

DEL ÁRBOL AL CLOROPLASTO: CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE ESTUDIANTES DE 9° Y 10° GRADO SOBRE LOS CONCEPTOS «SER VIVO» Y «CÉLULA»

FROM TREE TO CHLOROPLAST: K-9 AND K-10 STUDENTS' CONCEPTIONS
ABOUT «LIVING BEING» AND «CELL».

Corina González-Weil

Centro de Investigación Avanzada en Educación, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Ute Harms

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (IPN), Alemania

RESUMEN: El concepto «célula» es fundamental en la biología, tanto para la comprensión de la mayoría de los fenómenos biológicos, como biotecnológicos de actualidad. Considerando que, bajo la premisa actual, se debe enseñar a partir de lo que el estudiante sabe, se vuelve relevante conocer cuáles son las concepciones de los estudiantes sobre este tópico. El presente trabajo indaga en las concepciones de estudiantes de educación secundaria chilenos sobre «célula», «ser vivo» y la relación entre ambos, antes y después de tratar el tema en el contexto escolar. Los resultados muestran que, aún después de la enseñanza, muchos estudiantes son incapaces de vincular las características y funciones de los seres vivos con las características y funciones de las células, lo que dificulta la comprensión de la célula como la unidad estructural y funcional básica de la vida.

PALABRAS CLAVE: concepciones alternativas, estudiantes secundarios, célula, ser vivo, integración conceptual.

ABSTRACT: The concept «cell» is fundamental in Biology for the understanding of many biological and biotechnological phenomena. Empirical research shows that the consideration of students conceptions is of high relevance for successful teaching-learning-processes. Our study investigates the pre- and post instructional conceptions of chilean secondary students about «cell», «living being» and the relation between them. The results show that, even after instruction, many students are incapable to link characteristics and functions of living beings with characteristics and functions of cells, making difficult the understanding of the cell as the basic structural and functional unit of life.

KEYWORDS: students conceptions, secondary students, cell, living being, conceptual integration

Fecha de recepción: junio 2009 • Aceptado: setiembre 2011

Para citar: González-Weil, C. y Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9° y 10° grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula». *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), pp. 31-52

INTRODUCCIÓN

Si el siglo XX fue el siglo de la física y la química, el siglo XXI es, sin duda, el siglo de la biología celular y molecular. El proyecto del genoma humano, la amenaza del uso de armas biológicas, el uso de análisis genéticos en la criminalística, el uso de bacterias y enzimas en procesos industriales y muchos de los grandes avances de la medicina son algunos de los ejemplos de la aplicación de los conocimientos de la biología celular y molecular en nuestra vida moderna. El concepto célula aparece entonces como uno de los conceptos fundamentales para la comprensión, no sólo de estos aspectos biotecnológicos, sino también, de enfermedades actuales (cáncer, SIDA, etc.) y en general, para la comprensión del funcionamiento de nuestro propio organismo (y el de todos los seres vivos), por cuanto este funcionar constituye mayoritariamente un reflejo de la actividad celular (Killermann, 1991). Más aun, las explicaciones acerca del propio proceso de aprendizaje desde el punto de vista biológico, y que han surgido desde la neurociencia, requieren de conocimientos sobre procesos celulares para su comprensión. Por su parte, la alfabetización científica como objetivo educativo actual de la educación en ciencias, implica la generación de una base mínima de conocimientos, y por sobretodo, de habilidades que posibiliten, más que la comprensión del mundo de la Ciencia, la *comprensión científica del mundo* (Kattmann, 2003), en particular, la identificación de problemas y la toma informada y fundamentada de decisiones (Macedo y Katzkowitz, 2005; OECD, 2006). No es difícil imaginar que, en esta sociedad moderna, nuestros estudiantes deban tomar decisiones acerca de aceptar o no la realización de test genéticos, consumir alimentos transgénicos o someterse a intervenciones médicas como el trasplante de células embrionarias, etc. La comprensión del concepto «célula», acompañada de una formación ética, entregan la base para fundamentar este tipo de decisiones. No obstante su importancia, estudios realizados en diferentes contextos y en alumnos de diferentes edades, muestran que la comprensión de este concepto como unidad básica estructural y funcional de la vida parece ser mínima en los estudiantes. A continuación, se presentan algunos de los hallazgos de la literatura, relevantes para el presente estudio.

Algunas propiedades y funciones de los seres vivos y su relación con la célula. Benlloch (1994), al averiguar la visión que niños españoles entre 11 y 12 años tienen de lo vivo, indica que las células, en general, se entienden como unidades independientes, lo que se ilustra por ejemplo en la relación que los niños hacen entre alimentación y crecimiento de la mano. Según los niños, las células de la mano serían llevadas por la sangre hasta el estómago, de donde tomarían el alimento, para luego volver a la mano. Bajo este mismo punto, otro estudio con alumnos israelíes (Dreyfus y Jungwirth, 1988) muestra similares resultados: a pesar de que los alumnos afirman que *la célula es la unidad básica de los seres vivos* simultáneamente enuncian que *sólo algunas partes del cuerpo estarían hechas de células, otras no*. En alumnos mayores, incluso después de haber recibido instrucción sobre la célula, se siguen encontrando concepciones alternativas en estos temas. Un estudio realizado con alumnos españoles de entre 15 y 17 años de edad (Banet y Ayuso, 2000), muestra que aproximadamente el 10 % considera que las plantas *no* son seres vivos. Asimismo, el 20 % de los alumnos afirma que las plantas *no* se componen de células, porcentaje que aumenta al 30% al consultar esto último acerca de los hongos.

En cuanto a las ideas de los alumnos sobre la respiración y su relación con la célula se describen también algunas concepciones alternativas, presentes en alumnos de bachillerato (Flores et al, 2003). Por ejemplo, la idea de que *el oxígeno purifica la sangre*, o que *las plantas no requieren oxígeno para respirar*. Este autor, con una muestra de 1200 alumnos, concluye que la respiración a menudo se confunde con la fotosíntesis, y por lo tanto no existe comprensión de ninguno de los dos procesos ni a nivel pluricelular ni celular. Por su parte, según el estudio de Dreyfus y Jungwirth (1988) algunos de los alumnos que sí consideran la mitocondria como componente celular, harían la distinción entre células productoras (con mitocondrias) y consumidoras de energía (sin mitocondrias), indicando además que habría células que utilizan la energía fuera de ellas, como serían por ejemplo células adheridas al tejido

muscular, las que utilizarían la energía para lograr el movimiento del músculo. Aquí, nuevamente, la célula se concibe como un elemento independiente, externo en este caso al tejido muscular.

En relación a los conceptos de crecimiento y reproducción, un estudio realizado con niños brasileños muestra que los más pequeños (4 años de edad) entienden que el crecimiento se genera por estiramiento de las partes del cuerpo, debido a la llegada de alimento (Teixeira, 2000). Esta idea se repite en la explicación de un niño de 11 años, acerca del crecimiento: algunos alumnos aseguran, por ejemplo, que ellos tienen en su brazo la misma piel que tenían cuando nacieron, y que a medida que crecen, *la piel se estira* (Benlloch, 1994). Una vez comprendida la composición celular de los organismos, los niños con frecuencia creen que se crece gracias al crecimiento de las células, por lo que el tamaño de las células dependería del tamaño del organismo. Así, por ejemplo, las células de un adulto deberían ser más grandes que las de un niño (Benlloch, 1994). En cuanto a la reproducción, un estudio español que consideró una muestra de 267 alumnos del 10. grado, muestra que apenas el 30 % atribuyó a las plantas una reproducción sexual. Este porcentaje disminuye a un 20% en alumnos de 11. grado (Banet y Ayuso, 2000). Otra idea inadecuada es que en la reproducción humana se juntan 2 células que actúan conjuntamente, sin transformarse en una sola, sino permaneciendo como dos unidades diferentes. De manera similar, el ser humano no se originaría de una célula única, porque es multicelular. Esta idea es coherente con la idea mencionada anteriormente, acerca de que el crecimiento de un multicelular se debe al crecimiento celular, y no a la reproducción celular (Flores et al, 2003). Finalmente, habría alumnos que afirman que la información genética sólo se transmite en eventos reproductivos, incluso en organismos multicelulares, y que el ADN es una proteína (Dreyfus y Jungwirth, 1988).

Concepciones de los alumnos acerca de la estructura y función celulares. En relación a la estructura celular y su funcionamiento, diversos estudios muestran que también aquí las ideas de los estudiantes no coinciden con las científicas. Jiménez- Aleixandre y Díaz de Bustamante (1993, 1998) realizaron un estudio acerca de la representación gráfica que alumnos de 9. y 11. grado y alumnos de pedagogía básica de segundo año tenían de célula. En este estudio el 77% dibujó un tipo idealizado de célula, el cual fue representado como tres o cuatro círculos concéntricos. Según los autores, este hecho se produce por el tipo de representación que se ocupa normalmente en textos y durante la instrucción, el cual corresponde a una célula «básica» estereotipada. En este estudio además, un porcentaje muy bajo de alumnos representó organelos, los cuales no siempre estaban bien definidos.

Finalmente, y en cuanto a la función de las estructuras celulares, la mayoría de los estudios con alumnos de diferentes niveles reporta desconocimiento o concepciones inadecuadas, asignándoles, en el mejor de los casos, sólo funciones de almacenaje (Caballer y Jiménez, 1993; Flores et al, 2003).

De lo anterior, muchas de las concepciones erróneas que tienen los estudiantes sobre la célula derivan de una visión errada de lo que es un ser vivo y sus características. En el caso del concepto «Célula» en particular, por tratarse de un concepto *abstracto*, las concepciones alternativas que se presentan en los estudiantes podrían provenir de la propia escuela por un lado, y de los medios de comunicación por otro.

Un primer punto de partida para diseñar situaciones de enseñanza y aprendizaje que lleven a un aprendizaje efectivo de este tópico es conocer cuáles son los conocimientos que los estudiantes traen a la sala de clases (Lewis y Kattmann, 2004). Este trabajo describe de manera exploratoria las concepciones que un grupo de jóvenes chilenos de noveno y décimo grado tienen sobre el concepto «célula» y «ser vivo», antes y después de la enseñanza.

METODOLOGÍA

Los resultados presentados en este trabajo, corresponden a evidencias recogidas en dos estudios diferentes: en el primero, las concepciones sobre célula y seres vivos fueron diagnosticadas de manera exploratoria en 221 estudiantes de un Establecimiento Educativo Público Femenino urbano y de nivel

socioeconómico medio, correspondiente a 4 cursos de Noveno Grado ($n = 141$) y 3 cursos de Décimo Grado ($n = 80$). Para ello se construyó un cuestionario semi-abierto, que contenía tanto preguntas relacionadas con experiencias cotidianas y características de los seres vivos, como también preguntas explícitas sobre el concepto «célula». Dicho instrumento fue aplicado a los 7 cursos, a lo largo de la primera semana de clases de las estudiantes. Según los programas curriculares chilenos, la Unidad «Célula» se enseña al comenzar el 9° grado. Así, las alumnas del 9° grado no habían pasado aun por la enseñanza del concepto «célula»; las del 10° grado, sí. En ambos grados, la enseñanza recibida se aproximaba más al modelo de transmisión-recepción (Jiménez-Aleixandre, 2000).

En el segundo estudio, y a partir de los resultados obtenidos en el cuestionario anterior, se elaboró una secuencia de enseñanza basada en un modelo constructivista (Jiménez-Aleixandre, 2000), que incluyó las fases de iniciación (explicitación de conocimientos previos a través de una pregunta cotidiana), desarrollo (a través de la realización de experimentos en grupo), aplicación de conocimientos/ revisión de aprendizajes, incluida la comparación de conceptos iniciales y finales (ver anexo 1). En este segundo estudio, se utilizó como instrumento el mismo cuestionario utilizado en el diagnóstico, con algunas modificaciones que surgieron a partir de la primera aplicación (ver anexo 2). Dicho instrumento se aplicó al inicio (Pre-test) y al final (Post-test) de la secuencia de enseñanza. Los alumnos participantes del segundo estudio correspondieron a 2 cursos de noveno grado de un Establecimiento Subvencionado urbano Mixto, de nivel socioeconómico medio ($n=75$). Tanto en el primer como en el segundo estudio, se establecieron categorías a partir de las respuestas de los alumnos, sobre las cuales se calculó la frecuencia de las respuestas. Con el objeto de resguardar la fiabilidad, y una vez establecidas las categorías, aprox. el 10% de los cuestionarios fue codificado por una dupla de codificadores, resultando un porcentaje de acuerdo intercalificador superior a 0.85. Cada categoría se ilustra con ejemplos de respuestas dadas en el cuestionario. Ocasionalmente, dichos ejemplos se complementan con respuestas abiertas que los estudiantes del segundo estudio dieron en el marco de una guía de laboratorio y entrevistas semi-estructuradas realizadas durante el tratamiento de la unidad didáctica. En ambos estudios, los docentes a cargo de la enseñanza fueron las propias docentes del Establecimiento y los cuestionarios se aplicaron en la clase de Biología.

Si bien los resultados del post-test del segundo estudio (enseñanza constructivista) son mejores que los evidenciados por las estudiantes de 10° grado del primer estudio (enseñanza tradicional), muchas de las concepciones alternativas presentadas por los estudiantes en el pre-test, se mantienen al final de la enseñanza. El presente estudio, más que comparar los resultados de un tipo de enseñanza u otra, tiene por objetivo mostrar cuáles son las concepciones de los estudiantes, tanto antes como después de la enseñanza. En la presentación de los resultados se indica para cada caso el número de individuos encuestados (n) y el momento y nivel en el cual se consultó.

RESULTADOS

El Concepto de Ser vivo

En el marco del segundo estudio (secuencia constructivista de enseñanza, $n = 75$), se quiso conocer qué objetos u organismos eran clasificados por los estudiantes como «seres vivos». Para ello se les solicitó a los estudiantes que de una lista de organismos y objetos identificaran aquellos que consideran como seres vivos. En una pregunta posterior, se les solicitó que identificaran aquellos que *no* consideran como seres vivos. De la comparación de las respuestas a ambas preguntas surgieron 4 categorías para cada organismo u objeto consultado («en blanco» (no contesta); «vivo», «no vivo» y «contradicción» (marcado como «vivo» en un ítem y «no vivo» en otro), las cuales se muestran en las figuras 1 y 2.

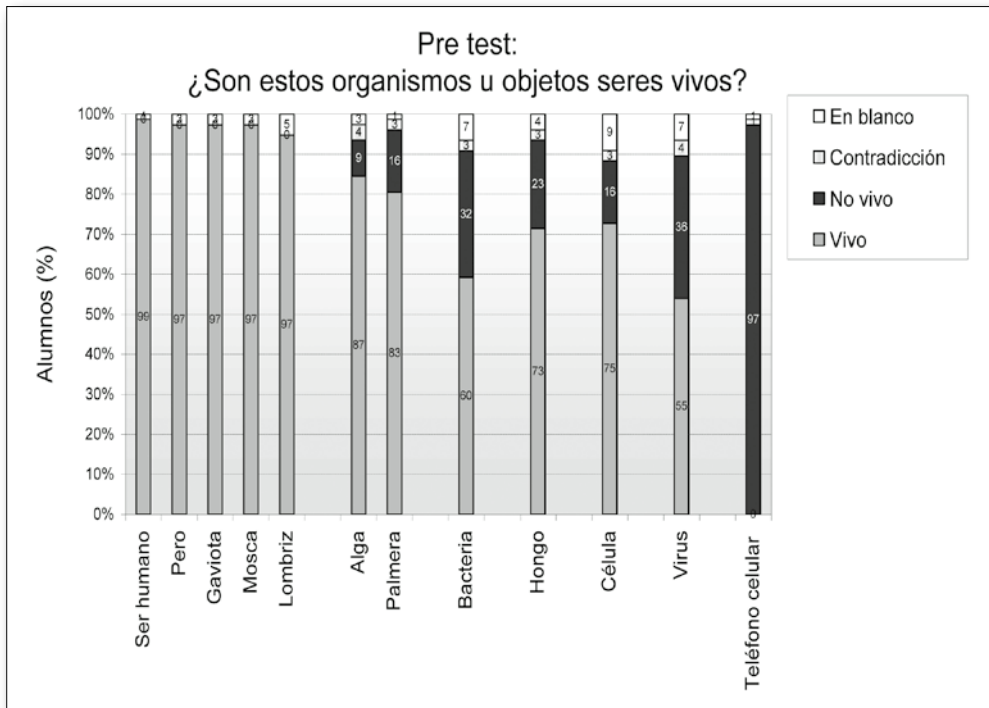


Fig. 1

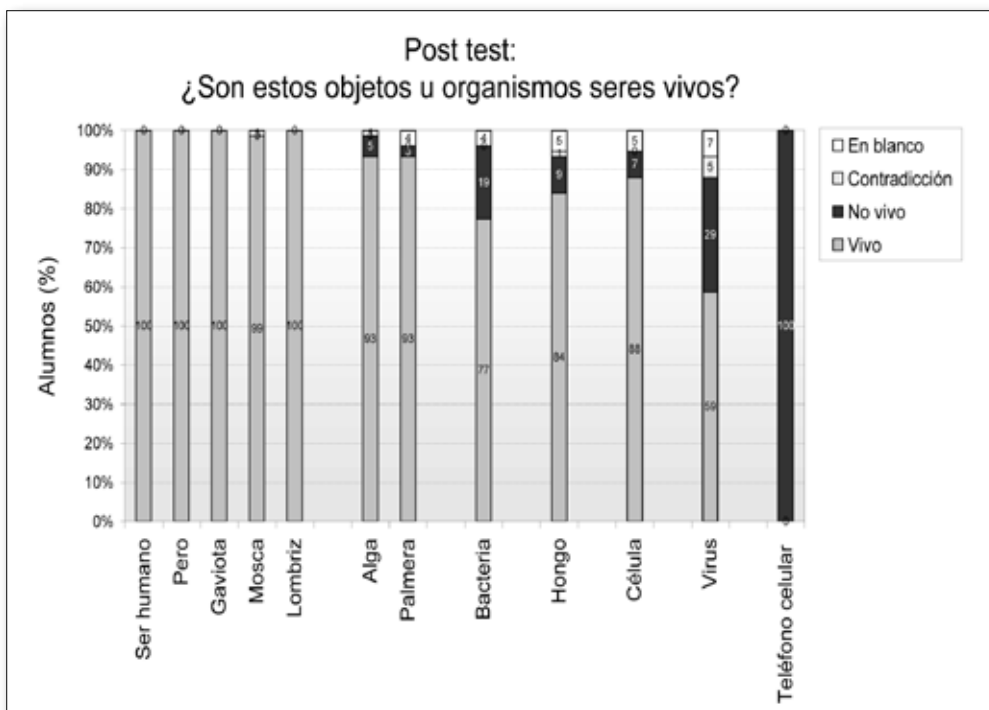


Fig. 2

En general, existe la tendencia a considerar como seres vivos los animales (98%), más que las plantas (85%), los hongos (73%) y las bacterias (60%). Esta tendencia, aunque mejora, se mantiene en el Post

test, en donde el 100% de los alumnos considera seres vivos a los animales, 93% a las plantas, 77% a las bacterias y 84% a los hongos. Al analizar los resultados de manera individual se puede ver que aquellos estudiantes que en el Post test afirman que el alga y/o la palmera *no* son seres vivos también lo afirmaron en el Pre test. Estos resultados concuerdan con lo descrito en la literatura: aproximadamente el 10% de los estudiantes de la enseñanza secundaria *no considera* a las plantas como seres vivos, incluso después de la instrucción (Banet y Ayuso, 2000). Así, no es de extrañar que un porcentaje importante de los estudiantes tampoco considere vivos a bacterias y hongos en general. En este caso particular, el hecho de no tratar más profundamente esos organismos en clase, ni tampoco otros organismos unicelulares pudo haber contribuido a este resultado. Finalmente, el virus fue considerado por los profesores como organismo límite entre lo vivo y lo no vivo, por lo que quedó a criterio de cada estudiante su clasificación. Esto podría explicar también que algunos estudiantes lo incluyeran en ambas clasificaciones (vivo y no vivo a la vez), lo que resulta en la categoría «Contradicción». El objeto «teléfono celular» (en Chile, nombre que se le da a un teléfono móvil), fue considerado como objeto inerte por todos los alumnos.

Una segunda pregunta fue realizada en el segundo estudio, para consultar cuáles son, a juicio de los estudiantes, las características de los seres vivos. En general, más que una descripción de las características particulares de los seres vivos, los estudiantes mencionaron una serie de propiedades, a modo de «lista». En el Post test, se esperaba que los alumnos agregaran la composición celular de los seres vivos como característica. La figura 3 muestra un gráfico con la frecuencia de las respuestas. Estas fueron clasificadas en 11 categorías las que a su vez se organizaron en 5 grupos: (a) *respuestas «ingenuas» o «circulares»*, como caracterizar a un ser vivo como aquél que presenta vida o que se mueve; (b) respuestas referidas al manejo de energía, la alimentación o la respiración; (c) respuestas referidas al ciclo de vida, la reproducción y la presencia de material genético; (d) respuestas referidas a la composición celular de los seres vivos y (e) otro tipo de respuestas, no clasificables bajo las categorías anteriores, referidas en su mayoría a ideas antropocéntricas, del tipo un ser vivo *duerme, siente, se emociona, tiene un sentido de vida, piensa, ama* o más específicas como que un ser vivo puede ser *«ovíparo o vivíparo» o «vertebrado o no»*, y que *«necesita luz»* o ambiguas como por ejemplo: *«un ser vivo es algo muy común»* o *«un ser vivo puede hacer cosas»*.

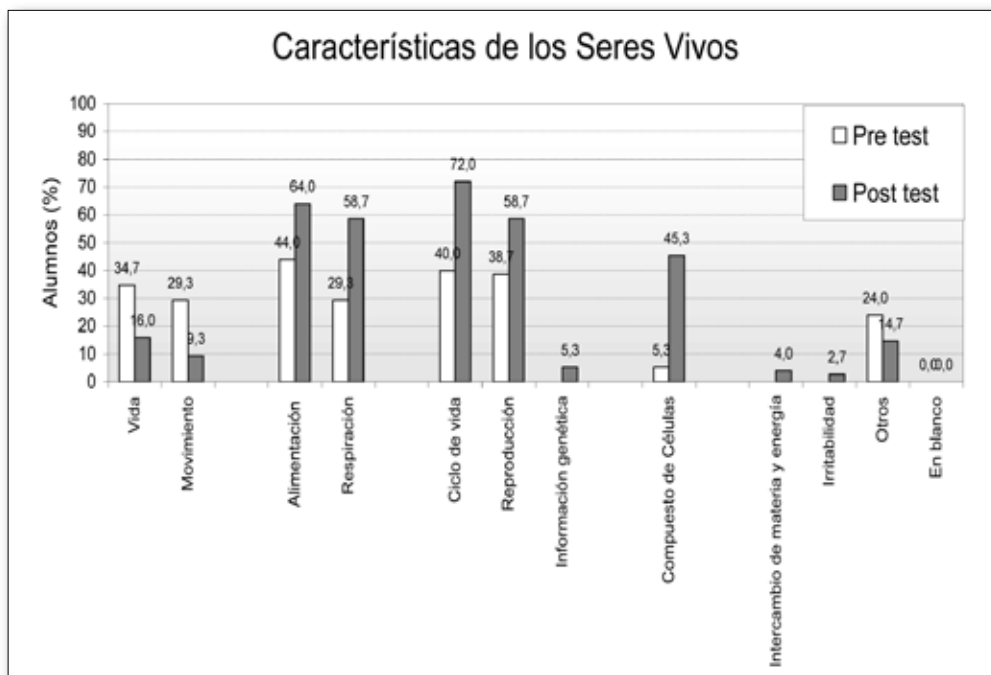


Fig. 3

Algunos ejemplos de las respuestas de los estudiantes se describen en la tabla siguiente:

<i>Tipo de respuestas</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Porcentaje/ Frecuencia</i>
Ingenuas o circulares	Vida	«Un ser vivo es todo lo que vive...»	Pretest: 35%; n = 26 Posttest: 16 %; n = 12
	Movimiento	«(ser vivo) es todo lo que se mueve...» «...se mueve sólo, sin ayuda de otros»	Pretest: 29%; n = 22 Posttest: 9%; n = 7
Referidas al manejo de energía, la alimentación o la respiración	Alimentación	«(un ser vivo) es todo lo que toma agua...»	Pretest: 44 %; n = 33 Posttest: 64 %; n = 48
	Respiración	«...(un ser vivo) es todo lo que necesita respirar»	Pretest: 29%; n = 22 Posttest: 59%; n = 44
Referidas al ciclo de vida	Ciclo de vida	«(un ser vivo) es algo que nace, crece, se desarrolla y muere...»	Pretest: 40 %; n = 30 Posttest: 72 %; n = 54
	Reproducción	«(un ser vivo) es todo lo que se reproduce...»	Pretest: 39%; n = 29 Posttest: 59 %; n = 44
	Información genética	« Es todo ser que (...) tiene ADN...»«(los seres vivos) tienen información genética...»	Pretest: 0 %, n = 0 Posttest: 5 %; n = 4
Referidas a la composición celular de los seres vivos	Compuesto de células	« ... (un ser vivo) es todo lo que (...) está hecho por células»	Pretest: 5%; n = 4 Posttest: 45 %; n= 34
Otro tipo de respuestas	Intercambio de materia y energía	«(un ser vivo) intercambia materia con el medio ambiente»	Pretest: 0 %, n = 0; Posttest: 4 %; n = 3
	Irritabilidad	«(el ser vivo) responde a un estímulo»	Pretest: 0 %, n = 0; Posttest: 3%; n = 2
	Otros	«un ser vivo es algo muy común» «un ser vivo siente, se emociona y tiene un sentido de vida»	Pretest: 24 %; n = 18; Posttest: 14.7 %; n= 11

El gráfico muestra que, además de las necesidades de alimentación, respiración y reproducción, muchos estudiantes mencionan el movimiento como una característica distintiva de los seres vivos. Los resultados coinciden con lo reportado por O-saki y Samiroden (1990) en alumnos de 3º, 5º y 8º grado de Tanzania. Según este estudio, el 80% de los alumnos presentan como principal criterio en la descripción de seres vivos estas funciones vitales. La capacidad de movimiento como característica de los seres vivos, también aparece como un rasgo importante según los autores.

Las respuestas «ingenuas», particularmente las referidas al movimiento, disminuyen considerablemente en el Post test, así como características antropocéntricas asociadas a las emociones o a la capacidad de pensar. A su vez, la característica de composición celular de los seres vivos aumenta notablemente después del tratamiento de la Unidad.

La célula como unidad morfológica y funcional básica de los seres vivos

Antes de consultar acerca de las partes de la célula y sus funciones, se quiso indagar acerca de los seres vivos que son considerados como compuestos de células por parte de los estudiantes. La figura 4 muestra los resultados del primer estudio (n = 221).



Fig.4

Los resultados obtenidos concuerdan con lo descrito en la literatura (ver Banet y Ayuso, 2000; Mengascini, 2006, Caballer y Giménez, 1992). Los estudiantes consideran la estructura celular como una característica de los animales, más que de las plantas o las bacterias. Si bien esta tendencia se modifica con la instrucción, aún aprox. un 30% de las estudiantes de 10° grado no relaciona la existencia de células a las plantas. Asimismo, un porcentaje alto de las estudiantes considera que los virus se componen de células. Este porcentaje disminuye después de la enseñanza. Los resultados del segundo estudio (n = 75), después de la secuencia de enseñanza, aunque en menor medida, muestran la misma tendencia: aprox. el 98% afirma que los animales están compuestos de células, porcentaje que disminuye a 92% en plantas y a 59% en bacterias. En ambos estudios, tanto el teléfono móvil (teléfono «celular» en Chile) como la radio fueron mencionados por algunos estudiantes como compuestos de células. Esta confusión fue observada en algunos estudiantes durante las entrevistas realizadas en el marco del segundo estudio, y podría deberse a una confusión entre células y átomos (sugerido por Flores et al, 2003 y Caballer y Giménez, 1993).

Una segunda consulta sobre el concepto «célula» estuvo referida a la presencia y ubicación de células en el cuerpo. En general, los estudiantes responden de manera afirmativa esta pregunta. Así, en el primer estudio sólo una estudiante de 9° grado (n = 141) y 2 estudiantes de 10° grado (n = 80) respondieron que *no* tenían células en su cuerpo. De las demás encuestadas, alrededor de un 65% (tanto en 9° como 10° grado) considera que tienen células «en todo el cuerpo». El resto de las niñas o no respondió la pregunta o menciona lugares específicos del cuerpo en donde se encontrarían las células, como por ejemplo:

- «(tengo células) en los ovarios, y en los hombres, en los testículos»
- «Sí, tengo células en mi cabeza, y eso me ayuda a pensar»

- «Si, todos nosotros tenemos células, creo que sobretodo en la sangre y la piel»
- «(tengo células) en todo el cuerpo, pero sobretodo en mi cerebro»
- «creo que sí, pero no sé dónde»

En esta pregunta no existen diferencias entre las respuestas de las estudiantes de 9º y 10º grado.

En el marco del segundo estudio, y frente a la misma pregunta, antes de la secuencia de enseñanza, todos los alumnos afirman que sí tienen células en su cuerpo, sin embargo, aproximadamente un 10% (n = 75) indica lugares específicos de ubicación de las células, siendo el más mencionado, la sangre. En un caso en particular, un alumno responde: «*Sí, tengo (células) en todas partes del cuerpo. Incluso las hay en los objetos inertes*». En este caso podría tratarse nuevamente de una confusión entre los conceptos «célula» y «átomo».

Luego de la secuencia de enseñanza, sólo un alumno (de 75) afirma tener células *sólo* en la sangre. Todos los demás afirman tenerlas en todo el cuerpo. La mayoría de los alumnos agrega además otro tipo de información, destacando algunas respuestas como: «*Las células se encuentran en todas partes de mi cuerpo pero cumpliendo diferentes funciones*», o «*Sí, tenemos miles de células, no hay ningún lugar que se escape*».

El hecho de que tanto en el primer como en el segundo estudio existan estudiantes que mencionen lugares específicos de existencia de las células (y no las consideren como parte componente de todo nuestro cuerpo) se corresponde con lo descrito en la literatura (ver Benlloch, 1994) y podría atribuirse a la idea de célula como un objeto independiente dentro del cuerpo, y por lo tanto, a una incompreensión de la célula como unidad morfofuncional básica de los seres vivos.

El manejo de energía en seres vivos y células

Una vez consultado el concepto general de ser vivo y la célula como unidad fundamental del mismo, interesa diagnosticar en qué medida los estudiantes relacionan las características básicas de los seres vivos, como alimentarse y respirar, con la estructura y función celular. En el marco del segundo estudio, las preguntas realizadas fueron ¿Para qué nos alimentamos? y ¿Para qué respiramos?

Las respuestas obtenidas a la primera pregunta fueron clasificadas en las siguientes 6 categorías:

<i>Tipo de respuestas</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Porcentaje/Frecuencia</i>
Mantenión de la vida	«(nos alimentamos) para poder vivir» «(nos alimentamos) para no morir».	Pretest: 56%, n = 42 Posttest: 27%, n = 20
Energía	«nos alimentamos para tener fuerza» «(nos alimentamos) para reponer energías»	Pretest: 51%, n = 38 Posttest: 73%, n = 55
Crecimiento	«(nos alimentamos) para poder crecer y desarrollarnos».	Pretest: 20%, n = 15 Posttest: 31%, n = 23
Salud	«(nos alimentamos) para estar sanos»	Pretest: 15%, n = 11 Posttest: 16%, n = 12
Obtención de Nutrientes	«(nos alimentamos) para obtener nutrientes como vitaminas, minerales, proteínas, calcio, grasa y azúcares».	Pretest: 25%, n = 19 Posttest: 21% n = 16
Otros	«(nos alimentamos) para pensar» «(nos alimentamos) para correr y jugar» «(nos alimentamos) para que nuestros órganos tengan un buen funcionamiento»	Pretest: 5%, n = 4; Posttest: 12% n = 9

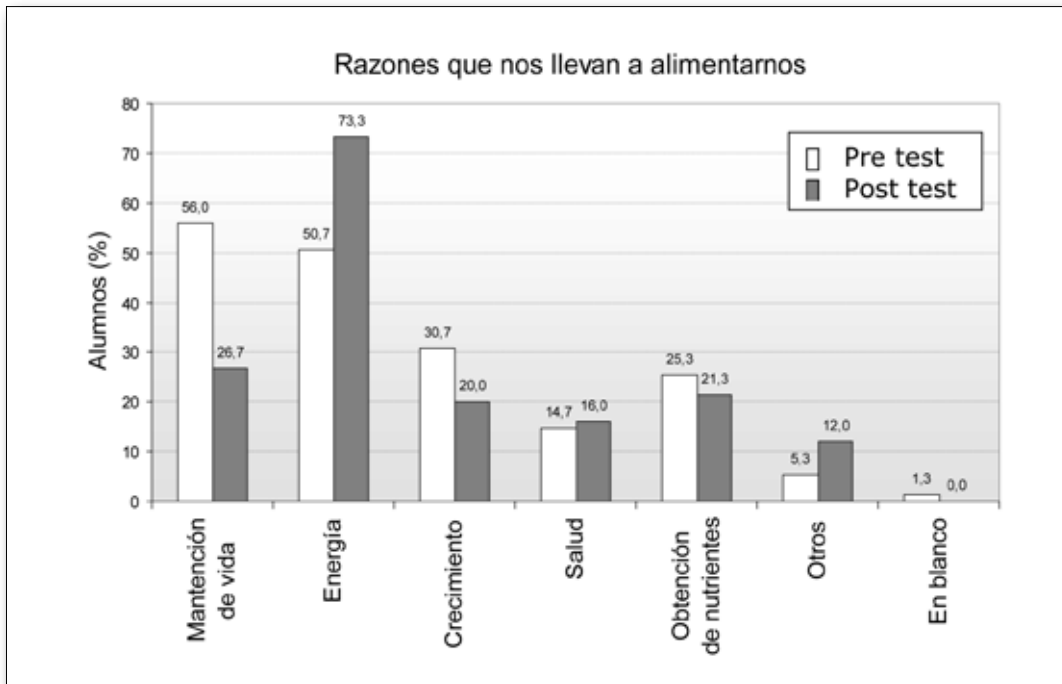


Fig. 5

Los estudiantes asocian básicamente la función alimentación con la obtención de energía y la mantención de la vida. El drástico aumento en la categoría «Energía» se debe probablemente a que ése fue uno de los aspectos de la función de la alimentación más discutido durante la enseñanza de la Unidad.

En relación a la segunda pregunta (¿para qué respiramos?), las respuestas se categorizaron como sigue:

Tipo de respuestas	Ejemplos	Porcentaje/Frecuencia
Mantención de la vida	«(respiramos para) para poder vivir» «(respiramos para)para no morir».	Pretest: 56 %, n = 42 Posttest: 55% n = 41
Circulación de la sangre	«(respiramos para) poder hacer circular la sangre» «(respiramos para) que el aire pase a los pulmones y luego al corazón y pueda bombear la sangre a las distintas partes del cuerpo y los minerales y proteínas puedan distribuirse al cuerpo»	Pretest: 11 %, n = 8 Posttest: 7% n = 5
Limpieza interior	«(respiramos para) que el oxígeno purifique la sangre» «(respiramos para) botar lo malo de adentro» «(respiramos para) mantener limpias nuestras células»	Pretest: 9%, n = 7 Posttest: 7% n = 5
Obtención de oxígeno	«(respiramos para) oxigenar la sangre»	Pretest: 19 %, n = 14 Posttest: 27% n = 20
Respiración celular	«(respiramos para) que nuestro organismo pueda trabajar, y ese oxígeno llegue a las mitocondrias y se produzca respiración celular (ese oxígeno es transportado por la sangre)».	Pretest: 3 %, n = 2 Posttest: 20% n = 15
Otros	«(respiramos) porque a través de las vías respiratorias entran bacterias y cosas por el estilo, y eso ayuda a que el cuerpo cree anticuerpos, glóbulos, etc. «(respiramos para) tener más aire en nuestros pulmones» . «(respiramos) porque así botamos CO2 que les sirve a las plantas»	Pretest: 12 %, n = 9 Posttest: 33% n = 25

Bajo esta pregunta, aproximadamente la mitad de los estudiantes, tanto en el Pre como en el Post test respondieron que respirábamos para mantenernos vivos, lo que coincide con lo reportado por Caballer y Giménez (1993). La idea de que el oxígeno «purifica» la sangre, es también reportada por otros autores (Flores et al, 2003). Alrededor de un tercio, relaciona la respiración con la obtención de oxígeno. La categoría que mayor diferencia presenta entre el Pre y Post test es la que hace referencia a la respiración celular, como también la categoría «otros». En el Post test muchas de las respuestas de esta última categoría surgen por una confusión, aplicación errada o incompleta de los conocimientos sobre la célula, como por ejemplo:

- «(respiramos para) tener oxígeno que es la energía para que las células puedan realizar su trabajo, para que se puedan reproducir, liberar energía, etc.»
- «(respiramos porque el oxígeno) facilita la respiración celular a través de la mitocondria y éste hace almidón para que la célula se alimente»

Este tipo de confusiones es también reportado por Flores et al (2003).

Finalmente, con el objeto de saber en qué medida los estudiantes son capaces de utilizar su conocimiento sobre las funciones celulares en situaciones cotidianas, es que se realizó la siguiente consulta: *Imagina que estás en una clase de deportes, y debes trotar. Después de 20 minutos de trote tu respiración se ha acelerado, y tu temperatura corporal ha subido. Piensa en lo que has aprendido e intenta explicar (a) ¿por qué se acelera tu respiración? (b) ¿por qué aumenta la temperatura de tu cuerpo?*

Esta pregunta sólo se realizó en el Post test de los estudiantes del segundo estudio (n=75).

Pregunta (a): *¿Por qué se acelera tu respiración?* (la frecuencia de cada categoría se señala entre paréntesis)

<i>Tipo de respuestas</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Porcentaje/Frecuencia</i>
Movimiento	«(mi respiración se acelera porque) al trotar nos agitamos»	12%; n = 12
Cansancio	«(mi respiración se acelera) por fatiga, cansancio»	9 %; n = 7
Circulación	«(mi respiración se acelera porque) el corazón bombea más sangre»	24%; n = 18
Oxígeno	«(mi respiración se acelera porque) el cuerpo necesita mayor oxigenación, ya que al hacer ejercicio éste se va gastando»	9 %; n = 7
Respiración celular	«(mi respiración se acelera porque) se necesita quemar más alimentos para obtener mucho más energía y para esto se necesita oxígeno»	21 %; n = 16
Otros	«(mi respiración se acelera porque) al trotar vamos liberando energía, nuestro organismo necesita mucho más aire para seguir rompiendo las células y así la mitocondria se rompe y se libera energía para seguir trotando» «(mi respiración se acelera porque) mi cuerpo necesita más energía, por lo tanto necesita mayor cantidad de oxígeno para combustionar las vitaminas y producir más energía»	11 %; n = 8

De los 75 estudiantes encuestados, 10 no contestaron esta pregunta y sólo un 21 % de los estudiantes utiliza de manera espontánea (y relativamente correcta) su conocimiento sobre la relación entre la respiración y el requerimiento (en este caso, mayor) de energía, concretada ésta en el proceso de respiración celular. Al igual que en la pregunta anterior, se generan respuestas por confusión, aplicación errada o incompleta de los conocimientos sobre la célula (categoría «otros»). Los resultados obtenidos coinciden con Caballer y Giménez (1993): mayoritariamente, la necesidad de oxígeno se atribuye al organismo macrosópico, y no a la célula que lo compone.

Pregunta (b): *¿Por qué aumenta la temperatura de tu cuerpo?* (la frecuencia de cada categoría se señala entre paréntesis)

<i>Tipo de respuestas</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Porcentaje/ Frecuencia</i>
Movimiento corporal	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) mi cuerpo está en constante movimiento» «(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) al trotar comienza a dar calor y a subir la temperatura»	19% ; n = 14
Circulación	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) nuestro corazón bombea nuestra sangre a un ritmo más acelerado y por eso sube la temperatura» «(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) nuestra sangre comienza a correr mucho más rápido creando así como una fricción»	24 %; n = 18
Gasto de energía	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) con el trote se gasta mucha energía y eso lleva el calor»	8%; n = 6
«Combustión» de los alimentos	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) al quemar el alimento se libera calor, y al haber muchas combustiones aumenta el calor liberado y con eso aumenta la temperatura»	15%; n = 11
Movimiento de las células	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) las células se agitan, y cuando se agitan, sube la temperatura»	11 %; n = 8
Respiración celular	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) una parte del ATP se libera como energía (química) y la otra se libera como calor. Al ir trotando se va necesitando más energía que se va produciendo muy rápido; también se libera calor muy rápido»	1 %; n = 1
Otros	«(la temperatura de mi cuerpo sube al trotar porque) el cuerpo no está acostumbrado a hacer ejercicios»	5%; n = 4

En general, el aumento de la temperatura se explica como una consecuencia física del movimiento, sea éste corporal, de la sangre o de las células. Algunos alumnos lo entienden como una consecuencia química, de la combustión de alimentos. Finalmente, un alumno lo relaciona con respiración celular y la liberación de energía en forma de calor como consecuencia de la escisión del ATP.

Crecimiento y reproducción en los seres vivos y su relación con la información genética

De modo de conocer en qué medida los estudiantes relacionaban el fenómeno de la reproducción y la herencia con la información genética, se le solicitó a los estudiantes respondieran las siguientes preguntas: (Pretest) *«De la unión del espermatozoide de un erizo y el óvulo de un erizo, se genera un embrión que crecerá hasta ser un erizo. ¿Cómo «saben» el espermatozoide y el óvulo que «deben» formar un erizo y no otro ser vivo (como una estrella de mar, un pez o un ser humano)?»* y (Posttest) *Ana y Cristóbal tienen una gata. Hace dos días la gata parió 5 gatitos. Mientras Ana y Cristóbal observaban, se preguntaron lo siguiente: ¿Por qué siempre que una gata pare, pare gatitos, y no perros o canarios? Piensa y responde la pregunta que se hacen Ana y Cristóbal.*

Las respuestas a ambas preguntas fueron analizadas y clasificadas en 4 categorías, las que se describen a continuación.

<i>Tipo de respuestas</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Porcentaje/ Frecuencia</i>
Obviedad, instinto	Pregunta (1) «(lo «saben») por instinto de padres» «(lo saben) porque Dios hizo todo perfecto» Pregunta (2) «(de gatos siempre nacen gatos) porque tienen que ser iguales, gatos con gatos, perros con perros, de un gato no puede salir un perro porque son diferentes»	Pretest: 24 %, n = 18 Posttest: 8 % n = 6
Misma Especie	Pregunta (1) «(lo «saben») porque los dos son de una misma especie. Si uno fuera diferente (por ejemplo, una estrella de mar) nacería con partes de su cuerpo distinta».	Pretest: 7%, n = 5 Posttest: 5 % n = 4
Información genética	Pregunta (1) «(lo „saben«) porque el espermatozoide y el óvulo tienen genes de erizo» Pregunta (2) «(la gata siempre pare gatitos...) porque entre la gata y el gato forman una célula cuando juntan el espermatozoide y el óvulo. Esta célula obtiene la información genética del espermatozoide y del óvulo, la cual indica cómo va a ser el bebé, según las características de sus padres»	Pretest: 45%, n = 34 Posttest: 80 % n = 60
Otros	Pregunta (1) «(lo«saben») porque en otros países se ha comprobado, y creo que los óvulos saben solitos lo que tienen que hacer» «Seguramente (óvulo y espermatozoide) tienen una célula que les avisa lo que deben formar».	Pretest: 4%, n = 3 Posttest: 4 % n = 3

La figura 6 muestra los resultados de la consulta en los estudiantes del segundo estudio (n = 75).

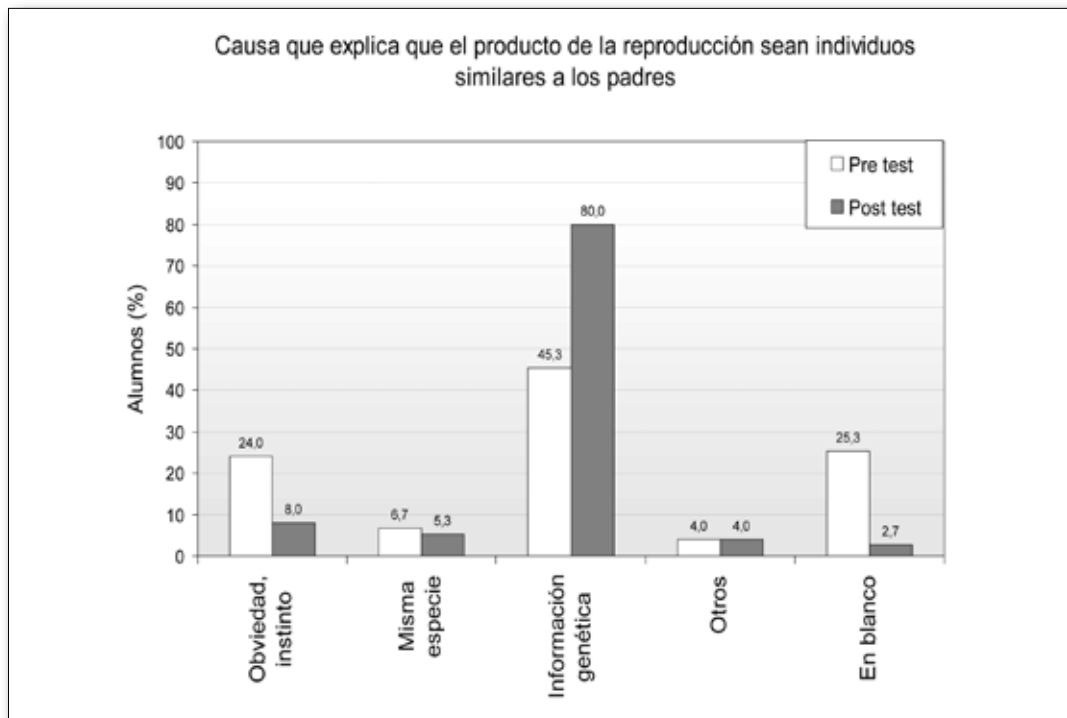


Fig. 6

La mayor diferencia observada en este gráfico está en que en el Post test la mayoría de los estudiantes (80%) alude a la información genética o los genes para explicar el fenómeno. Por otra parte, disminuye el número de estudiantes que no contestan la pregunta y que dan respuestas no científicas, del tipo «es obvio».

La imagen de célula en los niños

Con el objeto de conocer qué imagen de célula tenían los estudiantes, es que se les solicitó dibujaran lo que se imaginaban bajo ese concepto. Para analizar los dibujos se consideraron los siguientes criterios:

- Tipo de representación (2D o 3D)
- Tipo de célula (vegetal, animal, idealizada)
- Forma celular (cuadrada, redonda, ameboide)
- Presencia o Ausencia de estructura central o núcleo

No se consideró la presencia o ausencia de organelos como mitocondrias, cloroplastos o vacuolas ya que en general, los dibujos no mostraban organelos definidos. La respuesta de aquellos estudiantes que no hicieron dibujo, o cuyo dibujo no fue posible de categorizar se consideró en la categoría «sin dibujo». La figura 7 muestra los resultados para las estudiantes de el primer estudio (n = 221).

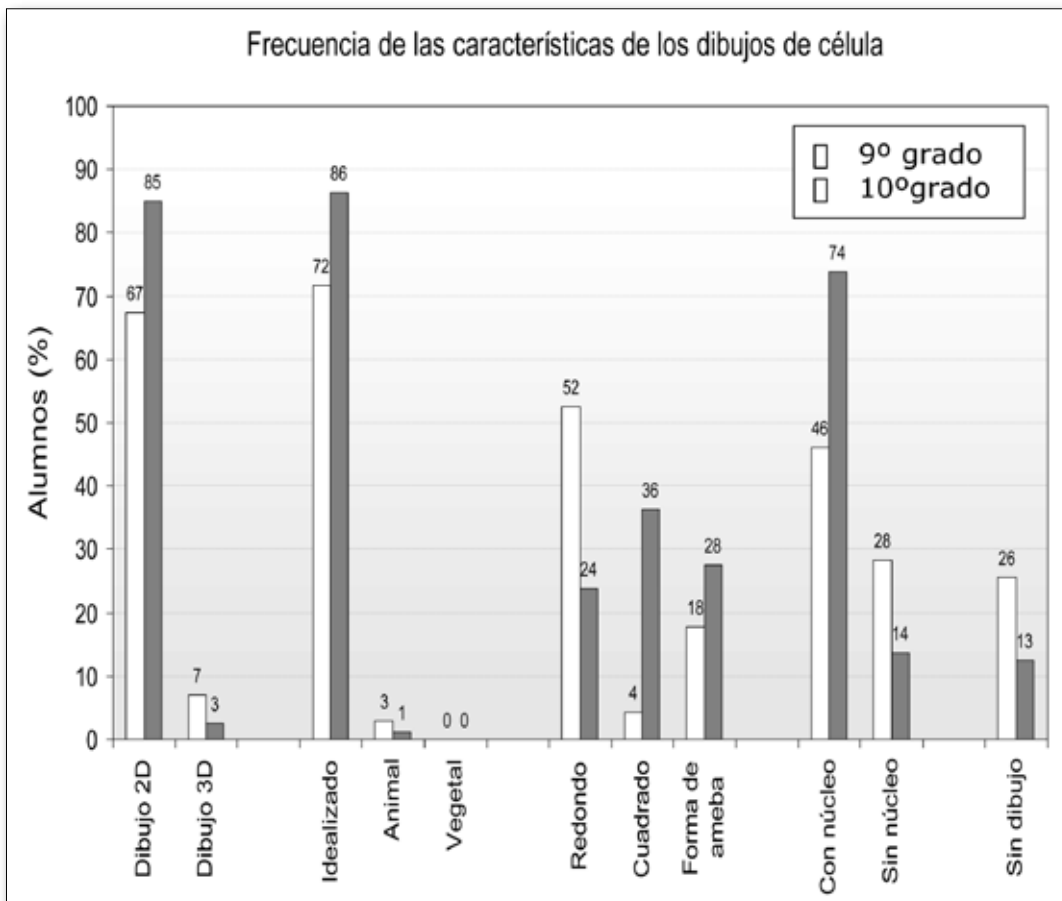


Fig. 7

En general, las estudiantes tanto de 9º como 10º grado dibujan células idealizadas (sin poder distinguirse si son animales o vegetales, y menos aun, procariotas) y bidimensionales. La mayor diferencia entre ambos grupos es una mayor presencia de núcleo en los dibujos de las estudiantes de 10º grado y un cambio en la forma celular (de redondo a cuadrado).

En las células del tipo «idealizado» se distinguieron a su vez 3 categorías principales. La primera, que podríamos llamar «Modelo de huevo frito» (Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante, 1993; Mengascini, 2006), es el modelo más abundante (62 % en 9º grado y 84 % en 10º grado, de las estudiantes que dibujaron la célula idealizada) y corresponde a dos círculos concéntricos, que podrían corresponder a membrana y núcleo (fig.8). Un segundo modelo, menos abundante (26 % 9º grado; 4% 10º grado) es el que podríamos llamar «Modelo de queso». En este tipo de dibujo no se distingue una estructura central y en cambio todo el citoplasma se ve lleno de estructuras circulares (fig.9). Finalmente hubo algunas estudiantes (12 % 9º grado; 12 % 10º grado) que dibujaron un modelo aún más simple, consistente en un círculo o una forma ameboide con rayas o puntos en su interior (fig.10).

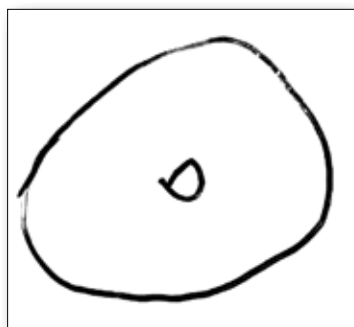


Fig. 8

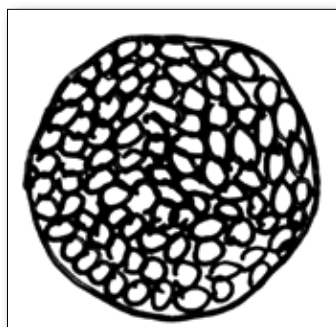


Fig. 9

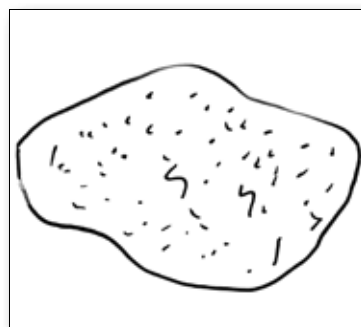


Fig. 10

Llama la atención que ninguna estudiante de las 221 participantes dibujara una célula vegetal.

Los resultados obtenidos son muy similares a los obtenidos por Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante (1993) en estudiantes secundarios y universitarios.

A las alumnas de 10º grado se les solicitó además que mencionaran diferencias entre células animales y vegetales. Si bien la mayoría de las alumnas no respondió la pregunta, algunas de las diferencias mencionadas fueron de forma: «*la célula animal es redonda; la vegetal, hexagonal*» y de color: «*la célula animal es blanca; la vegetal, verde*».

Discusión

En el presente trabajo se expusieron los resultados de dos estudios, en donde se comparan en un primer caso, las concepciones de estudiantes de noveno y décimo grado ($n = 221$), y en el segundo, las concepciones previas y posteriores a una secuencia constructivista de enseñanza de la Unidad «célula» de un mismo grupo de estudiantes de noveno grado ($n = 75$). Aunque en general, los resultados mejoran después de la enseñanza, hay algunas ideas erradas respecto a los seres vivos y las células que persisten en una fracción importante de los estudiantes. Los resultados expuestos a continuación coinciden ampliamente con las concepciones alternativas descritas en la literatura:

- Las bacterias, los plantas y los hongos no son seres vivos y tampoco se componen de células (ideas que persisten en un 5 a 20 % de los estudiantes, $n = 155$). En parte, los resultados coinciden con lo descrito por Caballer y Giménez (1993): los alumnos suelen incorporar mucho más la idea de la estructura celular en los animales que en los vegetales.

- Los virus se componen de células (aprox. 50% de los estudiantes, n = 155)

Estos errores, al parecer «universales», podrían tener su explicación en los estadios que Piaget (1926) describe del desarrollo del concepto de «ser vivo» en los niños. En su trabajo Piaget identifica cuatro estadios: en un primer momento, y hasta aproximadamente los 6 años, los niños atribuyen «vida» a objetos u organismos que son útiles para el ser humano. En un segundo momento, los niños relacionan el concepto «ser vivo» con el movimiento, sin distinguir entre movimiento propio o aquél generado por terceros. En el tercer estadio, en promedio entre los 8 ½ y los 11 ½ años de edad, los niños ya serían capaces de hacer la distinción entre ambos tipos de movimiento, considerando como vivos sólo aquellos objetos u organismos que presentan movimiento propio. Finalmente, en un cuarto estadio, se atribuye vida sólo a animales y plantas. Según Piaget, este estadio aparece entre los 11 y 12 años de edad (Piaget, 1926).

La idea de Piaget de los estadios de desarrollo cognitivo relacionados con la edad ha sido cuestionada por algunos autores (ver Novak, 1995), pues, según ellos, este desarrollo estaría vinculado, más que a la edad, a la experiencia. No obstante, la descripción que Piaget hace del desarrollo del concepto «vida» o «ser vivo» en los niños parece ser válido hasta el día de hoy, encontrándose patrones similares en estudios recientes. Así por ejemplo, (Banet y Ayuso, 2000) comenta una entrevista en la que un estudiante afirma que las plantas no son seres vivos porque no respiran y no se mueven (Banet y Ayuso, 2000, p. 320). El hecho de concebir la respiración sólo de manera similar a la respiración en humanos (con movimiento torácico y clara inhalación y exhalación de gases, lo que denota *movimiento*) pareciera dificultar la comprensión del proceso respiratorio en plantas. Como ejemplo, y en el marco del presente estudio un estudiante escribe en un informe: *«Hay algo que me llama la atención de la planta acuática (Elodea), es que vive, pero no sé cómo puede respirar debajo del agua»*.

En el caso de este estudio, estudiantes de 14 años en promedio presentan rasgos del tercer y cuarto estadio descrito por Piaget. Así, «plantas», «hongos» y «bacterias» serían probablemente los últimos organismos que el niño aprende a distinguir como «seres vivos», y por lo tanto, como compuestos por células. A esto se suma el hecho de que durante el estudio de la célula en la escuela se hace referencia principalmente a «células animales» y «células vegetales», considerándose con mucho menos frecuencia otros organismos como hongos y bacterias.

En cuanto al concepto de célula persisten concepciones como:

- Las células se encuentran en lugares específicos de nuestro cuerpo, o se encuentran «en mayor proporción» en lugares como sangre, cerebro, etc. (aprox. el 10 % de los estudiantes, n = 155) resultados que concuerdan con Dreyfus y Jungwirth (1988); Benlloch (1994)
- Respecto a la imagen de célula, ésta es representada mayoritariamente como dos círculos concéntricos (membrana y núcleo), sin organelos distinguibles. Si bien esta representación no es del todo errada, es bastante pobre y coincide con lo descrito por Jiménez- Alexandre y Díaz de Bustamante (1993, 1998).

A estos resultados se suma la dificultad, bastante extendida entre los estudiantes, de vincular las características y funciones de los seres vivos con las características y funciones de las células (Flores et al, 2003, Caballer y Giménez, 1993), en otras palabras, comprender la célula como «la unidad estructural y funcional básica de la vida». Esta falta de vinculación y en particular el desconocimiento de las funciones de los organelos celulares (Flores et al, 2003), impide superar las concepciones erradas que los estudiantes tienen por ejemplo sobre la respiración y la alimentación. Por otra parte, dificulta la comprensión de sí mismos como un ser compuesto por células, las cuales se relacionan entre sí formando tejidos, órganos y sistemas. Las células permanecen, para algunos estudiantes, como entidades independientes y localizadas en lugares específicos del cuerpo, que nada tienen que ver con las carac-

terísticas visibles de los seres vivos. En este sentido, hace falta una visión integral, o sistémica (ver De Micheli et al, 2003) que considere a células, tejidos, órganos y sistemas como diferentes niveles de un todo: el organismo *pluricelular*.

Un resultado que llama la atención, es que los alumnos tienden a relacionar el concepto de herencia con el de información genética o gen, dando la impresión de que al menos en ese tópico, los estudiantes logran hacer la relación entre niveles macro y microscópicos. Lo anterior, sin embargo, podría deberse más bien a la frecuencia con que conceptos relacionados con genética (gen, cromosoma, ADN, etc.) aparecen en los medios de comunicación, haciéndolos más familiares, más que a una real comprensión de estos conceptos y su relación con las características físicas de los individuos. De hecho, estudios específicos sobre los niveles de comprensión que alumnos secundarios tienen sobre conceptos genéticos muestran que, si bien los alumnos mencionan términos científicos, entienden poco su real significado (Banet y Ayuso, 2000; Lewis et al, 2000a, b, c; Lewis y Kattmann, 2004).

Implicancias para la práctica escolar

De los resultados obtenidos en este estudio, así como de la revisión bibliográfica realizada, se deduce la necesidad de una enseñanza más integradora, basada en una constante vinculación entre la estructura y función de la célula, y el reflejo que su actividad tiene en las características del organismo del cual forma parte (Flores et al, 2003). Desde este punto de vista, y considerando que los estudiantes, en general, no conocen las funciones de los organelos, debiera hacerse especial énfasis en las funciones de la célula, más que detenerse en el detalle de sus estructuras. Sólo así los estudiantes podrán comprender la célula como unidad funcional y estructural básica de los seres vivos (Caballer y Giménez, 1993).

Por otra parte, siendo la célula un concepto no cotidiano, y por lo mismo bastante abstracto para los estudiantes, su enseñanza debería partir desde lo que el estudiante conoce, es decir, desde lo macroscópico o cotidiano, a lo microscópico. Por la misma razón, la enseñanza de la célula debe considerar el uso de diversos medios, como microscopio, láminas, modelos, etc., en donde, por ejemplo, pueda mostrarse un mismo objeto desde una perspectiva macroscópica (a simple vista) a una microscópica (con microscopio de luz), pasando por diferentes aumentos, de modo de que la célula aparezca como la estructura básica constituyente de todo ser vivo, más que una entidad abstracta, descontextualizada y aislada, presente «en algún lugar» de los organismos vivos.

En cuanto a la imagen de célula, es recomendable exponer a los estudiantes a una gama amplia de imágenes reales, que demuestre la diversidad de formas que las células pueden adquirir. Así por ejemplo, la presencia de núcleos no esféricos y desplazados del centro de la célula (imagen típica de células vegetales con vacuola central) harán cuestionar la imagen de célula como «huevo frito» que pueden presentar los alumnos (Mengascini, 2006). Del mismo modo, la visualización de neuronas o células epiteliales, cuestionará la imagen de célula «redonda» asociada normalmente con células animales.

Finalmente, plantas, hongos y bacterias deben ser también incluidos al enseñar el concepto «célula», de modo de permitir una visión más amplia sobre diversidad celular y ayudar a comprender estos organismos como seres vivos, compuestos por células.

Agradecimientos: este trabajo es parte de una tesis doctoral financiada a través de becas por la Universidad de Munich, la DAAD y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Agradecemos a estas instancias, así como a los profesores y estudiantes que participaron de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANET, E. y AYUSO, E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: a Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education* 84, pp. 313 – 351.
- BENLLOCH, M. (1994). *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias. Propuesta didáctica para el ciclo superior de básica*, 3° Ed. Madrid: Visor Distribuciones, S.A.
- CABALLER, M. J. y JIMÉNEZ, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), pp.172-180
- (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp.63-68
- DE MICHELI, A. IGLESIA, P. y DONATO, A. (2003). El desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en los estudiantes ingresantes a la universidad en el marco de una propuesta curricular alternativa que jerarquiza la concepción sistémica de los organismos vivos. Ponencia presentada en el Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el Siglo XXI (Septiembre, 2003). Universidad Nacional de San Luis, Argentina.
- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J., y JIMÉNEZ - ALEIXANDRE, M.P. (1998) Interpretation and drawing of images in biology learning. En: Bayrhuber, H. Brinkman, F. (Eds.) *What - Why - How? Research in Didaktik of Biology*, Kiel: IPN.
- DREYFUS, A. y JUNGWIRTH, E. (1988), The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*. 10 (2), pp. 221 – 229
- FLORES, F.; TOVAR, Ma. E., y GALLEGOS, L. (2003): Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal of Science Education*, 25 (2), pp. 269-286.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). Modelos Didácticos. En: Perales, F. J y Cañal, P. *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp.165-186). España: Alcoy.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (1993) Drawing and Slicing Cells. Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca, New York
- KATTMANN, U. (2003). Vom Blatt zum Planeten – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. En: Moschner, B., Kiper, H. y Kattmann, U. (Eds.). *PISA 2000 als Herausforderung - Perspektiven für Lehren und Lernen*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- KILLERMANN, W. (1991). *Biologieunterricht Heute. Eine moderne Fachdidaktik*. 9° Ed. Donauwörth: Ludwig Auer Verlag.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD- ROBINSON, C. (2000a). Chromosomes: the missing link- young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. *Journal of Biological Education* 34 (4), pp. 189 - 199.
- (2000b). What's in a cell? -young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education* 34 (3), pp. 129 - 132.
- (2000c). All in the genes? - young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education* 34 (2), pp. 74 – 79.
- LEWIS, J. y KATTMANN, W. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education* 26 (2), pp. 195 - 206
- MACEDO, B. y KATZKOWICZ, R. (2005). Alfabetización científica y tecnológica: Aportes para la reflexión. Publicación digital de OREALC/UNESCO Santiago. En Internet bajo: http://www.unesco.cl/medios/alfabetizacion_cientifica_tecnologica_aportes_reflexion.pdf. Recuperado el: 03/05/06

- MENGASCINI, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3), pp. 485 - 495
- NOVAK, J.D. (1995). El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos. En: Porlán, R., García, J.E., Cañal, P. (Eds.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Serie Fundamentos nº 2. Colección Investigación y Enseñanza. 2º Ed. Sevilla: Díada Editora S.L.
- OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006. En Internet bajo: <http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf>. Recuperado el 20-12-06
- O-SAKI, K. M. y SAMIRODEN, W. D. (1990). Children's conceptions of «living» and «dead». *Journal of Biological Education*, 24(3), pp. 199-207
- PIAGET, J. (1926). *Das Weltbild des Kindes*. 6º Ed. 1999. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- TEIXEIRA, F. M. (2000) What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system, *International Journal of Science Education*, 22 (5), pp. 507 - 520

ANEXO 1

Secuencia constructivista de enseñanza (segundo estudio)

<i>Sesión</i>	<i>Tema de la clase/ conceptos</i>	<i>Descripción</i>
1	Introducción al uso de mapas conceptuales	A través de la analogía entre un mapa de una ciudad y un mapa de lo que sabemos acerca de un concepto, se introduce a los alumnos a la técnica de los mapas conceptuales. Los alumnos finalizan realizando un mapa conceptual sobre un tema de su interés
2	Características de los seres vivos	Los alumnos discuten acerca de las propiedades de diferentes objetos/seres vivos presentes en el aula (planta, fuego, lombriz, juguete, semilla de lenteja, ellos mismos), finalizando con una discusión acerca de qué caracteriza a un ser vivo y llevando su conclusión a un mapa conceptual.
3	Seres vivos compuestos de células	Los alumnos observan a simple vista, bajo lupa y a través de microscopio tanto plantas como animales, discutiendo acerca de las estructuras que presentan en común. El concepto «célula» es introducido en relación a la estructura común más pequeña observada.
4	Primera autoevaluación/Diversidad celular	Los alumnos en conjunto con el profesor hacen una revisión de los conceptos tratados, y trabajan sobre el mapa conceptual elaborado en la sesión 2. Luego, a través de la visualización de diferentes imágenes, discuten sobre diversidad celular.
5	Membrana y pared celular, difusión y osmosis	A través de trabajos prácticos, videos y modelos los alumnos visualizan el proceso de difusión y osmosis en células vegetales, y aplican el concepto de osmosis a una situación cotidiana.
6	Nutrición como función característica de los seres vivos: ejemplo: nutrición en plantas	Los alumnos realizan trabajos prácticos relativos a la identificación de almidón en cotiledones. Luego, identifican almidón en hojas tratadas bajo diferentes condiciones de luz y hojas con diferente pigmentación. A partir de los resultados se discute el rol de la luz y la clorofila en la fotosíntesis.
7	Respiración como función característica de los seres vivos	Partiendo de la discusión acerca del «camino» que recorre un trozo de pan dentro de su cuerpo, el profesor introduce la idea de obtención de energía a través de la glucosa, para llegar luego al proceso de respiración celular.
8	Segunda autoevaluación	Se revisan los conceptos aprendidos y se revisa y amplía el mapa conceptual de la sesión 4
9	Crecimiento y reproducción	Partiendo de la observación de una planta que ha crecido, los alumnos discuten acerca del proceso de crecimiento. A través del ejemplo del experimento de Gurdon con <i>Xenopus</i> , se discute la función del núcleo celular y el proceso de mitosis. Para finalizar, se muestran ilustraciones de embriones animales en diferentes estadios de desarrollo, relacionando mitosis con crecimiento.

ANEXO 2

Cuestionario (segundo estudio)

1. ¿Cómo le explicarías a un compañero lo que es un ser vivo?
2. Marca con una cruz aquellos objetos u organismos que tú creas que SON seres vivos: Perro, Gaviota, Virus, Alga, Teléfono celular, Mosca, Bacteria, Hongo, Lombriz, Palmera, Célula, Tú.
3. Marca con una cruz aquellos objetos u organismos que tú creas que NO son seres vivos (se repite la misma lista anterior, en otro orden)
4. De la unión de un espermatozoide de erizo con un óvulo de erizo resulta un pequeño embrión, que al crecer, formará un erizo. Piensa y responde: ¿Cómo «saben» el espermatozoide y el óvulo de erizo que tienen que formar un erizo y no otro organismo (como una estrella de mar, un pez o una persona)?/ Ana y Cristóbal tienen una gata. Hace dos días la gata parió 5 gatitos. Mientras Ana y Cristóbal observaban, se preguntaron lo siguiente: ¿Por qué siempre que una gata pare, pare gatitos, y no perros o canarios? Piensa y responde la pregunta que se hacen Ana y Cristóbal.
5. Responde brevemente (a) Para qué nos alimentamos? (b) ¿Para qué respiramos?
6. ¿Tienes células en tu cuerpo? Si tu respuesta es sí, ¿en qué parte de tu cuerpo están?
7. Dibuja una célula y señala sus partes.
8. (sólo en Post-test): Imagina que estás en una clase de deportes, y debes trotar. Después de 20 minutos de trote tu respiración se ha acelerado, y tu temperatura corporal ha subido. Piensa en lo que has aprendido e intenta explicar (a) ¿por qué se acelera tu respiración? (b) ¿por qué aumenta la temperatura de tu cuerpo?

FROM TREE TO CHLOROPLAST: K-9 AND K-10 STUDENTS' CONCEPTIONS ABOUT «LIVING BEING» AND «CELL».

Corina González-Weil

Centro de Investigación Avanzada en Educación, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Ute Harms

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (IPN), Alemania

If the 20th century is considered the century of Physics and Chemistry, the 21st century is, undoubtedly, the century of Cell and Molecular biology. The application of genetic tests, consumption of transgenic food, use of genetic analysis in criminalistics, the utilization of bacteria and enzymes in industrial processes, and many of the great advances of medicine are some examples of how cell and molecular biology are applied in the modern life. In this context, understanding the concept of «cell» is crucial to take soundly-based decisions on these topics. And it is also important to understand contemporary illnesses (cancer, AIDS, etc.) and, in general, to understand how our own organism (and all living beings' organism) functions, because this is mostly the reflection of our cells' activity. Notwithstanding its importance, some studies conducted in different contexts and with students of different ages, show that the students' understanding of this concept as a basic structural-and-functional unit of life is minimum. If we consider that, under the current premise, the students must be taught based on what they already know, to know what is the concept of the student on this subject becomes important. This work inquires on some Chilean secondary-school students' conception of «cell», «living being» and the relationship between them, before and after dealing with these concepts in a school context.

Methodology: In this work we present the results of two studies: in the first one, we compare the conception of 9th and 10th-grade students of middle socioeconomic status from a Public Female Institution which a transmissive biology teaching (n = 221). Based on the results, a constructivist sequence of teaching is designed. It is applied on a second study which collects the conceptions of the same ninth graders (n = 75), from an urban, coeducational, state-subsidized private school, of middle socioeconomic status, before and after using the sequence.

The conceptions of the students were collected with a semi-open questionnaire, which included questions related to everyday experiences and living beings' characteristics, as well as explicit questions about the concept of «cell». In both studies some categories were set based on the students' answers, and the frequency of each were calculated. In order to keep reliability, and once the categories were set, approximately a 10% of the questionnaires were coded by a pair of encoders, which resulted on an intercoder agreement coefficient above 0.85.

Results and implications: However there are some differences between the results from both studies, in general, they confirm what has been published and demonstrate that once the formal education is finished, a lot of students show a general lack of understanding of the concept of «cell», which is made evident in the following mistakes: (a) considering that bacteria, plants and fungus are not living beings and that they are not composed by cells either, (idea that persists in 5 to 20% of the students n = 155); (b) considering that the cells are located at «specific places» of our bodies, or that they are found in «a bigger proportion» in the blood, the brain, etc. (approx. 10% of the students, n = 155); (c) drawing a very simplified image of a cell, represented by the majority as two concentric circles (membrane and nucleus), without distinct organelles, which, although not entirely wrong, is pretty poor.

To all the above mentioned, there is also the difficulty—very frequent among the students—of linking characteristics and functions of living organisms to the cells' functions. This lack of connection and, specifically, the ignorance about the functions of cellular organelles, prevents from going through with the wrong conceptions the students have, for example, about breathing and feeding. On the other hand, it makes harder for them to understand by themselves how a body is composed by cells, which interrelate to form tissues, organs and systems.

From the results obtained, as well as from the bibliographic review conducted, it was deduced that there is a need for a more inclusive education, based on a constant relationship between the cell's structure and function, and on how its activity is reflected on the characteristics of the organism it is part of. From this perspective, and considering that the students, in general, do not know the functions of the organelles, it should be made a special emphasis on the cell's functions instead of putting too much attention on the details of its structures. On the other hand, as the concept of cell is rather abstract to the students, its teaching should start from what the student already know; in other words, from the macroscopic/everyday life, to the microscopic, taking into account a variety of cell representations, forms and types. For the same reason, when teaching «the cell» it should be considered the utilization of diverse tools, like microscope, posters, models, etc., that allow, for example, showing the same object from a macroscopic perspective (at first sight) and from a microscopic one (light microscope), using different levels of magnification, in a way that the cell appears as the basic composing structure of every living being, rather than an abstract, decontextualized and isolated entity, located «somewhere» inside the living organisms.