



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**Licenciatura en la enseñanza de las
Ciencias Biológicas**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Los obstáculos en el estudio de la Teoría endosimbiótica
como origen de mitocondrias y cloroplastos,
en 2° año de la escuela secundaria.

Autora: Mariela A. Ponce

Tutores: Prof. Cesar López

Prof. Eduardo Greizerstein

Abril 2020

Agradecimientos

A Pablo, por su apoyo incondicional para poder seguir estudiando y por animarme y confiar siempre en mí.

A Ramiro, que me acompañó a cursar en la panza, y después me esperó en casa.

Este título es de los tres y para los tres.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, y especialmente a quienes impulsaron la creación de la Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Biológicas y su reciente carácter gratuito.

A las coordinadoras de la carrera, que nos recibieron desde el primer día con mucha alegría y calidez, estando siempre a disposición para lo que necesitáramos.

A los grandes docentes de la carrera, que nos brindaron sus conocimientos y herramientas con total generosidad, haciéndonos sentir siempre como pares y animándonos a seguir adelante.

A mis tutores de Trabajo final, los profesores Cesar López, Eduardo Greizerstein y su ayudante Valeria Antonelli, por la paciencia y la orientación.

A mis compañeras, por los momentos compartidos, por las risas, por el apoyo, por acompañarnos y alegrarnos por nuestros logros.

Índice

| | |
|------------------------------|----|
| Agradecimientos..... | 2 |
| Índice..... | 3 |
| Resumen..... | 4 |
| Introducción..... | 6 |
| Objetivo general..... | 9 |
| Objetivos particulares..... | 9 |
| Materiales y métodos..... | 10 |
| Resultados y discusión..... | 11 |
| Revisión bibliográfica | 11 |
| Análisis..... | 32 |
| Conclusión..... | 45 |
| Bibliografía..... | 47 |

Resumen

El presente trabajo está dedicado a observar obstáculos en la enseñanza de la Teoría endosimbiótica como origen de mitocondrias y cloroplastos, en segundo año de la escuela secundaria, con el objetivo de proponer estrategias didácticas, alternativas innovadoras para el trabajo del tema en el aula. Para ello, se realiza una revisión bibliográfica de los libros de textos escolares del nivel revisando qué tipo de tratamiento se le da al tema, y si éstos pueden, en este caso, ser o no un apoyo para el docente. También se analizan obstáculos relacionados principalmente con las representaciones previas y la dificultad para la comprensión del tema a continuación de *célula*. Finalmente, se proponen estrategias de trabajo que enriquecen el estudio en varios aspectos, y además pueden ser utilizadas para muchas otras temáticas.

Palabras clave: Teoría endosimbiótica, obstáculos, representaciones previas, revisión bibliográfica, estrategias didácticas.

Abstract

The present work is dedicated to observe obstacles in the teaching of endosymbiotic theory as the origin of mitochondria and chloroplasts, in the second year of secondary school, with the aim of proposing didactic strategies, innovative alternatives for the work of the subject in the classroom. For this, a bibliographic review of the school textbooks of the level is carried out, reviewing what type of treatment is given to the subject, and whether

these can, in this case, be a support for the teacher or not. Obstacles related mainly to previous representations and the difficulty for understanding the topic below *cell* are also analyzed. Finally, work strategies are proposed that enrich the study in various aspects, and can also be used for many other topics.

Key words: Endosymbiotic theory, obstacles, previous representations, bibliographic review, didactic strategies.

Introducción

Los estudiantes de la Escuela Secundaria Básica profundizan en este nivel algunas aproximaciones conceptuales que, acerca del nivel celular, han realizado en la escuela primaria. (Bocalandro, Mateu, 2013)

El origen de mitocondrias y cloroplastos (los orgánulos implicados en las transformaciones energéticas) según la Teoría endosimbiótica es un tema incluido en una de las unidades más importantes del diseño curricular de Biología de segundo año de la escuela secundaria.

La llamada "Teoría endosimbiótica" (endo significa interno y simbiote se refiere a la relación de beneficio mutuo entre dos organismos) intenta explicar el origen de algunas organelas eucarióticas (Curtis et al, 2007) y, podría ser una alternativa a la Teoría sintética de la evolución (Chávez, 2012)

Esta Teoría fue formulada por Lynn Margulis, científica que, pese a ser descalificada en su época, continuó sus investigaciones, proponiendo que la simbiosis (relación de colaboración íntima entre especies diferentes) entre bacterias habría dado lugar a los cloroplastos y mitocondrias, orgánulos propios de las células eucariotas, ya que al observarlos le parecía ver “una bacteria dentro de otra bacteria”, que, en vez de fagocitarse, resultaron ser “un equipo” viable, con características que le hicieron vivir de forma competente en ese medio. La endosimbiosis (simbiosis intracelular) de las procariotas aerobias dio lugar a las mitocondrias, orgánulos con dos membranas, siendo la membrana interna perteneciente a la bacteria precursora y la membrana externa de la célula eucariota que se estaba formando. Probablemente, los cloroplastos se originaron de una manera

similar, también por endosimbiosis, pero de bacterias fotosintéticas. (Junqueira, 2012)

Margulis observó las particularidades en la estructura de estos orgánulos y son las evidencias que apoyan su teoría; principalmente:

- Las mitocondrias y los cloroplastos contienen un genoma de ADN circular como el de las bacterias
- Estos orgánulos tienen dos membranas, siendo la interna similar, en su composición, a las membranas bacterianas, mientras que la externa, que sería la pared de la vacuola fagocítica, se asemeja a la membrana de las células eucariotas hospedadoras. (Junqueira, 2012)

A lo largo de la evolución, tanto las mitocondrias como los cloroplastos fueron perdiendo su genoma al núcleo de la célula huésped, volviéndose dependientes del ADN cromosómico de las células huésped. (Junqueira, 2012)

Con este breve resumen de la Teoría, está a la vista que es un tema muy significativo para el hilo conductor de 2º año, que es la *evolución*.

Sin embargo, frecuentemente los docentes deciden no incluirlo en sus clases. También es cierto que los docentes realizan habitualmente selecciones o recortes del temario por distintos motivos (principalmente la disponibilidad de tiempo); pero la Teoría endosimbiótica resulta ser uno de los temas favoritos a recortar. Generalmente se sitúa al final de la unidad de célula, ya promediando o finalizando el año, y haciendo cálculos para llegar a tiempo con las unidades restantes, muchos docentes deciden evitar este tema complejo y confuso para los estudiantes, que recién acaban de comprender, en el mejor de los casos, la composición y diferencias de cada tipo de célula.

Para un porcentaje no menor de alumnos, el tema célula en su conjunto es un cúmulo de términos y conceptos nuevos, que es importante entender y diferenciar entre sí: célula procariota y eucariota, vegetal y animal, función de membrana plasmática, núcleo, nombres y funciones de cada organela, etc. Para ello se necesita mucho tiempo de trabajo sobre los temas, y tiempo para que los alumnos los incorporen.

En este marco, **los libros de texto adquieren relevancia particular (...)** **constituyen una ayuda inestimable para el profesor en el trabajo diario del aula**, ofreciendo una concepción legitimada del saber a enseñar (Bermúdez et al., 2015); sin embargo, la mayoría de los libros de textos estudiantiles también deciden recortar, y algunos incluso obviar este tema.

Pareciera que la historia que acompaña desde su comienzo a esta Teoría y su autora Lynn Margulis, una historia de lucha por ser aceptada en la comunidad científica, sigue con la misma suerte en la actualidad: evitada por los docentes, incomprendida por los estudiantes y minimizada o directamente ignorada por los libros de textos.

Sin embargo, en el presente Trabajo se considera que la Teoría endosimbiótica es muy interesante y significativa para el aprendizaje de la evolución, tema que representa el núcleo central de los contenidos de segundo año.

Por ello, es interesante revisar la bibliografía escolar utilizada actualmente, analizar lo observado, hallar los obstáculos y proponer alternativas didácticas para mejorar la enseñanza y aprendizaje de este tema.

Objetivo general:

Realizar una revisión bibliográfica de los libros de textos estudiantiles utilizados en la actualidad y proponer alternativas innovadoras de trabajo en el aula, para favorecer la comprensión del tema, considerando los tiempos adecuados a la complejidad del mismo.

Objetivos parciales:

Realizar una revisión bibliográfica de los libros de textos estudiantiles para analizar la forma en que tratan el tema.

Identificar si los libros de textos estudiantiles son verdaderas herramientas para el docente en este tema o deben recurrir a otras opciones.

Analizar la información obtenida para comprender el problema a nivel global.

Considerar los resultados del análisis para proponer estrategias didácticas acordes.

Materiales y métodos:

Se realizará una revisión bibliográfica de los libros estudiantiles de Biología de segundo año de la escuela secundaria, observando específicamente en cada texto, la extensión que se dedica al capítulo en donde usualmente se trata el tema, que suele ser *Célula* o *Estructura celular*, cuánto de éste se dedica al tema *Teoría endosimbiótica*, en qué forma se trata, si existen o no esquemas, si estos son o no claros y atractivos, si existen imágenes reales alusivas a alguna de las organelas o células procariotas, si se hace referencia a Lynn Margulis como autora de la Teoría y se cuenta algo de la historia que transcurrió para llegar a la aceptación por parte de la comunidad científica, si hay o no actividades propuestas para continuar trabajando el tema.

De cada libro se hará un resumen de toda la información observada y al final de todos estos, se comparará y analizará en detalle, extrayendo valores relacionados a ítems considerados de importancia.

También se buscará información relacionada al tema y a la didáctica de las ciencias, en libros en formato digital, a obtener:

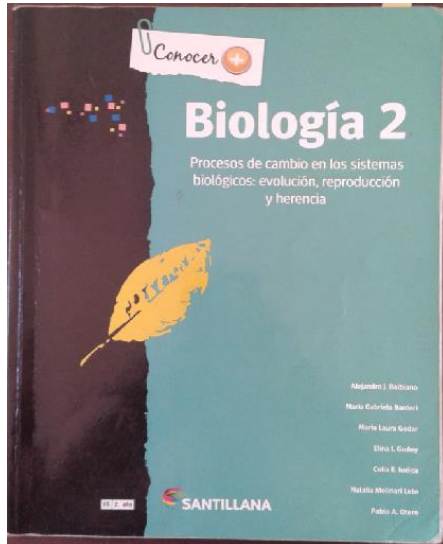
- en el buscador Google,
- en la página de Facebook “Libros de biología gratis”,
- de las materias didácticas cursadas durante la Licenciatura
- compartidos por compañeras y profesores

Se analizará toda la información, se extraerán conclusiones y se propondrán estrategias didácticas para abordar la temática en clase.

Resultados y discusión:

A continuación, se detalla lo observado en la revisión bibliográfica:

Libro Conocer +, editorial Santillana, edición año 2013



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el capítulo 5 denominado “Estructura celular”, capítulo que se compone de 14 páginas, dentro de las cuales hay dedicadas al tema 2 paginas, al final del capítulo.

Se titula Teoría endosimbiótica: origen de cloroplastos y mitocondrias. Posee texto explicativo, imágenes de cloroplastos y mitocondrias vistas al microscopio electrónico, y un esquema del proceso completo.

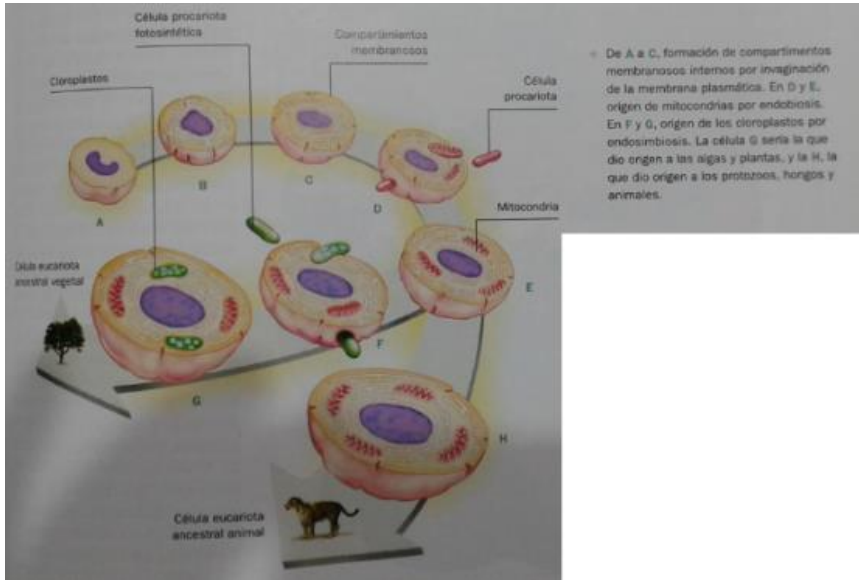
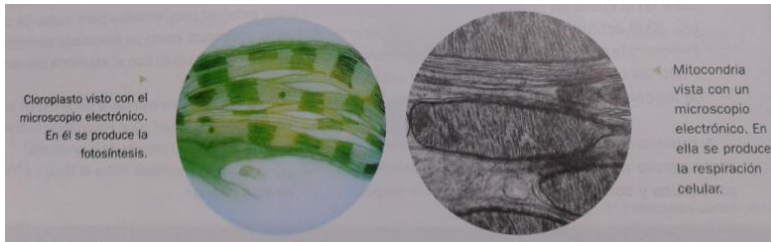
El texto hace un repaso y recordatorio de que en el citoplasma de las células eucariotas hay orgánulos en los que se degrada y sintetiza materia, y, además, cloroplastos en donde se realiza la fotosíntesis (en célula vegetal), y mitocondrias en las que se lleva a cabo la respiración celular (en célula animal).

Luego explica que los científicos sostienen que tanto los cloroplastos como las mitocondrias se originaron a partir de las bacterias primitivas, que en el pasado se asociaron a otras células procariotas, por lo que hace 2100 millones de años entonces aparecieron las células eucariotas, debido a la relación de simbiosis que se habría establecido entre diferentes grupos de células procariotas. Se cree que esta relación les habría significado a ambos organismos una serie de beneficios.

El texto aclara que es posible que tanto bacterias aerobias como anaerobias habrían sido fagocitadas por otras bacterias. Las mitocondrias habrían surgido a raíz de que quedaran atrapadas o fagocitadas bacterias aerobias, que, al encontrar protección y moléculas para alimentarse, empezaron a producir más energía de la que necesitaban, y que esta energía extra fue utilizada por su hospedero para realizar sus propias actividades.

Los cloroplastos en cambio, habrían surgido al quedar atrapadas cianobacterias (células procariotas fotosintéticas) que al encontrar protección y nutrientes en su hospedero aumentaron su capacidad fotosintetizadora y produjeron más biomoléculas, que serían degradadas en la respiración celular y de esta forma obtendría más energía. Así, luego de millones de años se habrían generado los cloroplastos. Por lo tanto, según esta teoría, la endosimbiosis permitió usar de manera eficiente el oxígeno atmosférico y sintetizar el propio alimento, lo que derivó posteriormente en la formación de los cloroplastos y las mitocondrias.

El texto luego detalla los 3 puntos de la Teoría endosimbiótica y los hechos a favor de la misma.

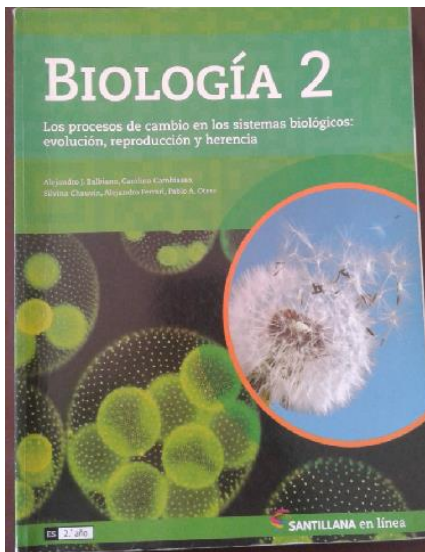


Recordá

12. ¿Cuál es la hipótesis que sostienen los científicos para el origen de los cloroplastos? ¿Cuál es la evidencia que respalda esta hipótesis?

Investiga

13. Averiguá quién fue Lynn Margulis y qué relación tiene con la teoría endosimbiótica.



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el capítulo 5 denominado “La estructura celular”, capítulo que se compone de 14 páginas, de las cuales hay dedicada al tema 1 página, al final del capítulo. Se titula El origen de las células eucariotas. Posee texto explicativo y esquemas.

El texto comienza con el recordatorio de que las mitocondrias y los cloroplastos tienen su propio ADN, que es diferente del ADN nuclear y muy parecido en estructura al ADN bacteriano.

Luego hace referencia a la bióloga estadounidense Lynn Margulis, que propone la teoría endosimbiótica para explicar el porqué de que estos orgánulos tengan su propio ADN. La teoría propone el origen de mitocondrias y cloroplastos a partir de células procariotas independientes que se habrían asociado simbióticamente con otras células procariotas y habrían pasado a “formar parte” de ellas.

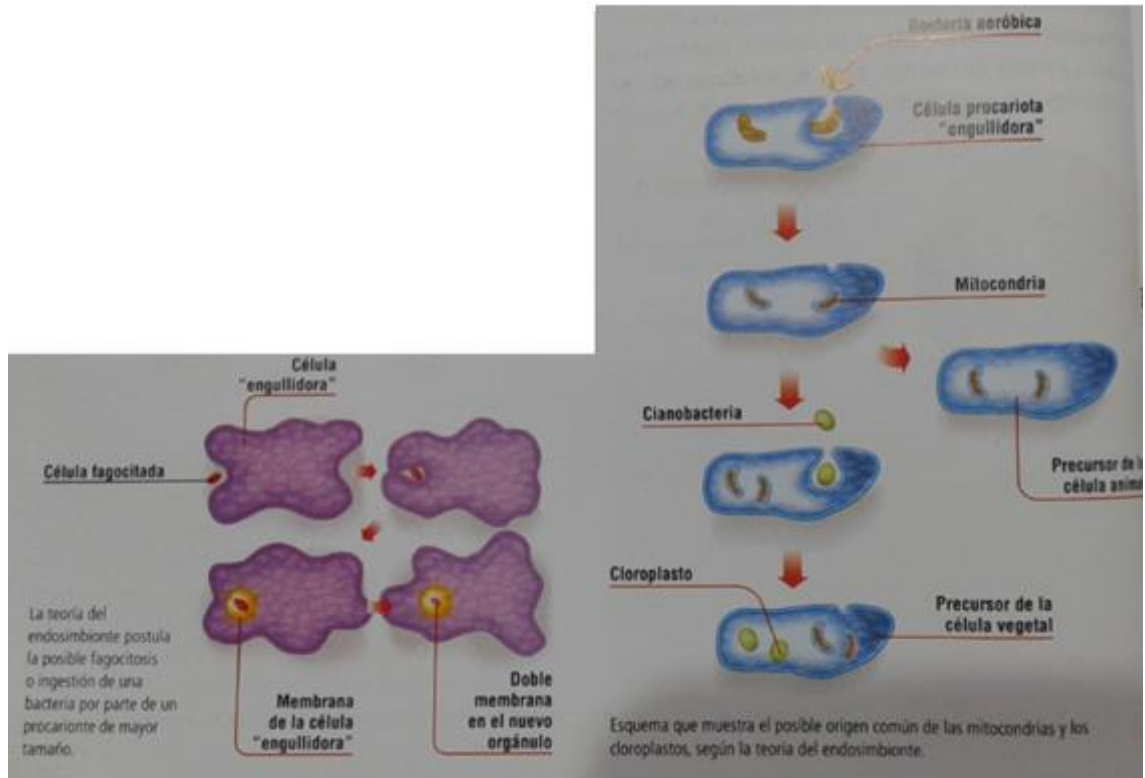
El texto aclara el concepto de simbiosis en biología y lo sintetiza como “trabajo en equipo”, para así pasar a explicar que Margulis propuso que las mitocondrias y los cloroplastos serían antiguas bacterias, fagocitadas por

procariontes de mayor tamaño, pero que no los habrían digerido, sino que las bacterias fagocitadas, habiendo pasado a realizar funciones específicas, se habrían transformado con el tiempo en orgánulos celulares. De esta forma, la célula engullidora les proveería los nutrientes y la protección, y estos realizaban funciones para ella.

Habla de que una evidencia de esta teoría es que estos orgánulos presentan doble membrana, y que la interna correspondería a la membrana plasmática original de cada procarionte independiente, mientras que la externa sería parte de la membrana plasmática de la célula engullidora, teniendo en cuenta que cuando una célula fagocita a otra la rodea con su membrana para luego digerirla en su interior.

Luego explica cómo se originó específicamente cada orgánulo, recordando que las primeras formas celulares eran procariontes anaerobios. Según la teoría endosimbiótica, las mitocondrias eran bacterias anaerobias que habrían sido fagocitadas por células anaerobias y que luego de millones de años esas bacterias habrían perdido su independencia y habrían pasado a ser orgánulos encargados de proveer a su hospedador energía obtenida al oxidar compuestos orgánicos como por ejemplo glucosa, a través de la respiración celular. Entonces, esta endosimbiosis benefició a ambos organismos: uno proveía el alimento y el otro se encontraba protegido de los cambios fisicoquímicos del ambiente. En cuanto a los cloroplastos Margulis postuló que algunos procariontes primitivos pudieron ingerir cianobacterias (que son bacterias fotosintéticas con clorofila en su interior). Las cianobacterias recibieron protección al ser ingeridas, y por su parte el procarionta que las fagocitó obtuvo material orgánico producido a partir de la

energía lumínica mediante la fotosíntesis; así habrían surgido los cloroplastos a partir de las cianobacterias.



Libro Biología 2 ES Huellas: Cambios y diversidad en los seres vivos. Editorial

Estrada, edición año 2015



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el bloque 2 capítulo 5 denominado “La célula”, capítulo que se compone de 20 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 2 páginas, casi al final del capítulo.

Se titula El origen de las células eucariotas. Posee texto explicativo, una foto de Lynn Margulis, imágenes al microscopio de mitocondrias y cloroplastos, y esquemas.

El texto comienza haciendo un repaso breve de la composición de las primeras células de las que se tiene registro: las procariontes: son simples, delimitadas por una membrana plasmática, con ADN circular y sin un núcleo definido. Luego diferencia estas con las eucariotas, que poseen organelas es decir compartimientos internos limitados por membranas, en los que se pueden llevar a cabo una gran variedad de procesos simultáneamente.

Luego presenta el tema central: la teoría de la endosimbiosis seriada, a su autora y en la década del 1960. Esta plantea que en principio algunas células procariontes de mayor tamaño habrían incorporado por endocitosis, bacterias

más pequeñas que eran capaces de transformar los alimentos en presencia de oxígeno para obtener energía. En lugar de digerirlas y alimentarse de ellas, las células más grandes conservaron las células pequeñas capaces de respirar y las transmitieron a las células hijas; así crearon una relación de dependencia mutua, es decir simbiosis, por medio de la cual las dos células obtuvieron beneficios: las células más grandes (eucariotas primitivas) aumentaron su capacidad para obtener energía y realizar nuevas funciones, y proveyeron de alimento a las procariotas más pequeñas. Esto les dio a estas células una ventaja para proliferar y dar origen a las células eucariotas actuales. Algunas de esas células eucariotas primitivas, mediante el mismo mecanismo, habrían incorporado luego células procariotas capaces de realizar fotosíntesis. Las que solo incorporaron bacterias que respiraban oxígeno, originaron a las células de hongos y de animales, mientras que las que además incorporaron bacterias fotosintéticas fueron las precursoras de las células eucariotas de las plantas y las algas.

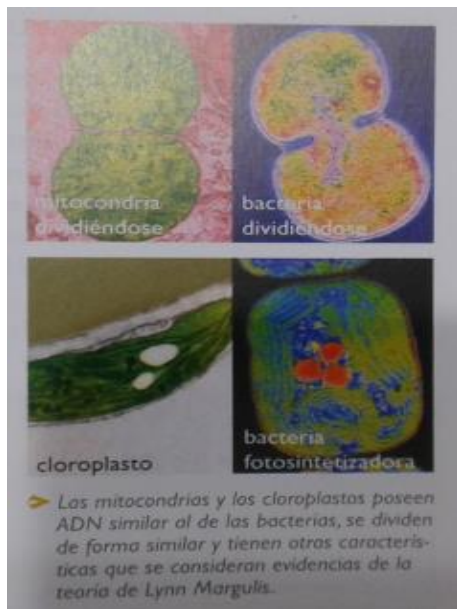
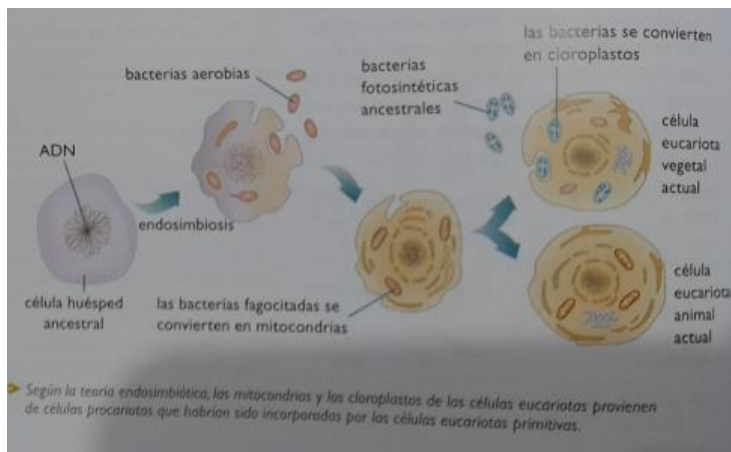
Finalmente, el texto comenta que como suele suceder con las teorías innovadoras en biología, esta idea no fue aceptada por la comunidad científica desde el comienzo y Margulis tuvo que defenderla y presentar evidencia durante casi 20 años hasta que fue aceptada unánimemente por sus colegas.

La página finaliza con la foto de Margulis y un esquema de la teoría.

En la página siguiente se detallan las evidencias a favor de la teoría endosimbiótica, explicando que muchas de las características de los cloroplastos y de las mitocondrias pueden tomarse a favor de la misma, como ser: el tamaño parecido a las bacterias, poseer ADN circular como el

procariota, fabricación de proteínas a partir de la información en su ADN y tener ribosomas de tipo procariota; dividirse y generar nuevas organelas de la misma manera que las bacterias, poseer doble membrana (que podría ser el resultado de haber ingresado a la célula dentro de una vesícula).

Finalmente, propone observar una animación de un sitio de internet y hacer preguntas en forma grupal para intercambiar respuestas con los compañeros, así como dos actividades sobre mitocondrias y cloroplastos.



CIENCIAS EN LA NET

Observen la animación sobre la teoría endosimbiótica que se encuentra en el siguiente sitio: <http://goo.gl/fKMJHB>

Luego, propongan cinco preguntas del estilo de las del video (opción múltiple) para intercambiar con sus compañeros.

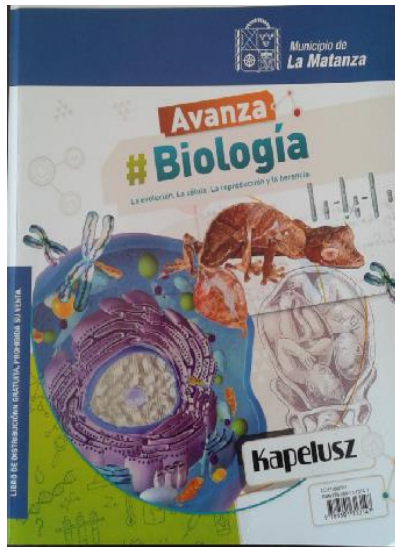
»» Uso de las TIC en el análisis de modelos científicos.

ACTIVIDADES

1. ¿Cuáles son las características por las que se relaciona las mitocondrias y los cloroplastos con las células procariotas?
2. ¿Cómo puede explicarse la existencia de una doble membrana en las mitocondrias y en los cloroplastos?

Libro Avanza Biología: La evolución. La célula. La reproducción y la herencia.

Editorial Kapelusz, edición año 2018



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el capítulo 5 denominado “La célula: origen, estructura y funciones”, capítulo que se compone de 22 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 1 página, en el medio del capítulo, en una sección especial denominada “#ConCienciaCrítica”

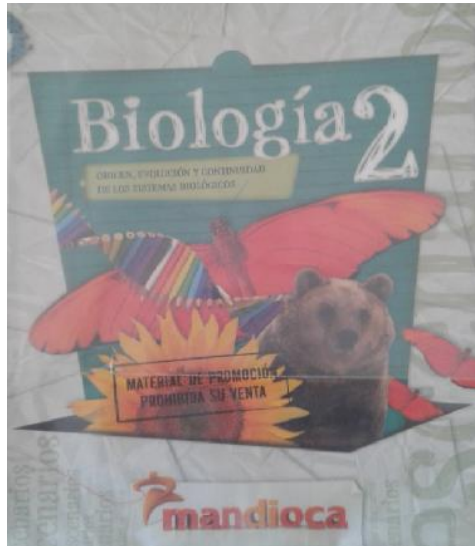
Se titula: Lynn Margulis. Una teoría controvertida. Posee texto y foto.

El texto es un resumen de la vida profesional de Margulis: cuenta sus estudios e investigaciones, su lugar de importancia en la ciencia y finalmente se refiere a la Teoría endosimbiótica diciendo que propone la simbiogénesis como mecanismo evolutivo generador de variación, es decir que podría originar nuevas especies, ya que dos organismos que han evolucionado por separado se asocian en un determinado momento y su asociación resulta beneficiosa en el medio en el que viven, y terminan siendo un único organismo.

El libro destaca este tema al exponerlo en una sección especial, con marco de color y hace protagonista a la autora ya que su nombre es parte del título y su foto abarca un cuarto de página. Sin embargo, no incluye esquemas ni imágenes reales.

Libro Biología 2: Origen, evolución y continuidad de los sistemas biológicos.

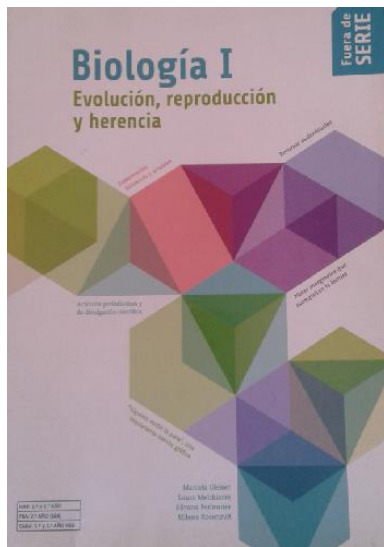
Editorial Mandioca, edición año 2011



El libro posee un capítulo dedicado a la estructura básica de la célula, tema global en el que suele estar la Teoría endosimbiótica; el mismo ocupa 16 paginas; sin embargo, este libro no trata el tema.

Libro Biología I. Evolución, reproducción y herencia. Fuera de serie. Editorial

Edelvives, edición año 2014



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el bloque 2 capítulo 4 denominado “Estructura celular”, capítulo que se compone de 24 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 1 página, al final del capítulo.

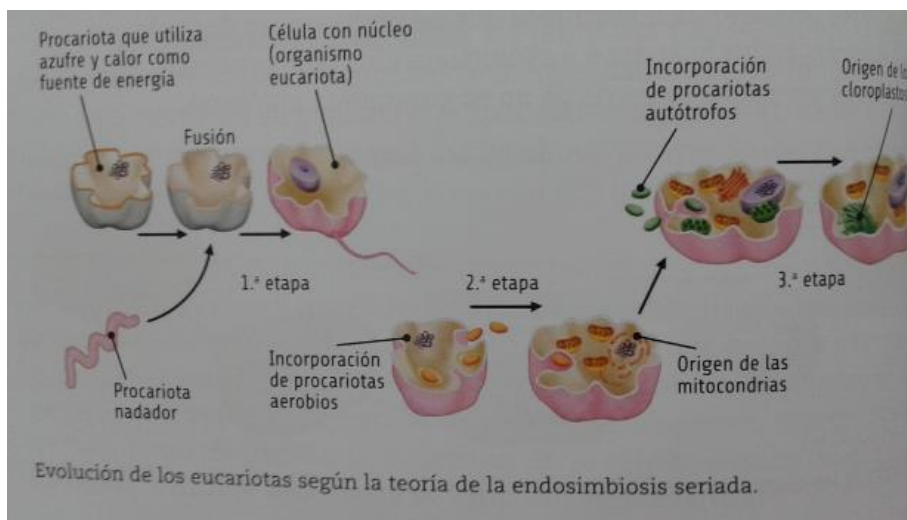
Se titula: Teoría endosimbiótica: fusión de organismos. Posee texto, esquema y una foto de Margulis.

El texto explica que la teoría de la endosimbiosis postula que las mitocondrias y los cloroplastos podrían haberse originado a partir de la unión ventajosa y permanente de diferentes procariotas de vida libre, y que fue propuesta por Lynn Margulis en 1967.

Explica que es una teoría aceptada en la actualidad con algunos ajustes y que las hipótesis plantean tres etapas para el origen de las eucariotas:

1. La aparición de los primeros eucariotas se inicia con la fusión de dos células procariotas de organismos muy distintos, y que de este modo surgió un tipo de organismo anaeróbico con el ADN de ambas células, encerrado por una membrana.

2. Este nuevo eucariota anaerobio incorporó un procariota pequeño que podía vivir en ambientes con oxígeno, sin digerirlo. Así la célula adquirió la capacidad de vivir en medios aeróbicos. La conveniencia mutua entre ambos organismos provocó que se estableciera una relación simbiótica permanente. Así se habrían originado las células eucariotas con mitocondrias.
3. Las células con núcleo y mitocondrias incorporaron procariotas de vida libre fotosintéticos, que sintetizaban materia orgánica a partir de la energía del sol similares a las cianobacterias actuales. Así se originaron las células con cloroplastos de nutrición autótrofa, es decir las primeras células vegetales.



Libro Biología. Origen y evolución de los sistemas biológicos. Función de relación en los seres vivos. Ediciones sm, edición año 2008



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el capítulo 1 denominado “Origen de los seres vivos”, capítulo que se compone de 21 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 1 página, en medio del capítulo.

Se titula: El origen de las mitocondrias y los cloroplastos. Posee texto, esquema, actividades y una foto de Margulis.

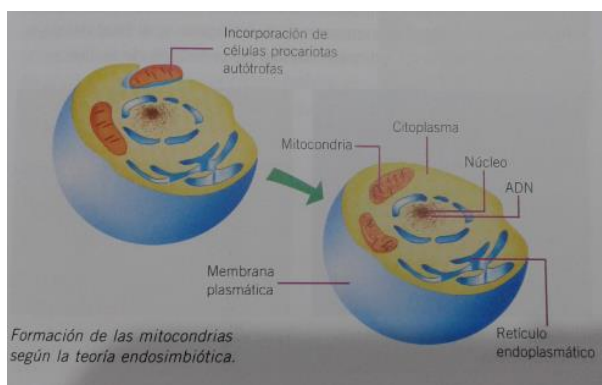
El texto comienza explicando que existen evidencias que sugieren que los cloroplastos y las mitocondrias habrían evolucionado a partir de organismos procariotas que fueron devorados por células eucariotas que obtenían energía en forma anaeróbica.

Las mitocondrias habrían evolucionado a partir de bacterias aerobias. Los cloroplastos tendrían su origen en cianobacterias. Esta idea fue propuesta por Lynn Margulis y apoyada actualmente por la mayoría de los biólogos.

También explica las semejanzas entre las mitocondrias y cloroplastos con las bacterias y cianobacterias (ADN circular, multiplicación por división simple y poseer ribosomas que fabrican proteínas) como refuerzos de la hipótesis.

Explica que estos endosimbiontes fueron los precursores de mitocondrias y cloroplastos.

Luego propone actividades para desarrollar las evidencias de la teoría y propone investigar otras fuentes y escribir una lista de nombres de mujeres científicas que hayan realizado aportes a la ciencia. Y responder por qué creen que es mayor la cantidad de científicos varones que de científica mujeres.



ACTIVIDADES

13. ¿Cómo se habría originado el núcleo de las células eucariotas?

14. ¿Qué evidencias apoyan la teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis?

15. Investiguen en otras fuentes y escriban una lista con nombres de mujeres científicas que hayan realizado aportes valiosos a la ciencia. Debatan en grupos y respondan a la siguiente pregunta: ¿Por qué creen que es mayor la cantidad de científicos varones famosos que la de científicas mujeres?

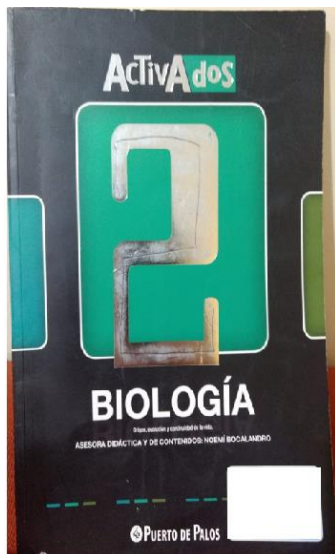
También se encuentra nombrada y resumida muy brevemente en un capítulo posterior: “La célula”, dentro del tema nutrición celular.

CONOCER MÁS

Teoría endosimbiótica. Según esta teoría, el parecido de los cloroplastos y las mitocondrias con las bacterias prueba que estas organelas tienen su origen en células procariontas que comenzaron a vivir de manera simbiótica en el interior de otra célula, convirtiéndose luego en organelas. De acuerdo con esta teoría, ambas células obtuvieron beneficios de esa relación: mientras que la célula procarionta —que luego sería la mitocondria— consiguió protección y nutrientes, la célula huésped al albergarla adquirió una forma eficiente de obtener energía.



Libro Activados 2. Biología Origen, evolución y continuidad de la vida. Puerto de palos.

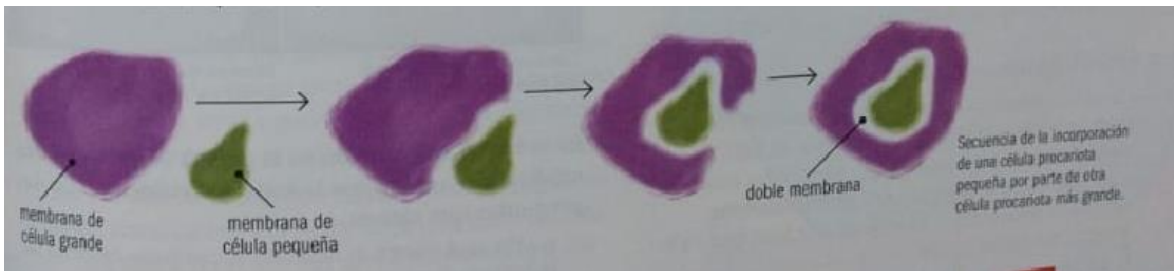
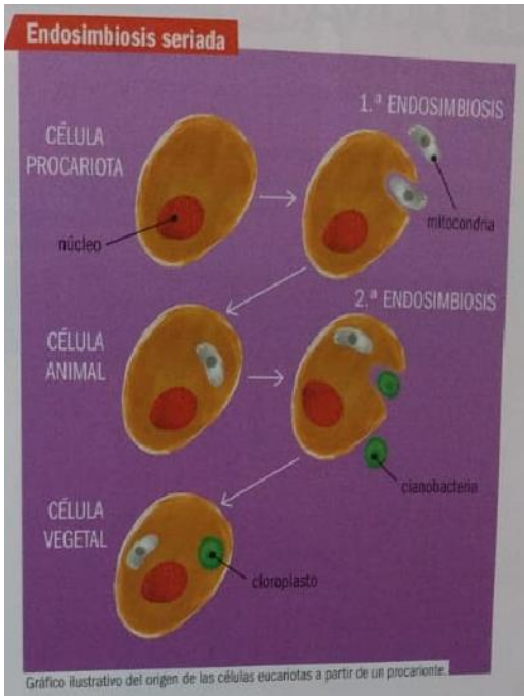


La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el capítulo 3 denominado “La aparición de la vida en la Tierra”, capítulo que se compone de 21 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 1 página, al final del capítulo.

Se titula: Una teoría posible. Posee texto y esquemas.

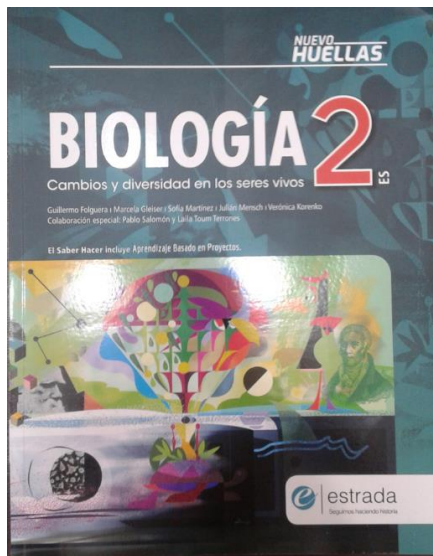
El texto comienza contando que hacia 1980 la bióloga norteamericana Lynn Margulis propuso la Teoría de la endosimbiosis seriada, según la cual las mitocondrias y los cloroplastos habrían sido procariontes bacterianos que fueron “engullidos” por procariontes de mayor tamaño. Se utiliza como explicación una analogía de la simbiosis como si fuera un contrato justo entre anfitriones e inquilinos.

Luego explica las pruebas observacionales y experimentales en que se sustenta la teoría, como por ejemplo que estos orgánulos poseen doble membrana.



Libro Biología 2 ES Nuevo Huellas: Cambios y diversidad en los seres vivos.

Editorial Estrada, edición año 2017



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el bloque 2 capítulo 5 denominado “La célula”, capítulo que se compone de 26 páginas, dentro de las cuales hay dedicadas al tema 2 páginas, al final de la parte teórica del capítulo.

Se titula El origen de las células eucariotas. La teoría de la endosimbiosis en serie. Posee texto explicativo y un esquema.

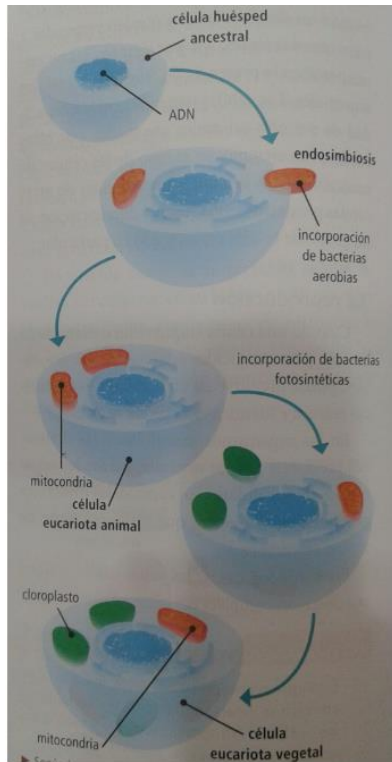
El texto presenta una base muy similar a la edición 2015 de la misma editorial. Comienza haciendo un repaso breve de la composición de las primeras células de las que se tiene registro, surgidas hace al menos 3500 millones de años, las procariotas: son simples, delimitadas por una membrana plasmática, con ADN circular y sin un núcleo definido; e informa la antigüedad de 2000 millones de años de las primeras eucariotas (1500 millones de años después que las procariotas). Se detecta un error: el libro indica 200 millones de años de antigüedad de las células eucariotas, corresponde 2000)

Luego presenta el tema central: la teoría de la endosimbiosis seriada, a su autora y en la década del 1960. Esta plantea que en principio algunas células procariotas de mayor tamaño habrían incorporado por endocitosis, bacterias más pequeñas que eran capaces de transformar los alimentos en presencia de oxígeno para obtener energía. En lugar de digerirlas y alimentarse de ellas, las células más grandes conservaron las células pequeñas capaces de respirar y las transmitieron a las células hijas; así crearon una relación de dependencia mutua, es decir simbiosis, por medio de la cual las dos células obtuvieron beneficios: las células más grandes (eucariotas primitivas) aumentaron su capacidad para obtener energía y realizar nuevas funciones, y proveyeron de alimento a las procariotas más pequeñas. Esto les dio a estas células una ventaja para proliferar y dar origen a las células eucariotas actuales. Algunas de esas células eucariotas primitivas, mediante el mismo mecanismo, habrían incorporado luego células procariotas capaces de realizar fotosíntesis. Las que solo incorporaron bacterias que respiraban oxígeno, originaron a las células de hongos y de animales, mientras que las que además incorporaron bacterias fotosintéticas fueron las precursoras de las células eucariotas de las plantas y las algas.

En la página siguiente se detallan las evidencias a favor de la teoría endosimbiótica, explicando que muchas de las características de los cloroplastos y de las mitocondrias pueden tomarse a favor de la misma, como ser: el tamaño parecido a las bacterias, poseer ADN circular como el procariota, fabricación de proteínas a partir de la información en su ADN y tener ribosomas de tipo procariota; dividirse y generar nuevas organelas de

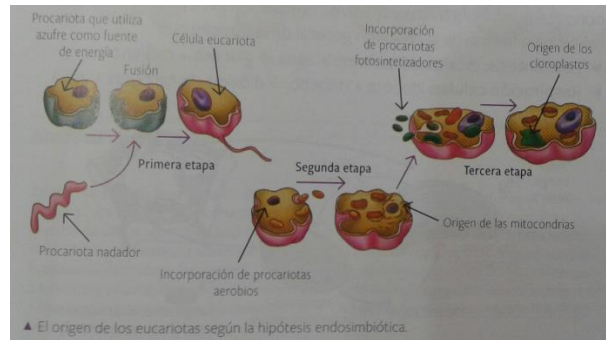
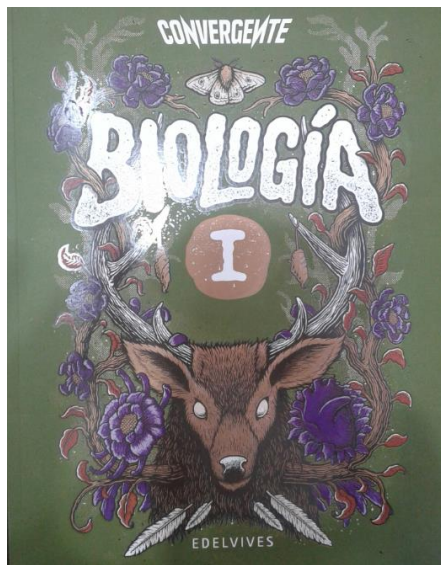
la misma manera que las bacterias, poseer doble membrana (que podría ser el resultado de haber ingresado a la célula dentro de una vesícula).

Finalmente, propone actividades (preguntas) sobre la Teoría, y mitocondrias y cloroplastos.



ACTIVIDADES

1. ¿Cómo se formaron las células eucariotas de animales y hongos según la teoría de la endosimbiosis seriada?, ¿y las de plantas y algas?
2. ¿Por qué, según esta teoría, se originaron primero las células eucariotas animales y, luego, las vegetales?
3. ¿Cómo puede explicarse la presencia de una doble membrana en las mitocondrias y en los cloroplastos?
4. Comenten cómo se relacionan entre sí la teoría de la endosimbiosis seriada y la del plegamiento de la membrana.



La Teoría de la endosimbiosis se aborda en el bloque 1 capítulo 1 denominado “La célula: la unidad de la vida”, capítulo que se compone de 28 páginas, dentro de las cuales hay dedicada al tema 1/2 página, en el tercio final de la parte teórica del capítulo.

Se titula El origen de las células eucariotas. Posee un breve texto explicativo y un esquema. Al costado tiene un pequeño glosario donde describe algunos términos.

Comienza explicando que la hipótesis endosimbiótica es mayormente aceptada en la actualidad y que fue postulada por Lynn Margulis. Explica que el aumento de complejidad se debió a organismos procariontas que se alojaron en otras células y establecieron una relación simbiótica (aquí se hace una referencia al glosario, en donde explica que la relación simbiótica es aquella que se produce entre dos seres vivos que conviven de forma muy estrecha y que pueden depender uno del otro para sobrevivir). La explicación continúa con una muy breve referencia a las tres etapas del proceso, y finalmente el esquema.

Luego de analizar en detalle los ítems mencionados, se observa que la mayoría de los textos que hablan de la Teoría endosimbiótica, lo hacen no sin antes hacer una breve introducción sobre las estructuras y funciones de los cloroplastos y mitocondrias, para luego introducirse en la Teoría, algunos de manera más clara, otros con más rodeos, algunos con más detalle, otros más acotadamente.

De la totalidad de libros escolares del nivel consultados (10), se obtuvieron los siguientes resultados:

- 80 % explica la Teoría endosimbiótica
- 10 % no explica la Teoría; trata la vida profesional de la autora
- 10 % no explica la Teoría.
- 20 %
- 70 % hace referencia a la autora de la Teoría: Lynn Margulis
- 80 % utiliza esquemas para describirla
- 20 % tiene imágenes de cloroplastos o mitocondrias
- 40 % propone actividades
- En promedio, la Teoría endosimbiótica ocupa un 5,58 % del capítulo que la incluye
- La Teoría endosimbiótica se encuentra en casi todos los libros, al final del capítulo.
- La Teoría endosimbiótica se trata en un 80 % de los casos, en el capítulo de célula o estructura celular; y en un 20 % en el capítulo de origen de los seres vivos o la aparición de la vida en la Tierra.

- 50% explica el proceso de forma bien completa
- 30% lo explica de manera muy básica o incompleta
- 60% define o explica el concepto de simbiosis
- 50% diferencia bacterias aerobias como origen de mitocondrias y cianobacterias como origen de cloroplastos
- 60 % explica las pruebas o hechos a favor de la teoría.

Estos resultados demuestran que verdaderamente pocos libros tienen información completa sobre el tema; en el caso de los revisados, sólo 1 de los 10 libros tenía la información completa y bien explicada, esquemas que para este tema son imprescindibles, imágenes alusivas, referencias a la autora y aceptación de la Teoría, actividades, explicación de conceptos y términos, y pruebas a favor de la Teoría. Luego, la mayoría tenían explicación y esquemas, pero en pocos casos actividades, imágenes y/o referencias a la autora de la Teoría.

Como se mencionó anteriormente, la idea de este Trabajo también es proponer recursos para recuperar el tratamiento del tema en las aulas, a pesar de no tener en los libros una apoyatura; por lo que a continuación se hace un análisis didáctico:

Para que un conocimiento se transforme en objeto de enseñanza (Jiménez y Sanmartí, 1997, citado por Bermúdez, 2015) ocurre un fenómeno conocido como transposición didáctica, que puede definirse como adaptación de un objeto de saber para que pueda ser enseñado y aprendido (Chevallard, 1991); proceso en el que intervienen docentes, padres, investigadores,

inspectores, alumnos, organismos, sociedades científicas, ministerios de educación, editoriales, asociaciones docentes, etc.

Uno de los factores que influyen en la transposición didáctica son los criterios de selección del contenido, y en este Trabajo se analiza la selección de contenido realizada por los docentes y las editoriales, nombrados en el párrafo anterior como parte interviniente en el proceso. Desde nuestro lugar de docentes, no tenemos posibilidad de cambiar los libros de texto que, como hemos visto, no profundizan demasiado en el tema *endosimbiosis como origen de cloroplastos y mitocondrias*, incluso en algunos solo está la biografía de Lynn Margulis, y en otros directamente el tema no se trata. Pero sí está dentro de nuestras posibilidades implementar distintos recursos para intensificar el trabajo sobre este tema.

Como señala Camilloni, se puede enseñar de diferentes maneras, enseñar recurriendo a una gran cantidad de estrategias de enseñanza diferentes. Si creyéramos que todas las formas y modalidades de enseñanza tienen el mismo valor, o que son igualmente eficaces para el logro de los propósitos de la educación, entonces la didáctica no sería necesaria. Si creyéramos que la enseñanza debe transmitir los conocimientos disciplinarios con la misma lógica con la que se descubrieron y con la que se organizaron y justificaron en cada campo disciplinario, entonces la didáctica no sería necesaria. Si pensáramos que enseñar es fácil, que el profesor nace o no nace con talento para enseñar y que si lo tiene su intuición le será suficiente para resolver los problemas que se le presenten en su trabajo; si pensáramos que todo está bien en la educación o que es poco lo que se puede hacer para mejorarla,

entonces construir conocimientos didácticos sería una tarea superflua y sin sentido.

Los profesores de ciencias enseñamos a los estudiantes una forma de entender y valorar las ciencias naturales al presentar los contenidos de una determinada manera. Por ejemplo, una enseñanza tradicional (memorística, dogmática y magistral) genera una imagen de ciencia verdadera, incuestionable, críptica y elitista. (Aduriz-Bravo). Pero de poco sirve que los profesores o estudiantes implementemos actividades novedosas y motivadoras para poner en duda el método científico tradicional empirista, si luego abordamos las teorías científicas como grandes tinglados conceptuales de verdades descubiertas, “inertes” en los libros. (Aduriz-Bravo)

Sucedde que, a diferencia de otros contenidos de la biología escolar, la enseñanza de este tipo de teorías no cuenta con actividades o experiencias de observación directa ni de resultados de corto plazo. (Bocalandro, Mateu, 2013).

La aparición de las células eucariotas, durante el lento proceso evolutivo, es algo difícil de elucidar, sobre todo porque no existen actualmente células intermedias entre procariotas y eucariotas, lo que facilitaría el esclarecimiento de este cambio evolutivo. Parece claro que, aunque las mitocondrias y los cloroplastos se derivan de células procariotas, es difícil imaginar la formación de una célula eucariota por la simple unión de dos células procariotas (Junqueira, 2012) desde la simple lógica y comprendiendo bien las cuestiones básicas de las células procariotas y eucariotas; por lo que la dificultad para los alumnos de segundo año para comprender este suceso es

inmensamente mayor, teniendo en cuenta la complejidad general del tema evolución, y con un nivel de conocimiento acerca de la célula apenas básico. Frente a este obstáculo, y sin evidente colaboración de los libros de textos, no queda otra opción que repensar la práctica docente para proponer estrategias de trabajo de este tema.

Según Steiman (2017), la reflexión sobre la práctica se convierte en una reflexión analítica cuando se vuelve metódica, haciendo intervenir herramientas conceptuales y metodológicas, y el trabajo en el aula puede ser visto como una intervención, ya que un segmento de la clase es una secuencia de actividades en la que se identifica una intencionalidad por parte del docente, es decir, el propósito por el cual ha decidido realizar una determinada propuesta con un particular formato didáctico en un preciso momento de la clase, y es también un desafío cognitivo para los alumnos.

En relación a esto último, también son objetivos de las clases de biología que los estudiantes sean personas alfabetizadas científica y técnicamente, que, según Fourez (2005), serán capaces de:

- Utilizar conceptos científicos e integrar valores y saberes para adoptar decisiones responsables en la vida corriente
- Comprender que la sociedad ejerce un control sobre las ciencias y las tecnologías, y asimismo que las ciencias y las tecnologías imprimen su sello a la sociedad
- Conocer los principales conceptos, hipótesis y teorías científicas y ser capaz de aplicarlos

- Apreciar las ciencias y las tecnologías por la estimulación intelectual que suscitan: hay un placer intelectual en hacer frente a un desafío científico o técnico.
- Comprender que la producción de saberes científicos depende a la vez de procesos de investigación y de conceptos teóricos
- Reconocer el origen de la ciencia y comprender que el saber científico es provisorio y sujeto al cambio según el grado de acumulación de los resultados
- Poseer suficiente saber y experiencia como para apreciar el valor de la investigación y del desarrollo tecnológico
- Extraer de su formación científica una visión del mundo más rica e interesante
- Tener una cierta comprensión de la manera en que las ciencias y las tecnologías fueron producidas en la historia.

Continuando con la relevancia de la ciencia escolar, cabe preguntar ¿para quién es relevante, para qué es relevante, y quién decide lo que es relevante en la ciencia escolar? Muchos científicos y profesores de ciencias de todos los niveles educativos consideran que la ciencia escolar adquiere su relevancia cuando sirve a la preparación para los estudios científicos universitarios, cuando cumple con una finalidad. Pero una respuesta alternativa sería la de una enseñanza de las ciencias destinada a promover una ciencia escolar más válida y útil para personas que, como ciudadanos responsables, tendrán que tomar decisiones respecto a cuestiones de la vida real relacionadas con la ciencia y la tecnología. (Acevedo Díaz).

Aprender ciencias significa construir representaciones apropiadas del mundo, pero todo aprendizaje es interferido, a su vez, por los saberes o representaciones previas, que sirven de sistema de explicación eficaz y funcional para los alumnos, por lo que estas representaciones previas funcionan, muchas veces, como obstáculos para el nuevo aprendizaje.

La significatividad de los aprendizajes, para Ausubel, depende del grado de integración del nuevo conocimiento con el previo, ya sea que los nuevos saberes significativos puedan ser erróneos o no; y muchas veces, los aprendizajes escolares demandan mucho más tiempo del que suponemos hasta hacerse significativos en la estructura representacional de los estudiantes. Durante mucho tiempo quedan aislados, como aprendizajes memorísticos encapsulados, no funcionales y, muchas veces, terminan siendo olvidados sin llegar a integrarse, sin lograr modificar el modelo intuitivo (Meinardi). Esto es lo que suele suceder con el tratamiento del gran tema célula: implica muchos términos nuevos, estructuras complejas, funciones desconocidas hasta el momento, diferencias menores entre tipos de células, etc. Un porcentaje importante de los estudiantes lo aprende memorísticamente y lo olvida, por lo que se hace difícil abordar luego la Teoría endosimbiótica con éxito, teniendo en cuenta que la misma propone la formación de organelas eucariotas a partir de células procariotas.

En relación a esto, el epistemólogo francés Gastón Bachelard propuso que el conocimiento científico no es una continuidad del cotidiano, es más, que el conocimiento científico contradice el sentido común; y, por lo tanto, el conocimiento previo funciona como un obstáculo epistemológico; es, por lo tanto, un enemigo a combatir. Pero actualmente se propone que estas ideas

obstáculo, como forman parte del propio pensamiento, antes que una dificultad, son una facilidad que se concede la mente, entonces se define el concepto de objetivo-obstáculo con la idea de que los docentes puedan reconocerlos y tenerlos en cuenta en el momento de planificar sus clases, diseñar las estrategias didácticas adecuadas centradas en la superación del obstáculo, entendiéndolos como los objetivos de la enseñanza, sabiendo que son muy resistentes por su alto grado de significatividad.(Meinardi)

Los tres tipos distintos de obstáculos son: epistemológicos, psicológicos y didácticos.

Habiendo analizado estas cuestiones, se proponen a continuación alternativas para trabajar la Teoría endosimbiótica como origen de cloroplastos y mitocondrias:

- TICs, modelización

Según Perkins, son tres las maneras básicas de promover el aprendizaje. Una de ellas supone que los alumnos aprenden fundamentalmente por imitación, y luego realizando correcciones sucesivas. Es un aprendizaje en el que se prioriza el “saber cómo”. Es posible recibir una explicación acerca de cómo se hace algo, pero solo es posible aprender a realizarlo, haciéndolo. Se aprende más cuando se tiene una oportunidad y una motivación para hacerlo. Cuando se ve a los aprendices como pensadores o como “científicos”, se supone que elaboran modelos en términos de los cuales construyen su experiencia. (Feldman, 2010)

El conocimiento entendido como proceso puede enfocarse pedagógicamente, por ejemplo, haciendo que el alumno realice el mismo

proceso que llevaron a cabo los científicos, los filósofos y pensadores; investigar en laboratorio, en el campo, desarrollar teorías, ensayos (aprendizaje por descubrimiento) (Sanjurjo, Vera, 2003).

Si bien la observación a través del microscopio óptico en el laboratorio escolar es altamente motivadora para los estudiantes, puede reemplazarse mediante la utilización de las excelentes imágenes que ofrecen algunas páginas de internet. Asimismo, para representar procesos largos en el tiempo y distantes en el espacio. (Bocalandro, Mateu, 2013), diversos recursos tales como videos, simulaciones, animaciones, podrán integrarse en el diseño de actividades diversas que favorezcan el aprendizaje de aspectos fundamentales del nivel celular (Bocalandro, Mateu, 2013)

Los docentes son figuras clave en los procesos de incorporación del recurso tecnológico al trabajo pedagógico de la escuela, por lo que es importante tener en cuenta que para ello requieren instancias de formación continua, acompañamiento y materiales de apoyo que permitan asistir y sostener el desafío que esta tarea representa. (Levin, 2011)

- Trabajo en grupo

Trabajar, aprender, investigar, enseñar, conocer en (...) grupos moviliza siempre nuestro interés (Souto, 1993). La justificación de la actividad conjunta se encuentra en la naturaleza inherentemente dinámica y compleja de la ayuda educativa del profesor a los alumnos, y de los alumnos entre sí, en la búsqueda de construcción de significados y atribución de sentido. (Bermúdez et al, 2017). Los alumnos realizan sucesivas aproximaciones al mundo

construyendo modelos mentales de él. Lo hacen en la interacción con otros, mediante el diálogo. Construyen su hipótesis, dialogan, ajustan y negocian su modelo (Feldman, 2010)

- Argumentación científica

Disponemos de interesantes actividades que nos ayudan a reflexionar (y a hacer que nuestros estudiantes reflexionen) sobre la naturaleza inferencial e hipotética del pensamiento científico y sobre la “carga teórica” que tienen las intervenciones de la ciencia sobre el mundo. (Aduriz-Bravo)

Algunas, como la argumentación científica, ponen de relieve mejorar la capacidad interpretativa y de comprensión, interactuar con el conocimiento público validado, conocer cómo es la experiencia de producirlo. Los estudiantes dialogan con el conocimiento consolidado y son capaces de dominar sus conceptos y algunos de sus elementos de producción. (Feldman, 2010)

Recientemente se han destacado las concepciones que consideran al conocimiento como una construcción social, como el producto de un proceso complejo, en el que intervienen factores culturales, sociales, políticos, psicológicos, que rescata la importancia del conocimiento de los hechos, de las articulaciones entre ellos y de los procesos a través de los cuales se producen dichos hechos y se lleva a cabo el conocimiento de los mismos. Esta concepción de conocimiento es solidaria con las teorías constructivistas del aprendizaje. (Feldman, 2010)

El concepto de argumentación científica escolar pretende enseñar a los estudiantes a pensar con modelos teóricos y valorar el lenguaje como medio

de comunicación; pero especialmente como vía para comprender conceptos científicos.

Adúriz Bravo (2008, 2012) asume que la argumentación científica escolar es un pilar de la naturaleza de la ciencia y un modo de apropiación de los modelos con los cuales se da sentido al mundo; la define como un procedimiento cognitivo lingüístico que da lugar a la producción de un texto que explica un modelo teórico por medio de un mecanismo de naturaleza analógica. Reconoce 4 componentes en una argumentación científica escolar:

- Componente retórica: alude a la voluntad de convencer al interlocutor y cambiar el estatus que un conocimiento tiene para él
- Componente pragmática: la argumentación se produce en el contexto al cual se ajusta y adecua y del cual toma sentido
- Componente teórica, que requiere de la existencia de un modelo teórico que sirva de referencia al proceso que se pretende explicar.
- Componente lógica, apoyada en la estructura sintáctica compleja del texto producido.

Basándose en estas componentes, la argumentación científica escolar se podría resumir como la producción de un texto explicativo, que persiga el objetivo de persuadir al receptor de la potencia del contenido de un texto y de la conveniencia de modificar el estatus del conocimiento con que contaba.

Y en relación con la argumentación, Revel Chion y Adúriz Bravo (2012) afirman que es posible que los estudiantes aprendan a argumentar en ciencias por medio de la actividad cognitiva y metacognitiva, pero socialmente compartida.

Sería interesante, como ejemplo, trabajar en forma grupal con argumentación científica escolar, a partir del ensayo de Chávez:

En su ensayo, Chávez (2012) pretende mostrar las principales diferencias epistemológicas y conceptuales de la teoría sintética de la evolución (TSE) y de la teoría de la endosimbiosis seriada (TES), llegando a la conclusión de que muy posiblemente la teoría de la endosimbiosis seriada que explica el origen de la célula eucariota, podría ser una alternativa a la teoría sintética de la evolución, ya que la TES difiere radicalmente en dos de los presupuestos fundamentales de la TSE, como son la evolución de una manera gradualista y la selección natural como principal motor evolutivo. La TES propone que los cambios evolutivos importantes en eventos claves de la evolución biológica, como la aparición de la célula eucariota, se han dado de una manera no gradual y más acorde con un modelo de evolución biológica a saltos. En cuanto a la preponderancia de la selección natural en el proceso evolutivo, la TES propone la simbiosis como una posible causa del origen de nuevas especies.

Según Chávez, entonces, reconocer estos debates conceptuales y epistemológicos es clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la biología en general y de la evolución biológica en particular.

Sería un buen caso para ensayar argumentación científica escolar.

Finalmente, la ventaja de una argumentación científica escolar es que su autor no sólo comprende el tema que está argumentando (en ese último caso las relaciones y diferencias entre la TSE y la TES, y en el caso del Trabajo

final de grado presente, la TES), sino que es capaz de adecuar la explicación a un receptor, produciendo en él un efecto.

Al igual que concluyen Revel Chion y Aduriz Bravo en su artículo “La enseñanza de la argumentación”, creo que los estudiantes pueden aprender contenidos científicos escolares a partir del dominio de la competencia argumentativa y confío en incentivar a los docentes a implementarlos, a mejorarlos, a adaptarlos, para instalar la enseñanza de la argumentación en sus clases.

Conclusión

En conclusión, según lo visto en este Trabajo, los libros de texto escolares, en líneas generales, no presentan un apoyo suficiente para docentes y estudiantes para el estudio completo de la Teoría de la endosimbiosis como origen de mitocondrias y cloroplastos, ya que:

- todos presentan distintos tipos de información al respecto, no hay una uniformidad, como sí la hay en otros temas, donde todos los docentes saben que cualquiera sea el libro, el contenido estará completo,
- en algunos casos esa información no es significativa para el eje evolutivo, como por ejemplo la biografía de Lynn Margulis (que sería muy interesante que complementara el tratamiento del tema, como parte del conocimiento del trabajo científico, pero no más importante que la Teoría en sí)
- en algunos casos directamente no existe información alguna del tema
- en general el tema se presenta como un apartado, un apéndice, una nota curiosa, al final del capítulo.
- muy pocos presentan actividades para continuar trabajando
- no todos poseen esquemas que ayuden a la comprensión
- muy pocos poseen imágenes de referencia
- apenas algo más de la mitad exponen las pruebas a favor de la Teoría, lo cual no debería faltar

La presentación (o no) del tema por parte de los libros de textos escolares es entonces un motivo que tal vez contribuya, junto con los demás obstáculos analizados, a que se recorte de las clases de Biología de segundo año. La falta de apoyo del libro de texto, la falta de propuestas de actividades para

abordar un tema que quizá el mismo docente desconozca parcial o totalmente, y la complejidad de la Teoría para los estudiantes de segundo año, tal vez predispongan a los docentes a pasarlo por alto y continuar con otro tema.

Con el objetivo de que revertir esta situación, considerando la importancia de este tema para trabajar Evolución, y sin olvidar que es un tema que consta expresamente en el Diseño curricular, se propone trabajar en clase con **argumentación científica**, en lo posible en forma grupal o individual, así como también TIC`s, modelizaciones y observaciones en laboratorio.

La práctica de la argumentación científica hará a los estudiantes comprometerse con el verdadero entendimiento de la Teoría de la endosimbiosis, y permitirá que afiancen los conocimientos básicos de célula. El tener que argumentar con el objetivo de “convencer” de lo que están planteando los hará también tener la capacidad de ubicarse en distintos contextos, así como también posicionarse virtualmente en el rol de científicos y despertar tal vez su interés en otras cuestiones relacionadas a la Ciencia. Simultáneamente, estarán ejercitando la producción de textos. Es ideal complementar el proceso con observaciones de muestras en laboratorio, análisis de imágenes, videos, y modelizaciones. Trabajar en grupos les dará la posibilidad de complementarse, de tomar ideas y ejemplos de compañeros, de ver cómo trabaja y analiza cada uno, y enriquecerse de ello. De coevaluarse y autoevaluarse. De adoptar roles. De respetar el espacio, el momento y la opinión del otro, de consensuar. Finalmente, tratar la Teoría de la endosimbiosis desde otro lugar, adquiriendo aptitudes científicas y de estudio, y entendiéndola como parte importante de la Evolución.

Bibliografía:

- A. Balbiano, C. Cambiasso, S. Chauvin, A. Ferrari, P. Otero: Biología 2. Los procesos de cambio en los sistemas biológicos: evolución, reproducción y herencia. Ediciones Santillana. 2015
- A. Balbiano, M. Barderi, M. Godar, E. Godoy, C. Iudica, N. Molinari Leto, P. Otero. Biología 2. Procesos de cambio en los sistemas biológicos: evolución, reproducción y herencia. Ediciones Santillana S.A. 2013
- Acevedo Díaz José Antonio, Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 1, N° 1, pp. 3-16 Andalucía.
- Aduriz-Bravo Agustín. ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. Universidad de Buenos Aires. UNESCO
- Aguilera, Edmundo, Corbacho Veronica, Di Sciulio Alicia, Fortunato María Eugenia, Galotti Lucia. Avanza Biología. La evolución. La célula. La reproducción y la herencia. Kapelusz Editora S.A.2018
- Bermúdez, Gonzalo; Rivero Mariel; Rodríguez Pamela; Sánchez Micaela; De Longhi, Ana (2017). Las clases de Biología II: Una mirada sobre la transposición, el currículum, la comunicación y la evaluación. Revista Facultad de Ciencias Exactas, físicas y naturales, vol. 4, nº 1, Universidad Nacional de Córdoba.

- Bocalandro Noemi. Activados 2. Biología Origen, evolución y continuidad de la vida. Puerto de palos.
- Bocalandro, Noemí; Mateu, Marina. (2013) Biología 2. Serie para la enseñanza en el modelo 1 a 1. Conectar igualdad. Presidencia de la Nación. Buenos Aires. Cap. 5.7 y 5.8
- Camilloni Alicia. Justificación de la didáctica. Capítulo 1.
- Carreras Norma Haydee, Caretti Magdalena, Bekinschtein Pedro. Biología. Origen y evolución de los sistemas biológicos. Función de relación en los seres vivos. Ediciones SM. Buenos Aires. 2011
- Chavez, G. A. (2012). ¿Es la endosimbiosis seriada una alternativa a la Teoría sintética de la evolución? Implicaciones epistemológicas y didácticas (Pag:67-79). Bio-grafía, 5(9),67.79.
<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia67.79>
- Curtis, Barnes, Schnek, Massarini (2007). Biología. 7ma edición en español. Editorial Medica Panamericana. Cap. 4
- Feldman Daniel. Didáctica general. Aportes para el desarrollo curricular. 1º edición. Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires. 2010
- Fourez, Gerard. Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. 1º edición. Colihue. Buenos Aires. 2005
- Folguera G., Gleiser M., Martinez S., Mensch J., Korenko V. Biología 2 ES. Cambios y diversidad en los seres vivos. Nuevo Huellas. Editorial Estrada. 2017

- Gleiser Marcela, Melchiorre Laura, Perlmutter Silvana, Rosenzvit Milena. Biología I. Evolución, reproducción y herencia. Fuera de serie. Editorial Edelvives. 2014
- <https://www.youtube.com/watch?v=TrWUq-jYitM>
- J. Mensch, G. Folguera, M. Gleiser, S.Martinez, V. Korenko: Biología. Cambios y diversidad en los seres vivos. Editorial Estrada S.A. 2015
- Junqueira, Luiz Carlos; Carneiro, José (2012). Biología celular y molecular. 9ª edición. Editorial GK. Traducida al castellano por OM. Cap.1,4,13, glosario.
- Levin, Luciano. (2011) Biología. Serie para la enseñanza en el modelo 1 a 1. Conectar igualdad. Presidencia de la Nación. Buenos Aires.
- Liberman Daniela, Frid Débora, Varas Belén, Adragna Elena, Martín María Eugenia. Biología 2: Origen, evolución y continuidad de los sistemas biológicos. Estación Mandioca de ediciones S.A. 2011
- Meinardi Elsa. Educar en ciencias. Cap. 5: El aprendizaje de los contenidos científicos
- Pizzoni A., Hurrell J., Haut G., Minzi A., Calabrese A., Dvokin J., Olszewicki N., Taveira J., Martínez S., Fortunato M.E. Biología I. Edelvives. Ciudad autónoma de Buenos Aires. 2018
- Revel Chion Andrea, Aduriz Bravo Agustín. La enseñanza de la argumentación: una asignatura pendiente. Revista Quehacer educativo. Febrero 2014.
- Sanjurjo Liliana, Vera María Teresita. Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles medio y superior. 7ma edición. Homo Sapiens Ediciones. Rosario (2003)

- Souto Marta. Hacia una didáctica de lo grupal. Buenos Aires. Miño y Davila, 1993
- Steiman, Jorge (2017) Las prácticas de enseñanza del estudiante del Profesorado en Ciencias de la Educación. Tesis para optar por el Título de Doctor en Educación, capítulo 5.

Mariela A. Ponce