar su uso.

La experiencia muestra que los alumnos se comprometen con la escritura cuando el docente puede argumentar acerca de la importancia de la tarea, la retroalimenta continuamente y es así capaz de convencer y entusiasmar a los alumnos para escribir. Actualmente estamos trabajando con dos tipos de textos redactados por los estudiantes: a) producciones que responden a algunas de las actividades del material de cátedra, generalmente orientadas a relacionar conceptos disciplinares y b) preguntas solicitadas por el docente al finalizar cada unidad temática con el objetivo de recabar información acerca de las dudas y/o preguntas pendientes. Respecto al primer tipo de escrito, las producciones son devueltas con comentarios del docente. A lo largo del tiempo fuimos variando el estilo de devolución: al principio simplemente los corregíamos, pero actualmente evitamos invadir el texto y hacemos notas al pie con sugerencias, animando a los alumnos a reescribirlo si fuera necesario. La mayor parte de las sugerencias giran alrededor de errores conceptuales, la falta de pertinencia, cohesión y/o coherencia de algunos fragmentos y la ausencia de signos de puntuación. Por su parte, las preguntas elaboradas por los alumnos resultan un insumo muy útil para el docente porque le permite tener un rápido panorama de los aspectos que han quedado más oscuros durante las clases. Después de ser analizadas, las preguntas son contestadas en clase plenaria a la clase siguiente.

Los alumnos que responden favorablemente a las consignas de escritura y leen las devoluciones del docente expresan que escribir les resulta beneficioso para aprender biología. A través de encuestas semiestructuradas, algunos de ellos explicitan que escribir les facilita el aprendizaje de conceptos porque los familiariza con el vocabulario disciplinar y que las observaciones docentes los ayudan a detectar sus errores. Además *“al hacer los textos, hay que releer los conceptos e interpretarlos mejor y relacionarlos con otros procesos”*. Dicho en otras palabras, escribir este tipo de texto *“ayuda a relacionar los términos y así comprender mejor el concepto de cada uno”*. Otros estudiantes destacan que la escritura los aproxima a un modo de estudiar diferente al habitual consistente en estudiar *“los textos del libro sin dar mis propias explicaciones”* y que *“al no entenderlo, lo hubiera estudiado de memoria”*. Por otra parte, el trabajo sistemático *“ayuda a no dejar las cosas para después”*. Además, reconocen que les sirve para *“ser más clara y coherente en cuanto al orden de lo más importante a lo menos relevante y también expresarme mejor”*. Así también, las observaciones del docente les ayudan a *“situar mejor al lector, (...) no dar las cosas por sabidas, sino explicar todo”*. Finalmente, los alumnos valoran la posibilidad de elaborar preguntas sobre los aspectos no comprendidos de cada tema y la respuesta a todas ellas porque *“las dudas de otro pueden ser las propias”*.

A pesar de los éxitos obtenidos en la tarea de instalar la escritura como camino para aprender Biología, quedan por lo menos dos retos pendientes que ameritan futuras acciones. En primer lugar no hemos logrado aún que el conjunto de los docentes de esta cátedra se ocupen de la escritura de sus alumnos. Resulta evidente que los modelos docentes aprendidos son difíciles de modificar y que hacerlo requiere un gran trabajo de reflexión crítica del conjunto de los docentes acerca de la práctica. En ese camino nos ha resultado muy útil el trabajo conjunto

de dos docentes en cada aula. Esta situación, que no siempre es posible por cuestiones institucionales, favorece que los docentes menos comprometidos con la escritura de sus alumnos se embeban de las estrategias usadas por su colega más conciente de la importancia de escribir para aprender.

El segundo reto está relacionado con las observaciones que hacemos a los escritos de los alumnos. La forma y el contenido de los comentarios son diferentes según el docente, dependiendo de su experiencia como escritor y de su concepción implícita o explícita acerca del rol docente en la facilitación de la tarea a los alumnos. Esta disparidad requeriría la implementación de espacios de reflexión, tal vez acompañados por profesionales especializados, que nos ayuden a ponerle nombre a las maneras propias de cada docente para poder discutir y elaborar una estrategia más racional y consensuada.

### Conclusiones

La construcción de conocimientos es un proceso social en el que juega un papel fundamental la comunicación y el diálogo.

La experiencia de docentes y alumnos sugiere que la práctica de escribir en respuesta a las consignas elaboradas por la cátedra en el marco del cambio didáctico-curricular tiene un importante valor epistémico. Dicho valor se potencia cuando la escritura se inscribe en una dinámica dialogal: los alumnos escriben y los docentes devuelven los escritos con observaciones y/o sugerencias o con respuestas orales.

Ocuparse de la escritura de los alumnos enfrenta a los docentes a un doble reto: familiarizar a los estudiantes con las formas de escribir en nuestra disciplina y desnaturalizar nuestras prácticas como escritores “expertos” para identificar las estrategias que usamos y poderlas así enseñar.

Finalmente, otorgar a la escritura un espacio en el quehacer áulico representa un esfuerzo no sólo para los alumnos, sino también para los docentes, máxime cuando nuestra práctica docente se desarrolla en aulas masivas. A pesar de ello, los resultados que estamos obteniendo en el nivel de aprobación de la materia, en la calidad de los textos y el compromiso de los alumnos con su propio aprendizaje evidencian que el esfuerzo vale la pena.

### Bibliografía

CARLINO, P. (2005) *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica

GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1997). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Díada.

JORBA, J., GÓMEZ, I. y PRAT, A. (2000) *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona. ICE UAB. Síntesis.

LEWONTIN, R., ROSE, S. y KAMIN, L.J. (1996). *No está en los genes. Crítica del racismo biológico*. Barcelona. Crítica.

LUCARELLI, E. (2009) *La innovación en la construcción del objeto disciplinar*. Cap 7. En Teoría y práctica en la universidad. Buenos Aires. Miño y Dávila

MEYER, F. (1979) *Situación epistemológica de la Biología*. En Meyer, F. Papert. S. Nowinski, C. y Piaget, J. Buenos Aires. Paidós.

MORIN, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Buenos Aires. Nueva Visión.

SUTTON, C. (2003). *Los profesores de ciencia como profesores de lenguaje*. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 21(1), pp 21-25. Barcelona.

## ADENDA N° 1

### Diálogo escrito en la enseñanza y aprendizaje de biología

Los alumnos suelen aprender los conceptos disciplinares de manera aislada estableciendo relaciones superficiales entre ellos. Los docentes somos los que podemos promover que el alumnado construya redes de relaciones más integradas a través del trabajo recursivo con el lenguaje específico. En ese sentido, parece necesario que destinemos momentos de la clase a incentivar su reflexión acerca de cómo va cambiando aquello que los jóvenes intentan decir y cómo pueden reconocer un mismo significado en diferentes contextos (Anderberg, Svensson, Alvegard, y Johansson, 2008<sup>2</sup>). El trabajo con el lenguaje adquiere mayor visibilidad y potencialidad a través de ciertas actividades escritas que permiten ser revisadas, enriqueciendo las conexiones conceptuales y profundizando el conocimiento (Hand y Prain, 2012<sup>3</sup>).

Las tareas escritas son parte de las actividades que nuestros alumnos realizan a lo largo del curso en el marco de aprender Biología. A lo largo del tiempo fuimos variando la forma de encarar la revisión y sobre todo la devolución a los textos que los jóvenes elaboran como tareas domiciliarias. Al principio simplemente los corregíamos tratando de dar las soluciones correctas a los errores o mencionando que los textos eran incompletos o incomplejos. Luego, y a la luz del concepto de *diálogo*, cada docente fue desarrollando un estilo de devolución más acorde con los modelos de corrección que Cassany (2004)<sup>4</sup> llama de guía-cooperación y de colaboración mutua. En esa línea, si bien los docentes marcamos los errores y orientamos la revisión y corrección del texto a través de preguntas o sugerencias, la tónica general es la constituirnos en lectores respetuosos de la producción de los alumnos haciendo marcaciones al pie para no invadirlo y tratando de interpretarla solidariamente, solicitando aclaraciones cuando el texto es confuso en su contenido o forma.

Así como los alumnos tienen sus propios estilos de escritura, también los docentes tenemos nuestras particulares formas de dialogar con los alumnos a través de la escritura. Sin embargo, y más allá de las diferencias, la mayor parte de las observaciones a los textos de los alumnos giran alrededor de la presencia de errores conceptuales explícitos, la ausencia o incorrección de las relaciones conceptuales pedidas en la consigna o cierta confusión en la redacción que podría estar dando cuenta de errores conceptuales. En consonancia con lo que postulan Gottschalk y Hjortshoj (2004)<sup>5</sup>, nuestros estudiantes valoran el feedback que reciben de los profesores sobre todo cuando la respuesta es constructiva y respetuosa. Esos autores plantean, además, que los comentarios más productivos son aquellos planteados en formato de interrogante ya que estimulan a los estudiantes a pensar más profundamente en el tema en cuestión.

---

<sup>2</sup> Anderberg, E.; Svensson, L; Alvegard, C; y Johansson, T. (2008) The epistemological role of language use in learning: A phenomenographic intentional–expressive approach. *Educational Research Review*, 3, 14-29

<sup>3</sup> Hand, B. y Prain, V. (2012) Writing as a Learning Tool in Science: Lessons Learnt and Future Agendas. Capítulo 88. En *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, Springer Science Business Media B. V.

<sup>4</sup> Cassany, Daniel (2004). *Reparar la escritura. Didáctica de la corrección de los escrito*. Editorial Grao, Barcelona.

<sup>5</sup> Gottschalk, K. y Hjortshoj, K. (2004) The elements of teaching writing. A resource for instructors in all disciplines. Boston, Bedford. St Martin's.

En la presente agenda presentamos dos ejemplos de diálogos escritos entre sus autores y su docente.

### **Diálogo 1: Intervenciones docentes orientadas a revisar el uso de términos disciplinares**

Algunas de las tareas de escritura que solicitamos están orientadas a los alumnos relacionen eventos encadenados utilizando los datos que aporta el enunciado lo que pone en tensión las conceptualizaciones implícitas y la expresión de las mismas. Este tipo de tarea suele ser desafiante para los estudiantes ya que les genera incertidumbre y confusión acerca del uso adecuado de los conceptos disciplinares recién aprendidos. Como frecuentemente los jóvenes usan incorrectamente términos disciplinares, las devoluciones a los escritos son relevantes porque pueden potenciar el aprendizaje en la medida que, no sólo indiquen qué aspectos del mismo deben revisar, sino también les ofrezcan orientaciones acerca de cómo modificarlo.

#### Consigna de la tarea de escritura

En las células de su piel se produce una proteína denominada queratina. Como primer paso del proceso de fabricación de esa proteína, en el núcleo de esas células, se realiza la transcripción del gen que tiene la información sobre cómo sintetizar queratina. Redacte un texto en el que relacione el proceso de transcripción de ese gen, con los siguientes conceptos: *ARN polimerasa, ribonucleótidos, secuencia de nucleótidos de ADN, molécula de ARN.*

A partir de esta consigna los alumnos deben dar cuenta del proceso de transcripción de un gen explicado durante la clase a través y ponerlo en relación con conceptos disciplinares diferentes pero que están emparentados y tienen denominaciones similares. Esta situación genera que, en ocasiones, los alumnos confundan los términos utilizándolos en forma inadecuada. Entendemos que la devolución a estos textos, así como la planificación de otras situaciones de comunicación escrita y oral que promuevan su uso en distintos contextos pueden ayudar a que los jóvenes los utilicen de manera pertinente y complejicen su significado.

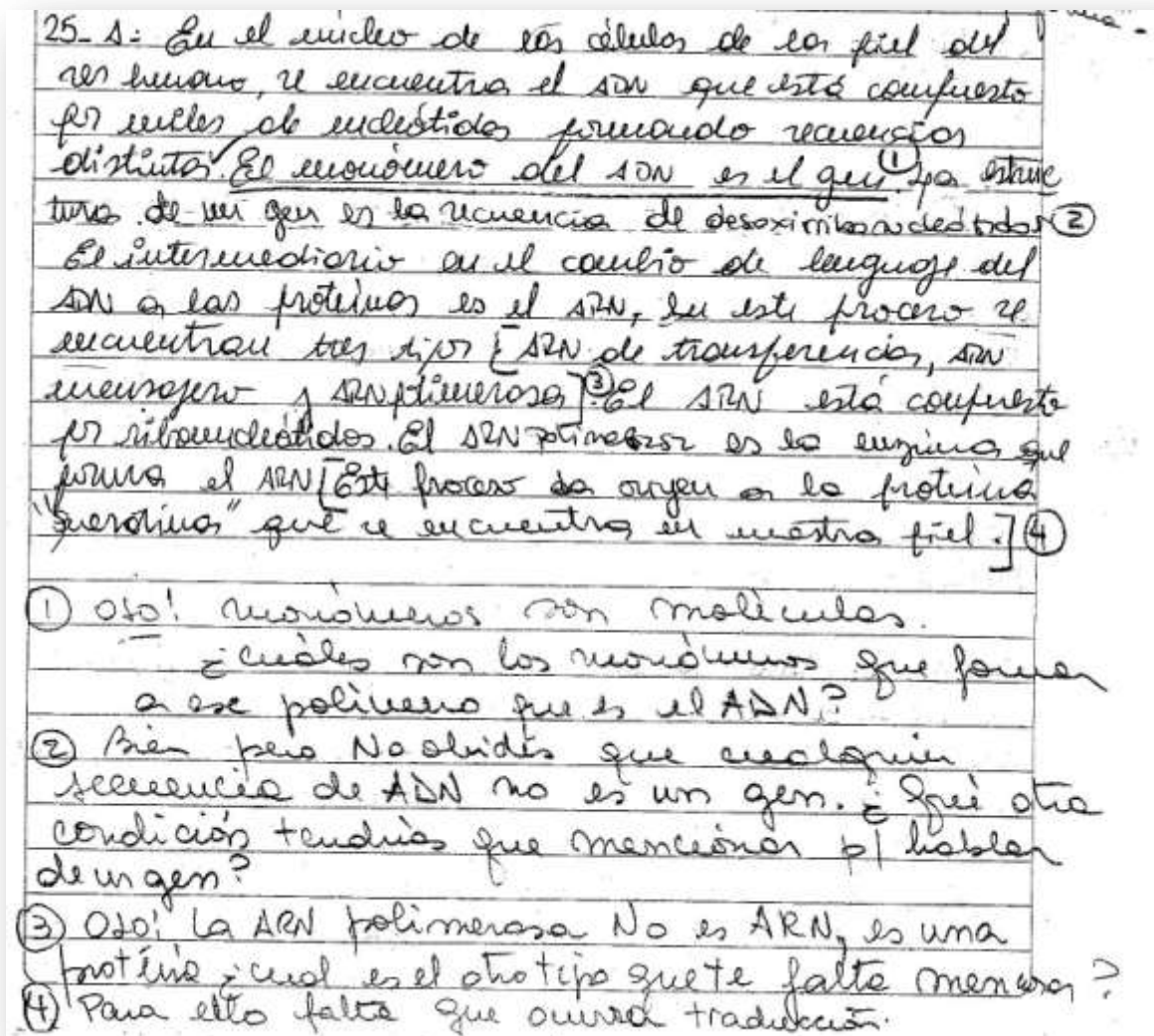
En este caso, el alumno escribió:

*“En el núcleo de las células de la piel del ser humano se encuentra el ADN que está compuesto por miles de nucleótidos formando secuencias distintas. El monómero del ADN es el gen.[1] La estructura del gen es la secuencia de desoxiribonucleótidos. El intermediario en el cambio de lenguaje del ADN a las proteínas es el ARN, en este proceso se encuentran tres tipos: ARN de transferencia, ARN mensajero y ARN polimerasa. [3] El ARN está compuesto por ribonucleótidos. El ARN polimerasa es la enzima que forma al ARN. Este proceso da origen a la proteína queratina que se encuentra en nuestra piel.”*

La devolución de la docente que se analiza en esta oportunidad se refiere a los dos fragmentos resaltados en el texto, más específicamente los marcados como [1] y [3]. Al respecto, escribe:  
[1] ¡Ojo! Monómeros son moléculas. ¿Cuáles son los monómeros que forman a ese polímero que es el ADN?  
[3] ¡Ojo! La ARN polimerasa no es ARN, es una proteína. ¿Cuál es el tipo de ARN que te falta mencionar?



## Texto 1



Las dos devoluciones docentes siguen la misma estrategia. En primer lugar, se inician con un llamado de atención (“Ojo!”) sobre las frases que contienen términos erróneos; en segundo lugar aportan información breve que pretende llamar la atención acerca del significado de los conceptos que el alumno utilizó de manera equivocada. Finalmente plantean una pregunta orientada a que el autor encuentre la respuesta que lo ayude a aclarar sus ideas.

En síntesis, las devoluciones se centran en circunscribir el nudo del error pero sin dar la respuesta “correcta”, buscando que sea el estudiante quien vuelva sobre su propio texto, relea la información de sus apuntes o la bibliografía y lo reelabore reparando el error.

### Diálogo 2: Intervenciones docentes orientadas a que el alumno expanda su explicación

Una dificultad habitual reside en que los alumnos saltan alguno de los eslabones de la cadena de relaciones que es necesario explicitar para dar cuenta de lo pedido en la consigna. En consecuencia, los textos presentan relaciones muy compactadas en las que están ausentes

argumentos imprescindibles para referir al fenómeno biológico que se menciona en el enunciado.

### **Consigna de la tarea de escritura**

Las hojas de los sauces producen moléculas de mal sabor que funcionan como defensas poderosas contra animales herbívoros. Considere como una suposición que dichas moléculas se sintetizan por la actividad de una enzima denominada *amargasa*.

En una población de sauces se encontraron algunas plantas incapaces de producir estas enzimas. Al analizar las hojas de dichos organismos, no se ha detectado la enzima *amargasa* en ninguna de sus células, sin embargo se detectó la presencia de una proteína (que llamaremos X) cuya estructura primaria es parecida a la de la enzima *amargasa*. Al comparar las secuencias de aminoácidos de ambas proteínas, se pudo establecer que se diferenciaban en un único aminoácido. A pesar de esto, la proteína X no cumple la función que realiza la enzima *amargasa*.

Piense en una planta de sauce cuyas hojas no producen las moléculas que dan el sabor amargo y redacte un texto que relacione los siguientes términos: *mutación – fenotipo - estructura tridimensional de la proteína X*

El propósito de esta consigna es que los alumnos expliquen de qué manera la información genética de un ser vivo (un sauce) se vincula con sus características (tener hojas de sabor amargo). Para ello tienen que armar cadenas articuladas de conceptos lo que implica pensar en sucesos biológicos relacionados temporal y espacialmente. Consideramos que poder armar secuencias de eventos, situados en un contexto (un ser vivo particular, una molécula, una célula determinada) promueve que los alumnos puedan pensar en casos y construir modelos más complejos de funcionamiento de los seres vivos.

En este caso los estudiantes tienen que relacionar el hecho **A** (una mutación, es decir un cambio en el ADN) con un primer efecto **B** (cambio de un aminoácido en la estructura primaria de la proteína). A su vez, la ocurrencia de **B** influye en un segundo efecto **C** que consiste en el cambio en la estructura tridimensional de la proteína (*amargasa*, en este caso). Finalmente, ese cambio trae como consecuencia la inactividad de esa proteína y por ello la pérdida de función (efecto **D**) que se refleja en que la planta no puede producir una molécula que aporta sabor amargo a las hojas. Esa característica forma parte del fenotipo del sauce (efecto **E**).

Para armar la cadena de relaciones que permite explicar lo pedido, la consigna de la actividad aporta pistas que consisten en algunos términos disciplinares que los alumnos tienen que utilizar en su escrito y que son necesarios para completar la explicación. Los términos- pistas son: *mutación (A)*, *estructura tridimensional (C)*, *fenotipo (E)*; decimos que los términos funcionan como pistas porque aportan indicios acerca del tipo de relación que se pretende que los alumnos establezcan, así como el nivel de profundidad esperado en la explicación.

En este caso, el alumno escribió:

*“En una planta de sauce analizada se puede establecer que produce una proteína X cuya estructura primaria es parecida a la enzima amargasa pero[se diferencia en un único aminoácido en su estructura tridimensional][3]ya que ocurrió una mutación de sustitución, donde [se modificó un aminoácido en la proteína. Por lo tanto, no cumple la función que realizaba la enzima amargasa;][4]y su fenotipo no es la molécula de mal sabor producirla porque ya no tiene la misma estructura tridimensional.”*

En este caso analizamos dos de los comentarios hechos por la docente a los fragmentos del texto que se resaltan en la transcripción. En su devolución, la docente encierra con corchetes las partes del texto que va a comentar y a través de preguntas intenta orientar la reflexión del alumno acerca de lo escrito con el propósito de orientar una eventual reescritura del texto o al menos para que el alumno siga pensando en esas relaciones entre estructura y función que constituyen una cuestión clave en el aprendizaje de biología.

Ante la frase del alumno “(...) *se diferencia en un único aminoácido en su estructura tridimensional*”, la docente aclara en el comentario [3] “El cambio en un único aminoácido es en su estructura primaria. ¿Cómo afecta esto a su estructura tridimensional?” Aquí la intención es hacer explícita la relación faltante para que el alumno pueda explicarla al tiempo que le tiende un puente conceptual (el cambio sucede en estructura primaria) para pedirle después que vincule ese elemento faltante ahora sí con el cambio en la estructura tridimensional.

Algo similar sucede ante la frase “*se modificó un aminoácido en la proteína. Por lo tanto, no cumple la función que realizaba la enzima amargasa*” que da lugar al comentario [4]: “¿Por qué esa modificación en un aminoácido hace que no cumpla la función?” En este caso el alumno escribe que un cambio en un aminoácido (hecho **B**) ocasiona el efecto **E**. La pregunta de la docente intenta llevar al alumno a que reponga los eslabones faltantes de la cadena de eventos, es decir cómo B produce C que a su vez da lugar a D y este a E. Ambos comentarios van en el mismo sentido y apuntan a que el estudiante pueda reorganizar los sucesos necesarios para explicar la ausencia de función de la enzima amargasa y llegar finalmente a explicar por qué la característica del sauce de no tener sabor amargo está relacionada con su información genética.

Más allá de los problemas de cohesión y coherencia del texto, que están imbricados con la dificultad para establecer las relaciones conceptuales necesarias para explicar el hecho solicitado, la docente jerarquiza el tipo de orientación más centrada en el contenido conceptual con la intención de que el alumno vuelva sobre el texto y explicité las conexiones que den cuenta del fenómeno biológico planteado. Sin embargo, esas orientaciones están ancladas en la producción escrita; es ese soporte el que le permite al alumno volver a revisar qué dijo y cómo lo dijo y en esa situación modificar aquello propuesto, utilizando como mediación las intervenciones escritas que hace la docente.

## Texto 2

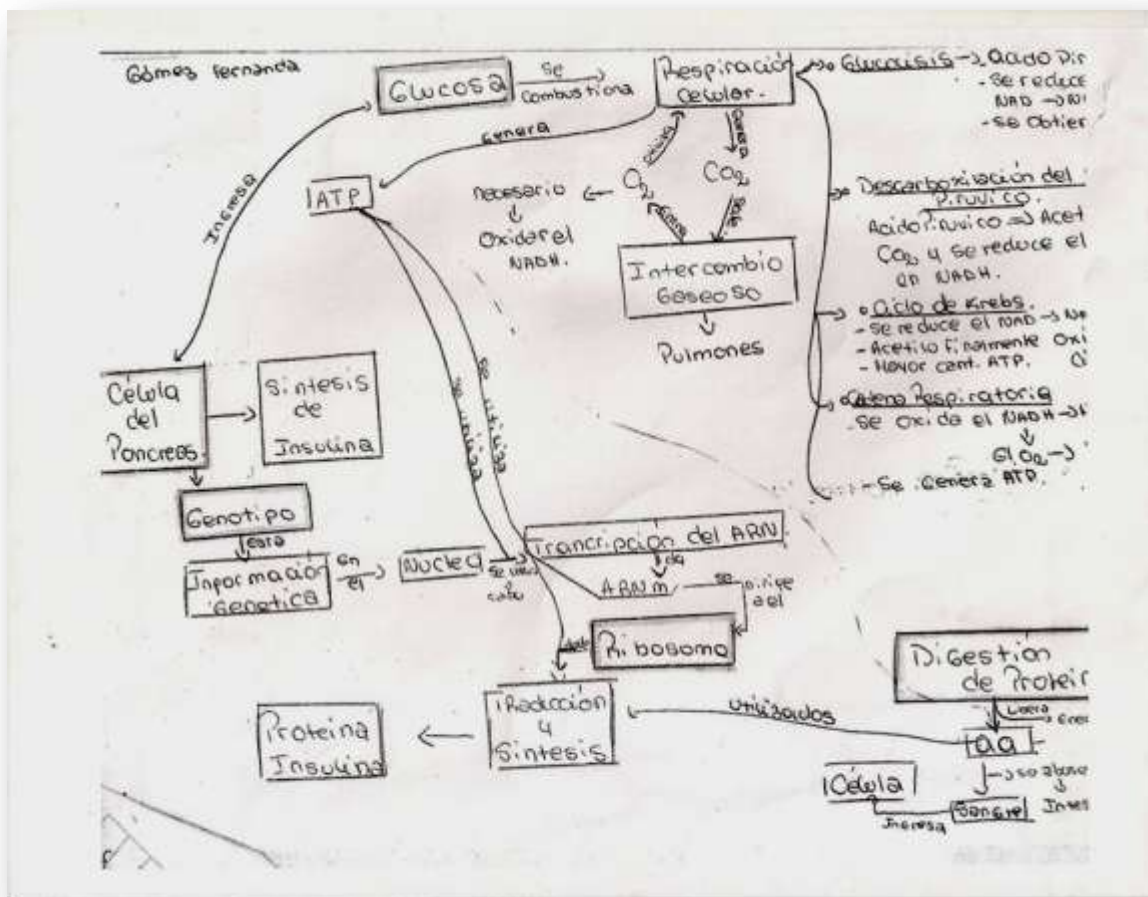
- 1) En una planta de sauce analizada se probó su material genético que produce una proteína X, cuya estructura primaria es parecida a la enzima amilasa pero se diferencia en un único aminoácido en su estructura tridimensional <sup>3</sup> y a que ocurre una mutación de sustitución, donde se modifica un aminoácido en la proteína. [Por lo tanto, no cumple la función que realiza]
- 4) la enzima amilasa, y [su fenotipo no es la producción de mel social] <sup>5</sup> producida porque ya no tiene la misma estructura tridimensional.

- 2) Fíjate lo que subrayé: queda un poco confuso el orden en el que mencioné los conceptos.
- ¿se modifica la proteína? ¿cuál proteína?
  - ¿cómo afecta <sup>esto</sup> al fenotipo de las avispas?
  - ¿el pigmento marrón? ¿qué relación tiene <sup>esto</sup> con la proteína modificada? Te sugiero reordenar esto.
- 3) El cambio en un único aa es en me est. primaria ¿cómo afecta esto a su estructura tridimensional?
- 4) ¿Por qué esa modificación en 1 aa hace que no cumpla la función?
- 5) ¿De quién es el fenotipo? ¿Del sauce?

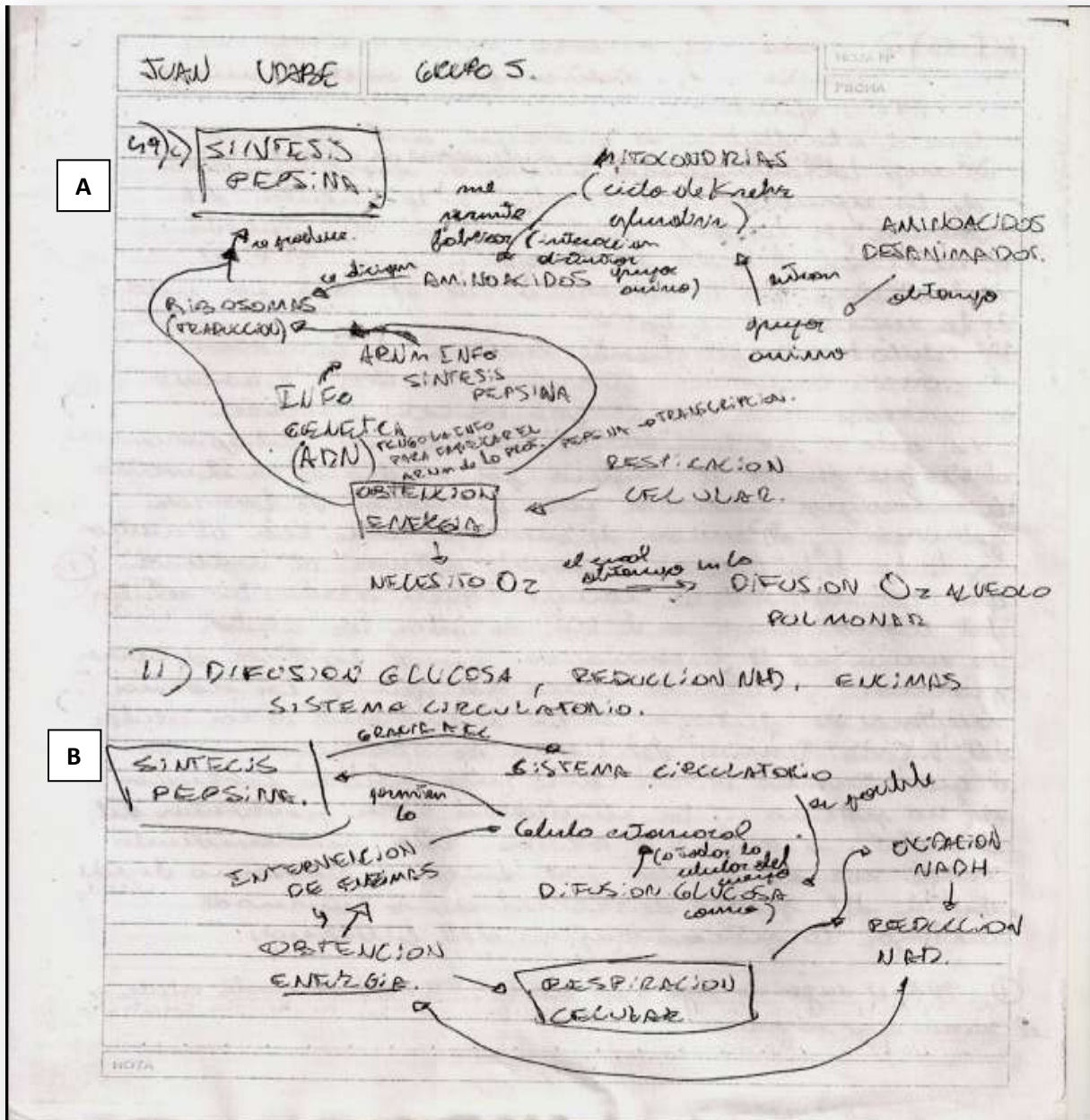
## ADENDA N° 2

Estrategias para encarar la elaboración de textos

A la hora de redactar textos que relacionen conceptos biológicos trabajados en distintas clases y que están referidos a diferentes niveles de organización y/o fenómenos fisiológicos, muchos alumnos expresan que no saben “por dónde empezar”. Frente a esa dificultad, en clase plenaria los docentes sugerimos posibles estrategias que pueden ser útiles para planificar los escritos antes de comenzar a redactar. Una de esas estrategias es la de armar redes conceptuales que contemplen los conceptos requeridos en la consigna e incluyan todos los que, a criterio del autor, sean necesarios para darle coherencia y completitud a la producción escrita. En este apéndice se presentan tres redes conceptuales armadas por dos alumnos como paso previo a la escritura de los respectivos textos.



**FIG. 1.** Red armada por Fernanda como modo de organizar sus ideas antes de escribir un texto relacionando la **síntesis de insulina en las células del páncreas** con la **digestión de proteínas en el estómago**, el **ATP**, la **glucosa** y los **ribosomas**



**Fig. 2.** Redes armadas por Juan antes de escribir dos textos relacionando la **síntesis de la enzima pepsina en una célula del estómago** con diferentes grupos de conceptos.

A. Las **mitocondrias**, los **ribosomas**, la **información genética** y la **difusión de O<sub>2</sub>** en el **alvéolo pulmonar**.

B. La **difusión de glucosa**, la **reducción del NAD**, las **enzimas** y el **sistema circulatorio**.

## ADENDA N° 3

### Articulación entre imágenes y escritura. Breve análisis de una experiencia<sup>6</sup>

#### Introducción

Las imágenes son fundamentales para enseñar y aprender Biología. Sin embargo, las que aparecen en la bibliografía o dibujamos en el pizarrón son estáticas y planas lo que no facilita la representación de la tridimensionalidad de las estructuras sub-celulares ni la dinámica de los procesos biológicos caracterizada por su velocidad y simultaneidad y en la que el azar cumple un rol fundamental. Con el objetivo de subsanar esta carencia desarrollamos distintas secuencias didácticas que incorporan la exhibición de videos animados y la integran con la escritura. A través de una de esas experiencias nos propusimos promover en el estudiantado la construcción de un enfoque más complejo del tema *actividad enzimática* introduciendo los conceptos de movimiento, azar y probabilidad de encuentros entre moléculas.

Si bien la incorporación de imágenes animadas puede ayudar a nuestros alumnos a complejizar sus concepciones, compartimos con Dussel (2011)<sup>7</sup> el cuestionamiento a la extendida convicción de que el uso de las tecnologías digitales produce automáticamente una mejora en los aprendizajes por el solo hecho de tener imágenes, interesar y motivar a los alumnos. Más aún, esta autora propone que el uso de las TICs debería estar orientado a que los alumnos puedan establecer diversas relaciones entre imágenes y palabras como sistemas de representación distintos pero conectados; esas relaciones deberían ser, además, revisadas, enriquecidas y mejoradas con el diálogo, la perspectiva de otros y conocimientos técnicos más precisos y ajustados al saber disciplinar.

Desde ese marco, se planificó una secuencia didáctica de seis clases para trabajar el tema *actividad enzimática*. En la tercera clase, después de exhibir dos animaciones destinadas a ilustrar los aspectos tridimensionales de lo explicado en las clases previas, se presentó el video [http://www.kscience.co.uk/animations/anim\\_2.htm](http://www.kscience.co.uk/animations/anim_2.htm). que permite modificar factores ambientales que afectan la actividad enzimática (temperatura, pH y cantidad de sustrato) y observar los efectos sobre el movimiento de las enzimas y sustratos, el choque de ambas partículas y la velocidad de formación del producto. Durante su exhibición, la docente fue modificando cada uno de esos factores al tiempo que mediaba entre las imágenes en movimiento y los alumnos a través de descripciones, preguntas y pedidos de hipótesis sobre las posibles consecuencias de cada modificación.

Al finalizar la clase, se presentó a los alumnos la consigna de una tarea escrita domiciliaria que consistía en la redacción de tres textos a través de los cuales debían relacionar y aplicar a una reacción química hipotética catalizada por una enzima X diferentes conceptos trabajados durante la exhibición del video. Una vez entregados, los textos fueron revisados y devueltos a sus autores con las respectivas observaciones. A continuación, la docente fue analizando en clase plenaria los errores más frecuentemente detectados en los escritos al tiempo que

<sup>6</sup> De esta experiencia son responsables Ana De Micheli, Elizabeth González Urda y Patricia Iglesia.

<sup>7</sup> Dussel, I. (2011). Aprender y enseñar en la cultura digital. En: Documento básico.VI Foro Latinoamericano de Educación; Educación y nuevas tecnologías: los desafíos pedagógicos ante el mundo digital Dussel y Quevedo (Ed.). Buenos Aires: Santillana. Disponible en <http://www.oei.org.ar/7BASICOp.pdf>. Consultado 12 agosto 2015.

recuperaba los conceptos principales trabajados durante el trabajo con el video animado. Finalmente, se pidió a los alumnos que en sus domicilios reescribieran total o parcialmente sus textos en función de las observaciones particulares y lo debatido en clase.

## Resultados

En este apéndice presentamos el análisis de las producciones escritas de los alumnos elaboradas a partir de la consigna que pedía relacionar la **actividad de la enzima X** con la **velocidad del movimiento de las partículas (enzimas y sustratos)** y la comparación con las respectivas reescrituras (segundos textos). De los diferentes aspectos a analizar, en este caso nos circunscribiremos a mostrar los resultados que derivan de estudiar la presencia o ausencia de relaciones entre la actividad de la enzima X, la velocidad de unión con el sustrato y la formación del producto

La mitad de los primeros textos alude al concepto de actividad de la enzima X sin profundizarlo (Texto 1) mientras que la otra mitad se explora sobre el mismo relacionándolo, ya sea con la unión al sustrato (Texto 2), con la formación de producto (Texto 3) o con ambos eventos a la vez (Texto 4).

Texto 1: *“Si la velocidad del movimiento de las partículas (enzimas y sustratos) es alta, la actividad de la enzima X será mayor.”*

Texto 2: *“La actividad de la enzima X queda inactiva cuando disminuye la velocidad del movimiento de las partículas, ya que disminuyó la temperatura y el sitio activo está pero tarda más en encontrarse con los sustratos.”*

Texto 3: *“...la actividad de la enzima X es más rápida, por lo tanto la formación de productos va a ser mayor, en menos tiempo.”*

Texto 4: *“A mayor temperatura, mayor actividad enzimática, por ende la enzima X tendrá más posibilidades de encontrarse con el sustrato y generar más producto.”*

Las observaciones del docente hechas por escrito a los primeros textos y los comentarios en clase plenaria estuvieron orientados a que los alumnos explicaran por qué a mayor (o menor) movimiento de las moléculas la actividad de la enzima es mayor (o menor) y se los incentivó a incluir en su nuevo escrito al sustrato y los productos como términos necesarios para dar precisión a la relación planteada. Ambas intervenciones docentes parecen haber sido relevantes ya que los segundos textos presentan cambios significativos respecto a los primeros.

En primer lugar, la mayoría de los alumnos que no habían desarrollado el concepto de actividad enzimática en su primer escrito pudo incorporar en la reescritura al sustrato y/o a los productos, mientras que sólo dos no lo hicieron. En segundo lugar, en algunos textos aparecen otros conceptos relacionados con el tema y que lo enriquecen. Algunos introducen la desnaturalización enzimática relacionándola con el aumento de temperatura (Texto 5) mientras que otros incorporan la expresión complejo enzima-sustrato (Texto 6) o el concepto de sitio activo (Texto 7). Finalmente, también aparece en algunos textos el concepto de azar (Texto 8).

Texto 5: *“En el caso de que la temperatura supere los 60°C las enzimas se desnaturalizan, por ende la cantidad de actividad enzimática también se reduce.”*

Texto 6: *“Hay más posibilidad de que se produzca el complejo enzima-sustrato.”*



Texto 7: “...la velocidad será lenta y tardará más tiempo la unión del sustrato con el sitio activo.”

Texto 8: “Ese movimiento [el de las enzimas y sustratos] es azaroso. Por esa razón, ahora [cuando aumenta la temperatura] la probabilidad de encuentro es mucho mayor.”

## Conclusiones

- Nuestra experiencia sugiere que los videos constituyen una herramienta didáctica que puede ser útil para complejizar las representaciones que el alumnado tiene sobre distintos temas biológicos; sin embargo, esa potencialidad parece depender de la activa intervención docente no sólo en la cuidadosa selección del material audiovisual a exhibir, sino también en la mediación entre la imagen y el alumnado a través de la palabra y la planificación de actividades orientadas a trabajar los contenidos disciplinares abordados en el video.
- En el caso que se presenta, la exhibición dialogada del video referido a la modificación de la actividad enzimática en función de variables ambientales y las actividades de escritura fueron relevante para que los alumnos pudieran poner en palabras relaciones conceptuales que enriquecen y complejizan el abordaje del tema y que difícilmente se pueden explicar en el pizarrón.
- La comparación entre los primeros y segundos textos elaborados a partir de observaciones del docente apoya nuestra hipótesis de que la escritura y reescritura de los alumnos en diálogo con la palabra del docente es un camino para seguir transitando porque facilita que éstos puedan establecer relaciones entre conceptos biológicos cada vez más ricos y progresar en la complejidad y completitud de sus textos.