

Presencia de ideas alternativas en el desarrollo embriológico.
Una estrategia educativa para su reconocimiento y modificación.

Por

Carlos Alberto Fustiñana

Director: Dr. Agustín Adúriz-Bravo
Tutor: Magister María Laura Eder

Presentado en cumplimiento de los requisitos para la obtención del
Título de Maestría en Educación para Profesionales de la Salud

Ante el

Instituto Universitario Escuela de Medicina Hospital Italiano de Buenos Aires

Buenos Aires
Agosto de 2013

Resumen

El aprendizaje de la embriología requiere la incorporación de conceptos y modelos que permiten pensar sobre el desarrollo humano; muchas de las etiquetas lingüísticas con que se hace referencia a esos conceptos y modelos se relacionan con concepciones incorporadas desde la infancia con significantes específicos, frecuentemente errados desde el punto de vista disciplinar. Las estrategias de sentido común implementadas por los estudiantes para la adquisición de conocimiento embriológico llevan a menudo a una lectura superficial, o incluso a una no-lectura, de la información involucrada. Nuevas estrategias basadas en el cambio conceptual podrían modificar aquellas primeras estrategias.

Objetivo: Evaluar la modificación de ideas alternativas sobre embriología luego de una intervención educativa en estudiantes que comienzan la carrera de Medicina en el HIBA y que cursan la materia Ciencias Morfológicas.

Población y enfoque: Los sujetos de este estudio fueron estudiantes del curso lectivo del año 2012. En este estudio no utilizamos grupo control. El módulo de Biología del Desarrollo tiene una duración de seis semanas, y su contenido curricular es el proceso de desarrollo humano desde la fertilización hasta la duodécima semana del desarrollo embrionario. Los conceptos considerados erróneos fueron abordados mediante una estrategia de uso de la perspectiva histórica, epistemológica o sociológica, con discusión en pequeños grupos. Para mejorar la comprensión se llevaron a cabo actividades construidas con un enfoque de cambio conceptual; tales actividades se centraron en analizar las ideas metacientíficas asociadas a las concepciones erróneas o alternativas.

Resultados: Ingresaron en el estudio 43 sujetos; 36 cumplieron con los criterios de inclusión. La mediana de edad de la población fue de 19 años. Todos completaron ambos cuestionarios. Para el análisis global se promediaron los puntajes del pretest y del postest y se analizaron las diferencias entre ambos. El promedio de puntaje en el pretest fue $4,30 \pm 2,9$ (sobre base 10); el promedio de puntaje –con ganancia– post-intervención fue

de $5,32 \pm 3,74$ puntos. Este incremento fue significativo ($t = 8,63$, IC 95% 4,07-6,57).

En el análisis exploratorio de los cambios se observó antes de la instrucción una mayor frecuencia de las respuestas en el grupo que llamamos MC (mala comprensión): 59% (224 de 380 puntos posibles); estas fueron incorrectas tanto en el cuestionario Likert como en el de opción múltiple, con explicaciones que fueron pobres, inexactas o sin respuesta. El segundo grupo en frecuencia fue la categoría llamada BC (buena comprensión): 25,2% (96 de 380 puntos posibles). El tercer lugar fue para CEF (concepción errónea funcional), con el 10,8% (41 de 380 puntos) de las respuestas que daban una justificación que implicaba un concepto erróneo desde el punto de vista disciplinar. Por último, 5% de las respuestas correspondió a IC (incompletas), incorrectas pero con una explicación adecuada (19 de 380 posibles).

Las distribuciones de la prueba post-intervención muestran un mayor número de respuestas con BC: 51,8%, seguidas por MC: 36,9%. La tercera y cuarta categorías más frecuentes fueron CEF, con un 6,6% de respuestas, y CI, con 4,7%. Al analizar los cambios en las frecuencias en cada tipo de respuesta se identifica cuáles fueron las que más cambiaron luego de la intervención y cuáles se mantuvieron relativamente estables. Analizados todos los grupos de respuestas mediante la Prueba de Wilcoxon, se observaron diferencias significativas tanto para el grupo de BC, basado en rangos positivos ($p < 0,001$), como para el de MC, basado en rangos negativos ($p < 0,001$); no así para CEF ($p = 0,4$) y CI ($p = 0,54$).

Se reorganizaron las respuestas para realizar un análisis mediante la prueba de McNemar, apropiada para diseños “antes y después”, donde cada individuo es su propio control. Esta prueba consistió en convertir los cuatro grupos (BC, MC, CEF, CI) en dos grupos: el grupo *Mejor*, que se incrementó ($72_{pre} + 125_{post}$) y representa el grupo BC, y el grupo *Otra*, que incluye a los tres restantes ($159_{pre} + 24_{post}$). Se observó una disminución entre los momentos pre-test y post-test; esta diferencia fue significativa ($\chi^2_{(1\ df)} = 27,6$, $p < 0,001$), OR = 3,82, IC 95% (2,2 - 6,6).

El análisis de cada una de las preguntas se hizo agrupándolas según los conceptos clave principales explorados: atavismo, genetismo/creacionismo, clonación, epigenesis y reduccionismo biológico.

Encontramos puntajes de ganancia significativos en las preguntas sobre atavismo y creacionismo; también significativo fue el reconocimiento de que la conservación evolutiva no implica pasaje filogenético.

Conclusiones: Los resultados del presente estudio muestran que el modelo de cambio conceptual puede ser un marco teórico fructífero para el diseño de estrategias de enseñanza en el caso de la embriología; tales resultados tienen, por tanto, implicancias para el diseño de estrategias de enseñanza para asignaturas tales como Biología del Desarrollo y Embriología. Sin embargo, sería deseable que futuras investigaciones compararan las actividades aquí utilizadas con una enseñanza más tradicional de esas asignaturas.

Palabras clave: concepciones erróneas, concepciones alternativas, embriología, educación superior, estudiantes de grado, métodos de enseñanza, cambio conceptual.

1. Introducción

Con frecuencia descubrimos que los estudiantes de medicina no dominan aquello que deberían haber aprendido en su carrera; en gran medida esto sucede y persiste durante la formación universitaria, porque quienes estamos comprometidos con la misma no apreciamos la resistencia que ofrecen las concepciones, los estereotipos y los conceptos infantiles que los estudiantes traen consigo a su aprendizaje (Gardner, 1997), como tampoco la dificultad en remodelarlos y erradicarlos. Asimismo, no percibimos el desafío que implica la conceptualización del conocimiento de un modo diferente y significativo. La investigación cognitiva nos muestra el sorprendente poder y la persistencia de las concepciones del mundo infantil en el adulto; pero, como bien señala Jerome Bruner, ideas folk o convenciones socialmente aceptadas también pueden formarse en la adultez, con persistencia notable.

Según Howard Gardner (1997), un marco apropiado para comprender este fenómeno muestra que el estudiante, para lograr una comprensión disciplinar, debe superar limitaciones epistemológicas; para esto, los docentes deben considerar la necesidad de ocupar los vacíos no cubiertos y tender puentes para la obtención de un conocimiento disciplinalmente válido.

Litwin (2008) ha señalado que, mas allá de la detección y corrección del error, es sustantivo entender su origen, naturaleza y relevancia con el objeto de construir propuestas de enseñanza que contemplen, comprendan, atiendan e intenten favorecer mejores comprensiones. Reconoce la autora que ciertas propuestas de enseñanza pueden inducir a error, tanto por la naturaleza como por la complejidad del contenido.

El aprendizaje de la biología del desarrollo –con su correlato médico, la embriología– requiere la incorporación de conceptos mediante la construcción de definiciones válidas (glosarios) que implican nombres e ideas, de las cuales muchas se relacionan con concepciones incorporadas desde la infancia con significantes específicos, que se construyen con ideas frecuentemente erróneas. Las concepciones ingenuas en torno a la embriología están influidas no solo por los contenidos, sino además por el formato (Fustiñana, 2006) y las fuentes, tales como textos, artículos, Internet, etc. Es así que, en ocasiones, las estrategias implementadas por los estudiantes para la adquisición del

conocimiento médico llevan a lectura superficial o incluso a la no-lectura de la información buscada.

Feltovich y colegas (1989) estudiaron la complejidad conceptual del aprendizaje, mediante el análisis de cuatro categorías que demandan un esfuerzo cognitivo, en contraste con las que denominan “prácticas mundanas de cognición”.

En primer término, reconocen la necesidad de responder a demandas inusuales de memoria de trabajo; esto incluye transitar una serie de etapas (pasos anidados) manejando múltiples variables que deben ser reconciliadas en aspectos multidisciplinarios, como en nuestro caso la modificación del desarrollo embrionario en función de la edad y del crecimiento. La segunda categoría incluye el grado de abstracción necesario para incluir representaciones menos concretas (por ejemplo, ideas como promedio, frecuencia, etc.), así como la coordinación de los referentes reales y su representación simbólica. Por ejemplo, el número “2” y el concepto “dos” son conceptualizaciones bastante simples para el alumno, pero visualizar un embrión mediante microscopía e integrar su volumen tridimensional es mucho más complicado.

El otro aspecto tiene que ver con el uso de experiencias previas o analogías para acercarse al proceso biológico del desarrollo y la necesidad (muchas veces contraintuitiva) de desprenderse de las mismas para comprender los reales mecanismos subyacentes; un ejemplo claro es la teoría filogenética de Von Baer. Por último, lo más complejo es la estructuración conceptual, que es variable en su aplicación, requiere una adecuada adaptación al contexto, reconocimiento de las excepciones y cierta capacidad de lidiar con “zonas grises”. La comprensión por el estudiante, y también por el docente, de la interacción entre conceptos complejos exige comprensión de la reciprocidad entre *familias* de conceptos.

En el mismo sentido, otros autores (Jensen, 1996), preocupados por la presencia de ideas alternativas en evolución y selección natural en los cursos de biología, usaron distintos insumos educativos para intervenir en el problema. Luego realizaron un análisis para crear variables de respuestas correctas o concepciones alternativas con respecto a la evolución. A partir de este punto exploraron la persistencia de las mismas en dos grupos de alumnos: uno con

intervención educativa y otro sin ella. Observaron que, si bien el grupo intervenido mostraba una ganancia de concepciones correctas, no reducía en la misma medida sus concepciones alternativas. Longfield (2009) propone, para reducir la persistencia de dichas concepciones, el uso de “eventos discrepantes”, con resultados inesperados, como método para la construcción de conceptos abstractos. Ella sugiere (siguiendo a Piaget) que el desequilibrio provocado por los eventos discrepantes pone en evidencia las ideas ingenuas y las creencias tácitas que los estudiantes traen consigo. La autora considera que un evento discrepante en ciencia es similar a un evento discrepante en enseñanza: ambos producen un desequilibrio cognitivo y, en el caso de la enseñanza, el evento discrepante es una vía para aclarar las ideas erróneas presentes en distintas disciplinas; este concepto lo desarrollaremos más adelante.

Otras perspectivas teóricas, como la sociológica y la epistemológica, parecerían significativas para fundamentar el modelo del cambio conceptual. Las condiciones requeridas para lograr tal cambio fueron delineadas por Posner (1982, 2002) con un fuerte apoyo en marcos epistemológicos. La primera condición se alcanza cuando los estudiantes comienzan a no estar satisfechos con su actual comprensión de algunos fenómenos del mundo. Los alumnos deben experimentar una suerte de desequilibrio cognitivo, que se evidencia en la imposibilidad de explicar satisfactoriamente algunos aspectos de esos fenómenos. La segunda condición requiere que los alumnos tengan una suficiente comprensión de la nueva información que se aporta. La tercera consiste en lograr que los alumnos sean capaces de evaluar esa nueva información, y la cuarta es conseguir que sean capaces de utilizar esta nueva comprensión de una manera fructífera y provechosa. La evaluación de estrategias educativas dirigidas a modificar preconcepciones llevó a algunos autores (Jensen y Finley, 1996) a buscar un desequilibrio cognitivo mediante el uso de distintas estrategias curriculares, entre ellas el uso de argumentos históricos para la enseñanza de la evolución.

Una forma de mejorar la comprensión en los estudiantes es incrementar la interacción entre ellos y con sus docentes, en combinación con un cambio en la concepción de los materiales curriculares, que deberían ser cuidadosamente diseñados para favorecer el cambio conceptual. La base para sostener estos

abordajes es que, si los estudiantes interactúan entre ellos durante el aprendizaje y esa interacción plantea desafíos a sus creencias previas, es más probable que tales creencias se pongan en evidencia con mayor facilidad y se puedan contrastar y cambiar.

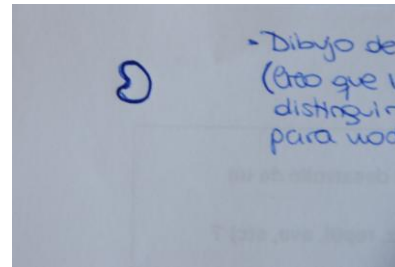
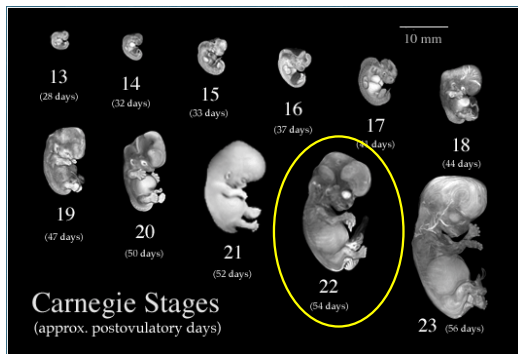
Estudio previo de exploración de concepciones sobre el desarrollo

Durante el Curso Lectivo 2011 nos planteamos un estudio exploratorio de las ideas que traen los alumnos cursantes de Morfología sobre el desarrollo embrionario. Para ello se solicitó a estudiantes voluntarios, que habían aprobado el primer parcial de Ciencias Morfológicas, que dibujaran un embrión de 45 días (un mes y medio) de gestación y luego participaran en reuniones grupales.

Algunos de los resultados de esta actividad se muestran en la Figura 1.b-d. En la misma figura, la imagen a. muestra los estadios embrionarios de Carnegie; en ella se señala con un círculo la apariencia de un embrión de la edad gestacional solicitada. Las otras imágenes permiten ver algunos de los dibujos realizados por los alumnos. En d. se retrata una suerte de niño pequeño y completamente formado (debajo de él se señala el tamaño en el vientre materno); esto no se diferencia demasiado de la concepción del homúnculo del siglo XVI. En la b., mientras tanto, la apariencia es de una habichuela, que remite a ideas infantiles. Sólo la imagen c. se aproxima a la idea de un embrión de esa edad gestacional.

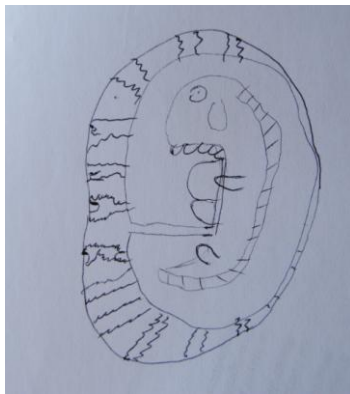
En las reuniones grupales (en grupos de 6 a 8 alumnos) se entabló un diálogo sobre las ideas que ellos traían sobre el desarrollo embrionario, con un cuestionario abierto diseñado por el Investigador principal para explorar las ideas alternativas presentes en el discurso de los alumnos. A través de ese cuestionario observamos que muchos de los estudiantes percibían que la existencia del control genético del proceso embrionario se comporta como una suerte de control férreo e inmodificable por el ambiente, y que, si la modificación ambiental ocurría, las consecuencias eran inevitablemente catastróficas.

Figura 1: Representación gráfica del desarrollo embrionario por alumnos que cursaron el módulo con enseñanza tradicional. Se muestra un esquema del desarrollo solicitado y los dibujos realizados por algunos estudiantes durante nuestro estudio exploratorio.

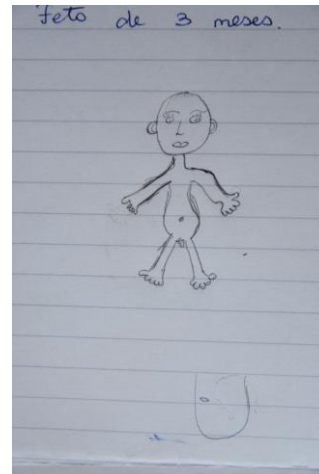


b.

a.



c.



d.

Otra idea frecuente es la del pasaje evolutivo del embrión por la escala zoológica; esta visión, establecida por Von Baer y seguidores, conformó la teoría filogenista en gran parte del siglo XIX y se extendió hasta nuestros días. Los alumnos la replican como parte de su bagaje de conocimientos sin reflexión posterior, en ideas como la de que un chimpancé es un escalón previo al homo sapiens, que fueron expresadas por muchos estudiantes. Observamos también ideas subyacentes de atavismo (retardo mental e inteligencia), sexismo e incluso racismo. Un resumen de las mismas se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de ideas erróneas frecuentes sobre el proceso de desarrollo biológico que son expresadas por los alumnos.

Ideas expresadas por los alumnos	Conceptos explorados
<ul style="list-style-type: none"> • La ontogenia recapitula la filogenia • La detención en etapas filogenéticas es la causa principal de los defectos congénitos • Los genes determinan el curso del desarrollo embrionario • Los defectos congénitos se producen desde la concepción y por presencia genes alterados • Existen genes que determinan la inteligencia y el retardo mental • Identidad génica y fenotípica es la característica más importante de esta técnica • Cada célula requiere un grupo específico de genes para desempeñar su destino de desarrollo • Podemos determinar el inicio de la vida mediante las nuevas tecnologías • La decodificación del genoma explica el desarrollo del embrión 	<ul style="list-style-type: none"> • Atavismo • Genetismo/Creacionismo • Clonación • Epigénesis • Reduccionismo biológico

Con la intención de lograr que los docentes estuvieran en condiciones de explorar las concepciones previas y la persistencia de las mismas a lo largo del curso, se realizó la construcción de las actividades y la confección de instrumentos específicos; se realizó además un análisis de los textos usados

habitualmente por los alumnos, para verificar si existían inconsistencias con los resultados hallados por el estudio exploratorio (julio-septiembre 2011).

Esta exploración nos orientó en la dirección que debía tomar la intervención. Sus resultados están en la base de la construcción de un cuestionario explorando los aspectos más relevantes. A pesar que muchos de estos conceptos se interrelacionan, los dividimos en los siguientes tópicos: *genetismo/creacionismo, atavismo, clonación, reduccionismo biológico y epigénesis*, para intentar responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de una estrategia educativa basada en el marco del cambio conceptual en la persistencia de ideas erróneas en estudiantes de biología del desarrollo?

Objetivo: Evaluar la modificación de ideas alternativas luego de una intervención educativa en alumnos que comienzan (marzo 2012) la carrera de Medicina en el HIBA y que cursan la materia Ciencias Morfológicas.

Materiales y métodos: Estudio observacional de cohorte, prospectivo, analítico, no aleatorio.

Población: Los sujetos de este estudio son los estudiantes que aprobaron el ingreso al Instituto Universitario del Hospital Italiano de Buenos Aires para el curso lectivo del año 2012. Los alumnos cursaron la materia anual Ciencias Morfológicas, que habitualmente incorpora 50 vacantes. El estudio se realizó en toda la población, exceptuando a los recursantes (habitualmente uno o dos sujetos). Los sujetos pasibles del estudio fueron los que completaron la cursada de Biología del Desarrollo; en la misma, habitualmente hay una pérdida por deserción. Los resultados del estudio se limitaron a los alumnos no preparados (no cursaron previamente la materia) y que concurren regularmente a clases. En este estudio no utilizamos grupo control.

Intervención: La intervención se implementó durante la cursada del Módulo Biología del Desarrollo, en el primer año de la Carrera, que tiene una duración de seis semanas. En ese módulo se estudia el proceso de desarrollo humano desde la fertilización hasta la duodécima semana del desarrollo embrionario y se revisan los contenidos mediante clases teóricas y trabajos prácticos de cuatro horas de duración, dos veces por semana. Las clases teóricas se

imparten a todos los sujetos; los trabajos prácticos se realizan en grupos de seis a siete alumnos, con trabajos sobre maquetas o preparados histológicos y casos clínicos. Ocasionalmente puede realizarse lecturas en pequeños grupos.

Los tutores de estas actividades son médicos, biólogos o alumnos avanzados de Medicina que cursan la materia optativa Ayudantía Docente II. En la Tabla 2 se listan los conceptos que consideramos como erróneos durante la actividad exploratoria y su correlato a través de la concepción actual del desarrollo humano. El proceso de intervención fue impartido o supervisado por el investigador principal para comprobar que estas diferencias sean claramente revisadas.

Descripción del proceso de intervención: La intervención educativa se realizó en cinco ocasiones o pasos durante las seis semanas del curso.

En primer lugar, los alumnos fueron introducidos en la **perspectiva histórica** de las concepciones sobre el desarrollo humano, desde Aristóteles hasta el presente, por medio de una exposición, para dar lugar a discutir en grupo las concepciones sexistas y racistas presentes en la historia de la embriología. Los alumnos fueron divididos en grupos para analizar la presencia de los caracteres comunes entre especies en el proceso de desarrollo, interpretada por Von Baer como conservación filogenética, con su noción de atavismo. Se utilizaron como insumo dos instancias que ejemplifican esta teoría: 1. una revisión de la concepción de atavismo (mongolismo) en la explicación de la génesis del Síndrome de Down, mediante la lectura del texto de S. J. Gould (1981) “La retirada de Lombroso”, para discutir la validez de estas ideas, y 2. Un análisis del origen del uso de nombres como sirena, cíclope o labio leporino en la denominación de malformaciones congénitas. El propósito de esta fase fue la enseñanza directa de concepciones erróneas sobre el proceso de desarrollo humano.

La segunda actividad consistió en contrastar la evidencia (enfoque epistemológico) que se opone a estas concepciones. Dado que previamente habían completado su aprendizaje de la unidad Fertilización, se plantearon dos Tareas. Una, a partir del análisis del proceso de la meiosis y la no disyunción cromosómica como etiología de las aneuploidías (no solo la trisomía XXI), y la otra, el estudio de la determinación del eje izquierda-derecha como génesis de

la holoprosencefalia (ciclopía) o del Síndrome de Regresión Caudal (sirena). Para ello debían redactar una nota para ser publicada como información para padres.

La tercera intervención (histórico/epistemológica) buscó promover la comprensión de la interacción entre instrucción genética y medio ambiente. Esta actividad se diseñó para intervenir sobre la idea genetismo/creacionismo (análisis histórico/sociológico). Se comenzó con el análisis de la teoría del homúnculo hasta llegar al concepto de epigénesis (¿el embrión se desarrolla o se desarrolla?). Se culminó con el análisis del Proyecto Genoma Humano y sus implicancias desde la perspectiva del desarrollo embrionario (Lewontin, 2001). La actividad consistió en solicitar al grupo que se divida por sexo; luego, al preguntar cuántos conocen su cariotipo y por qué están convencidos de pertenecer al grupo masculino y femenino, se generó una discusión para confrontar los distintos conceptos y niveles de sexualidad: cromosómica, gonadal, genital, de crianza y de elección.

La cuarta intervención se realizó asociada al trabajo práctico sobre las técnicas de fertilización asistida, clonación e intervención en embriones, para su análisis se emplean los conceptos de reduccionismo y clonación. El objetivo fue reflexionar (análisis epistemológico/sociológico) sobre la relación entre la evidencia científica y las concepciones sobre el inicio de la vida, para intentar visualizar la diferencia entre conocimiento y creencia. Para ello se promovió la discusión en grupos pequeños de un artículo periodístico sobre la controversia entre la destrucción y el uso de embriones congelados para experimentación. Se vio también un trailer de la película “Jurassic Park”, donde se explica la clonación de dinosaurios. La consigna fue discutir el artículo para llegar a un consenso, para luego ser presentado ante todo el grupo. El moderador (investigador principal) les solicitó discutir especialmente el impacto de la creencia en la convicción científica. En esta actividad se les propuso que encontraran tres errores con respecto a la identidad fenotípica y clonación en la explicación dada en el film.

La quinta intervención buscó, a través de dos situaciones clínicas, trabajar sobre el concepto de epigénesis. La discusión se generó desde el concepto de paisaje epigenético (ver Figura 2); a partir del análisis de

situaciones físicas que podrían alterar el destino final de la bolilla/célula de la analogía (análisis epistemológico).

Las intervenciones se llevaron a cabo durante las tres horas del trabajo práctico; el investigador principal supervisó las discusiones, los resultados de las mismas no son parte del estudio ya que los cuestionarios pre-instrucción y post-instrucción son idénticos y se tomaron 24 horas previas al inicio del curso y una semana posterior al primer parcial, para asegurar una mayor comprensión del problema y no ejercer una presión sobre los alumnos.

Descripción del estudio evaluativo: La detección de los cambios se realizó mediante la modificación de un instrumento (Jensen, 1995) usado por otros investigadores para la enseñanza de la evolución, y reelaborado con el grupo de alumnos en el estudio exploratorio. Elegimos, para la construcción del instrumento, los tópicos que consideramos fuente de ideas alternativas sobre el proceso de desarrollo y que se listan en la Tabla 2. El instrumento consta de cinco partes con distinto tipo de preguntas. Las dos primeras exploran los conocimientos previos, en las tres restantes se explora el uso que se hace de la información:

- Siete preguntas con respuesta tipo Likert señalando su acuerdo o desacuerdo con sentencias sobre el desarrollo humano (ver tabla 3) que muestran sus características de las mismas.
- En segundo término, 5 preguntas de respuesta múltiple que contienen solo una respuesta correcta, que reflejan el desarrollo biológico en términos de complejidad creciente y no específico de especie.
- El tercer tipo de pregunta es un componente adicional de las primeras 12 preguntas, que consiste en una justificación o definición en una o dos frases que justifiquen la respuesta elegida.
- El cuarto grupo requiere una explicación de mediante dos eventos separados del desarrollo embriológico (2 preguntas de este tipo: 13 y 14).
- El quinto ítem requiere la definición (preguntas 15 y 16) de los términos “desarrollo”, “ambiente” y “eugenesia”.

Se realizaron dos análisis iniciales de las respuestas. Para el primero, los puntajes de las primeras 12 preguntas exploran los conocimientos previos; las otras sirven para evaluar lo que se denomina puntaje global (uso de la

información). La relación entre las primeras 12 preguntas y las justificaciones es el puntaje conceptual. Por último, se realizó un análisis utilizando los mismos puntajes del análisis global, pero considerando cada ítem (atavismo, clonación, etc.) por separado, para cuantificar la magnitud del cambio en cada aspecto del aprendizaje.

Puntaje de las respuestas Likert y de opción múltiple: Para las preguntas 1 a 7, los estudiantes son requeridos a señalar las respuestas (de 1 a 4) que representen su acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones sobre el desarrollo. Los siguientes criterios serán usados para puntuar las respuestas de cada alumno.

Si la respuesta correcta es “1”

<u>Respuesta</u>	<u>Puntaje</u>
1	3
2	2
3	1
4	0

Si la respuesta correcta es “4”

<u>Respuesta</u>	<u>Puntaje</u>
1	0
2	1
3	2
4	3

Ninguna de las respuestas 2 o 3 será correcta; así, en esencia, cada pregunta Likert es una pregunta “verdadero-falso” con una comprensión válida del desarrollo. Sin embargo las respuestas 2 y 3 muestran una comprensión fragmentaria de los sujetos, que implica concepciones parcialmente erróneas. Las preguntas 8-12 son de opción múltiple, cada respuesta correcta tendrá 1 punto. Estas respuestas, Likert y opción múltiple, se usarán solo como análisis conceptual y no fueron consideradas para el análisis global.

Puntaje de las respuestas de definición, justificación y explicación: Las definiciones, justificaciones y explicaciones escritas por los alumnos fueron calificadas con 0, 1 y 2 puntos. Dos puntos para una respuesta completa y correcta, 1 punto para una respuesta correcta pero incompleta y 0 para una incorrecta. El puntaje se otorgó de acuerdo a la coincidencia con los 5 pasos explicados previamente. Si dentro de una respuesta correcta se observó una concepción errónea, la misma fue interpretada como incorrecta.

Análisis global de la prueba: Las definiciones, justificaciones y explicaciones de los estudiantes se usaron para crear un puntaje global. Las respuestas

Likert y de opción múltiple no se utilizaron, a fin de evitar la mezcla de datos paramétricos y no paramétricos. Cada prueba pre y post se analizó individualmente con la suma de todos los puntos acumulados por las definiciones, justificaciones y explicaciones. El puntaje global se usó para medir el cambio en la comprensión, al medir la diferencia pre- y post-prueba. El puntaje de ganancia para cada individuo se calculó substrayendo el puntaje pre- del puntaje post-prueba.

Análisis exploratorio de los cambios luego de la instrucción: Si bien el análisis global indica o cuantifica la extensión del cambio, no describe la naturaleza del mismo. Lograr una descripción más exacta del cambio requiere un segundo método de análisis de los datos, análisis conceptual. Para ello se correlacionaron las respuestas del cuestionario Likert y de opción múltiple con las justificaciones del pre- y el post-test. Por ejemplo, un alumno puede responder mal a las respuestas de opción múltiple y dar una incorrecta justificación en el pre-test, y en el post-test repetir la respuesta incorrecta en la opción múltiple pero realizar una correcta justificación o viceversa. Es así que podemos categorizar las respuestas de acuerdo al tipo de relación entre respuesta final y justificación final.

- a) **Buena comprensión (BC):** respuesta correcta acompañada de justificación correcta.
- b) **Concepción errónea funcional (CEF):** respuesta inicial correcta acompañada de justificación incorrecta. Aquí es donde residen las ideas erróneas mas profundas, los alumnos responden correctamente pero por razones equívocas. Esta es la situación que con frecuencia pasa sin detectarse porque la mayor parte de las pruebas no exploran este aspecto.
- c) **Comprensión correcta pero incompleta (CI):** respuesta inicial incorrecta seguida con una justificación correcta pero incompleta. Evidencia la posible existencia de una concepción errónea pero por conocimiento simplemente incompleto.
- d) **Mala comprensión (MC):** respuesta inicial incorrecta seguida con una justificación incorrecta. Este tipo indica falta de conocimiento y la presencia de concepción errónea.

Las respuestas tipo Likert y de opción múltiple fueron categorizadas mediante un criterio específico, basados en dos tipos de nota: en la primera etapa (respuesta Likert) de 0 a 4, en la segunda (opción múltiple), con 0 o 1. Estos puntajes se asocian a la segunda categoría (BC, EF, CI, MC) para realizar el análisis conceptual. Una respuesta BC debe tener una respuesta correcta Likert o de opción múltiple asociada a una justificación correcta y completa.

Una vez evaluadas las respuestas pre- y post-prueba asignadas a cada una de las 4 categorías, se trazó el cambio de una categoría a otra luego de la intervención educativa. Por ejemplo, se examinaron los datos, para cuantificar en cada sujeto el número de respuestas que cambiaron de CEF a BC o cualquier tipo de otra categoría.

Análisis de conceptos clave: El tercer tipo de descripción del efecto de la enseñanza sobre los estudiantes es la comprensión de los conceptos biológicos clave. En este análisis se usaron los mismos puntajes del análisis global, pero considerando cada ítem (pregunta) por separado en las categorías biológicas de los pasos del aprendizaje: concepción del desarrollo, filogenia y ontogenia, genetismo/creacionismo, epigenética, determinismo biológico y creencias sobre la manipulación de embriones. Es así que se calcularan los puntajes de ganancia, 0 = incorrecta o sin respuesta, 1 = parcialmente correcta o incompleta, 2 = correcta, por cada pregunta, estimando las diferencias pre- y post-prueba. Hacemos notar que para las preguntas 1-12 se tomaron en cuenta solo las respuestas de justificación, explicación o definición (ver Apéndice), de acuerdo al criterio explicitado previamente, y no las del cuestionario Likert o de opción múltiple.

Análisis estadístico: Se analizaron las variables continuas mediante el test de Student para muestras apareadas; para las proporciones se utilizaron la prueba de Wilcoxon y la de correlación de McNemar. Se hizo esto en todos los casos que se requirió análisis estadístico. La magnitud de los cambios fue determinada por la diferencia entre las respuestas post-test menos pre-test con la siguiente fórmula: $\text{diferencia/preTx100}$. Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra estimando una mejora de 10 puntos sobre un total de 42 con un $\alpha=0,05$ y un poder 0,9 en 30 sujetos.

Estudio de intervención: Se tomó el cuestionario al ingreso de la cohorte 2012 (marzo); luego de ello, se implementó la estrategia educativa durante los dos meses siguientes y se repitió el cuestionario luego de la prueba sumativa (mayo 2012).

Resultados

Ingresaron en el estudio 43 sujetos que aceptaron participar en el estudio, 36 cumplieron con los criterios de inclusión, 2 se excluyeron por ser recursantes y 5 por tener idioma materno distinto del castellano. La mediana de edad de la población fue de 19 años, y 19 de ellos fueron de sexo femenino (51%). Todos completaron ambos cuestionarios. Para determinar la confiabilidad de la prueba se calculó el coeficiente α de Cronbach para el examen estructurado, que fue de 0,6 y se incrementó a 0,8 al explorar el examen estructurado con las justificaciones.

Análisis Global: Para este análisis se promediaron los puntajes del pre-test y el post-test y se analizaron las diferencias entre ambos (ver Tabla 2). Menos de 30% de las preguntas del pre-test fueron contestadas en forma estrictamente correcta. El promedio de puntaje del pre-test fue $4,30 \pm 2,9$ de posibles 16 puntos (26,8%). El conocimiento de las características de control del desarrollo mostró ser limitado entre los ingresantes.

El análisis de Las respuestas post-intervención mostró que el 60,1% fueron consistentes con el conocimiento correcto del proceso de desarrollo. El promedio del puntaje post-test trepó al $9,62 \pm 4,01$ sobre 16 puntos posibles. Se realizó un análisis mediante test de Student para muestras apareadas para comparar los resultados pre- y post-intervención, con un promedio de ganancia de $5,32 \pm 3,74$ puntos. Este incremento fue significativo ($t = 8,63$, IC 95% 4,07-6,57).

Tabla 2: Resultados del pre- y el post-test. Se muestran las medias y desvíos estándar, así como la ganancia luego de la instrucción.

	N	Media	DS	% del total
Pre-test	36	4,30	2,9	26,8
Post-test	36	9,62	4,01	60,11
Ganancia	36	5,32	3,73	34,3

Análisis exploratorio de los cambios luego de la instrucción: La distribución de las respuestas del pre-test y post-test en las cuatro categorías se muestra en la Tabla 3; los porcentajes representan la contribución de las categorías en esos tests y la tercera columna representa la diferencia entre ambos. El porcentaje se calculó como: $\text{Diferencia (Pretest - Posttest)} / \text{Pretest} \times 100$.

Tabla 3: Distribución de las respuestas según las categorías.

Categoría	Pre-test		Pos-test		Diferencia	
	Total	%	Total	%	Total	% cambio
Buena comprensión (BC)	96	25,2	197	51,8	101	105,20
Concepción errónea funcional (CEF)	41	10,8	25	6,6	-16	-39,02
Comprensión correcta/incompleta (CI)	19	5,0	18	4,7	-1	-5,55
Mala comprensión (MC)	224	59,0	140	36,9	-84	-37,50

Se observó antes de la instrucción una mayor frecuencia de las respuestas en el grupo de MC: 59% (224 de 380 puntos posibles); estas fueron incorrectas tanto en el cuestionario Likert como en la opción múltiple, con explicaciones que fueron pobres, inexactas o sin respuesta. El segundo grupo en frecuencia fue la categoría de BC: 25,2%. En este caso, las respuestas eran correctas y asociadas a una explicación correcta (96 de 380 puntos posibles). El tercer lugar fue para CEF, con el 10,8% (41 de 380) de las respuestas que daban una justificación que implicaba un concepto erróneo. Por último, 5% de las respuestas correspondió a IC, incorrectas pero con una explicación adecuada (19 de 380 posibles).

Las distribuciones de la prueba post-intervención muestran un mayor número de respuestas con BC: 51,8 %, (197 de 380 puntos posibles). Siguen las MC: 36,9 % (140 de 380). La tercera categoría más frecuente fue CEF, donde se observó un 6,6% (25 de 380) de respuestas. Un 4,7 % quedaron en la categoría CI (18 de 380).

Los cambios en las frecuencias en cada tipo de respuesta (tabla 4) muestran cuáles fueron las que más cambiaron luego de la intervención y cuáles se mantuvieron relativamente estables. La mayor diferencia observada fue en la categoría BC, el porcentaje del cambio alcanzó un 105,2% (preT = 96, postT = 197, diferencia 101) de mejora en las respuestas. Asimismo disminuyeron la cantidad de respuestas incorrectas MC, de 224 a 140 (disminución del 37,5%). Es importante señalar que las CEF disminuyeron en 39%, así como también hubo disminución en el grupo de CI (5%). Analizados los grupos mediante la Prueba de Wilcoxon, se observaron diferencias significativas tanto para el grupo de BC, basado en rangos positivos ($p < 0,001$), como para el de MC, basado en rangos negativos ($p < 0,001$). No fue así para CEF ($p = 0,4$) y CI ($p = 0,54$).

Se reorganizaron las respuestas para realizar un análisis mediante la prueba de McNemar, apropiada para diseños “antes y después”, donde cada individuo es su propio control. Dicha reorganización consistió en convertir los cuatro grupos (BC, MC, CEF, CI) en dos grupos. El grupo *Mejor*, que se incrementó con la instrucción (72_{pre} + 125_{post}), representa el grupo BC, y el grupo *Otra*, incluye a los tres restantes (159_{pre} + 24_{post}). Se observó una disminución entre los dos momentos pretest y posttest, esta diferencia fue significativa: $\chi^2_{(1\text{ df})} = 27,6$ ($p < 0,001$), OR = 3,82, IC 95% (2,2 - 6,6).

Debemos señalar tres características del análisis conceptual: mejora, permanencia y cambio para peor, estos cambios de categorías se detallan en la Tabla 4. En primer lugar, un número de preguntas no cambiaron con las actividades. En la categoría BC (72/96), 75% de las respuestas iniciales no cambiaron con la intervención; sin embargo, las 24 restantes siguieron correctas pero las explicaciones fueron pobres o incompletas. De las respuestas que implicaban MC (105/224), 46,9% se mantuvieron sin cambios luego de la intervención. La CEF se mantuvo en un 39% de las respuestas, mostrando un efecto positivo y definido sobre el resto de las respuestas.

El cambio hacia BC mejoró 43% desde CEF, 63% desde CI y 42% desde MC, mostrando un efecto de la instrucción. Por último, 10,5% de las respuestas (40 de 380) presentaron cambios hacia una categoría peor y, de estas, el 12,5% (5 de 40) pasaron de BC a CEF.

Tabla 4: Análisis exploratorio.

	Sin cambios		Cambio para Mejor				Cambio para peor	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%		
BC	72	75	CEF a BC	19	43,5	CEF a MC	8	19,5
CEF	7	17	CEF a CI	7	17,1	BC a CEF	5	5,2
CI	7	49	CI a BC	12	63,1	BC a CI	7	7,3
MC	91	41	MC a BC	94	41,9	BC a MC	6	6,25
			MC a CEF	12	5,3	CI a CEF	4	21,0
			MC a CI	3	1,3	CI a MC	10	52,6

Abreviaturas: BC = Buena comprensión, CEF = Comprensión Errónea Funcional, CI = Correcta/incompleta, MC = Mala Comprensión.

Análisis de los conceptos clave: La tabla 5 presenta los resultados del análisis de cada una de las preguntas, que aparecen agrupadas según los conceptos principales explorados: atavismo, genetismo/creacionismo, clonación, epigénesis y reduccionismo biológico. Allí se muestran la media y los desvíos estándar de cada pregunta y se calcula la ganancia entre la prueba pre-intervención y post-intervención; los puntajes negativos indican ganancia.

Encontramos puntajes de ganancia significativos en tres de las preguntas sobre Atavismo/Creacionismo: las preguntas A (-0,29), H (-0,44) y G (-1,08) mostraron un claro efecto de la intervención sobre el concepto de conservación de la información evolutiva mediante el los genes Hox y la ausencia de atavismo en la génesis de algunas malformaciones; en menor medida, pero también significativo, fue el reconocimiento de que la conservación evolutiva no implica pasaje filogenético (15: -0,21). En la pregunta K, si bien se observó una mejoría (-0,18), la misma no fue significativa. Esto muestra dificultades para expresar el pensamiento de la teoría filogenética de Von Baer. La intervención no pareció ejercer efecto sobre los conceptos epigenéticos; las tres preguntas relacionadas con este tema no presentaron diferencias significativas.

Observamos ganancias significativas sobre las concepciones genetistas/creacionistas en las justificaciones y definiciones (E: -1,08, G: -1,08

y J: -1,79). En esas tres preguntas, los estudiantes pudieron diferenciar la información génica del plan de desarrollo de los órganos y tejidos; sin embargo, en la influencia sobre el embrión no observamos una modificación significativa de la comprensión de la interacción con el medio ambiente.

Tabla 5: Análisis de los conceptos embriológicos primarios de cada una de las preguntas. Se muestran los tópicos separadamente con las preguntas numeradas de acuerdo al orden del cuestionario. Se expresan las medias y desvíos estándar de los puntajes antes y después de la intervención.

Tópico	Preg.	Pre-		Post-		Ganancia		t	signif.
		intervención		intervención		x̄	D.S.		
		x̄	D.S.	x̄	D.S.				
Atav.	A	0,15	0,36	0,44	0,50	-0,29	0,62	2,76	0,01
	H	0,29	0,46	0,74	0,45	-0,44	0,61	4,20	0,001
	15	0,61	0,49	0,39	0,49	0,21	0,54	2,23	0,03
	K	0,48	0,51	0,30	0,47	-0,18	0,52	1,98	0,06
Epig.	B	0,59	0,56	0,71	0,46	-0,12	0,68	1,00	NS
	F	0,21	0,41	0,18	0,38	0,03	0,53	0,33	0,74
	13	0,58	0,50	0,57	0,53	0,01	0,25	0,00	NS
Gen.	C	0,50	0,51	0,41	0,50	0,09	0,45	1,13	NS
	I	0,09	0,29	1,65	1,49	-1,55	1,46	6,22	0,001
	16	0,34	0,48	0,33	0,43	0,01	0,50	0,001	NS
	E	0,21	0,41	1,29	1,34	-1,08	0,89	4,67	0,001
	J	0,15	0,36	1,94	1,48	-1,79	1,63	6,28	0,001
Rbio.	D	0,41	0,56	0,24	0,43	0,17	0,46	2,25	0,03
	14	0,64	0,49	0,79	0,41	-0,15	0,56	1,54	NS
	9	0,38	0,49	1,74	1,38	-1,35	0,22	5,93	0,001
Clon.	G	0,50	0,51	1,58	1,37	-1,08	1,44	4,39	0,001

Abreviaturas: Atav. = atavismo; Epig. = epigenética; Gen. = genetismo/creacionismo. RBio = reduccionismo biológico; Clon. = clonación.

Discusión

Este estudio es uno de los primeros que propone una estrategia para modificar las ideas erróneas en embriología desde una perspectiva de intervención, dirigida a contrastar eventos discrepantes. Algunos autores (Child Development, 23/08/2011) señalan que, si bien algunas preguntas son

respondidas en forma inadecuada por los alumnos, se puede considerar que las mismas pueden ser modificadas por la enseñanza habitual, y no proponen estrategias para enfocarlas como un problema específico de la enseñanza.

Otras investigaciones en el área de enseñanza de la biología, y especialmente de la evolución, han buscado reconocer y modificar concepciones alternativas mostrando resultados promisorios (Jensen, 1995). Ellos observaron que la controversia entre las teorías de Darwin y Lamarck es aún fuente de ideas erróneas entre los alumnos de los cursos iniciales de esta disciplina (Bishop, 1990), y han planteado estrategias de intervención y evaluación de las mismas. Estas experiencias fueron de utilidad para la concepción y realización del presente trabajo.

Longfield (2009) describe como “evento discrepante para la enseñanza” la creación de un desequilibrio cognitivo; para buscar un modelo de trabajo para nuestra intervención fueron especialmente útiles las ideas de Shubin (2009). Desde su formación paleontológica, este autor propone una serie de ejercicios para reflexionar sobre ciertas características corporales desde la perspectiva de la anatomía comparada, con ejemplos como “Nuestro tiburón interior”, “Aventuras del plan corporal” o “¿Por qué tenemos hipo?”, donde, a partir de estas preguntas, construye una búsqueda de resolver las discrepancias en base al conocimiento biológico. Con esta mirada construimos algunas de las actividades de la intervención y diseñamos el cuestionario para evaluar la intervención educativa. La solidez de la construcción del cuestionario fue confirmada por el coeficiente de Cronbach, tanto para la prueba estructurada, como para la combinada con las explicaciones.

Como puede verse en el análisis global, las respuestas mejoraron en un 34% en forma significativa; si bien los sujetos respondieron mejor luego de la intervención, el desempeño no fue óptimo. Cuando realizamos el análisis exploratorio, comprobamos que la categoría que más se modificó fue la Buena Comprensión (que aumentó de 96 respuestas correctas a 197), seguida por la disminución en la Concepción Errónea Funcional. El análisis estadístico para modelos antes/después fue significativo, mostrando un incremento (OR 3,82) que expresa un resultado favorable de la intervención, ambos resultados son similares a los hallados por Jensen, Finley (1995) y Wallin, Hagman, Olander (2001).

Sin embargo, no todos los conceptos clave explorados presentaron el mismo comportamiento; algunos conceptos, en especial en lo que hace a la epigénesis, son de difícil comprensión por los alumnos. En este aspecto los conceptos se solapan entre sí, por ejemplo la interacción entre genoma y ambiente es fundamental en el desarrollo embrionario. Las explicaciones se atribuyeron a una sola de las dos categorías por el énfasis de la pregunta, pero ambos conceptos estaban en juego.

Otra de las razones que creemos impide la comprensión de la impronta epigenética en el desarrollo biológico (especialmente cuando lo referimos a nuestra especie), es el peso de nuestra noción de identidad. Los alumnos asumen que su fenotipo es el producto de la expresión genotípica. Esto fue evidenciado en una de las actividades, que comenzaba con una división del grupo de acuerdo a su sexo. Cuando fueron interrogados sobre por qué estaban seguros de su elección, la respuesta mayoritaria fue que su genotipo era XY o XX (algunos solo invocaron su DNI).

La actividad busca que el alumno reconozca la complejidad de la determinación del sexo a través de sus categorías: cromosómico, gonadal, genital, de crianza, y por último de elección. Concibe al desarrollo como la expresión final de factores epigénicos, ambientales, psicológicos, etc. Sin embargo, en cohortes sucesivas la identidad génica se impone al concepto de desarrollo epigenético. La fortaleza de la idea creacionista reside profundamente como idea alternativa, y proyectos como “Genoma Humano” la refuerzan, asociada posiblemente a ideas profundamente arraigadas. Como señala Zizek (2011) refiriéndose a la ópera, “*se nos pide que **no** creamos en lo que vemos, sino en lo que la voz nos dice*”, y en este caso la voz se llama creacionismo/genetismo.

Consideramos, como plantean Adúriz-Bravo (1992) y Eder (2001), que la enseñanza de las ciencias está preocupada en la actualidad por las ideas previas que traen los alumnos y su uso en la resolución de problemas, que planteados desde la lógica interna de las ciencias naturales hacen que desaparezca el sentido educativo reflexionar sobre la temática y el sujeto principal del discurso didáctico: el docente. Es así que muchos trabajos de investigación en el área se mantienen en una visión positivista y no se conectan con concepciones interpretativas o críticas planteadas por las

ciencias sociales. Este punto nos parece crítico para sostener la validez de buscar concepciones alternativas o erróneas en nuestra disciplina.

Si bien en este estudio utilizamos un método cuantitativo para valorar el impacto de la intervención, tanto en la exploración previa como para la evaluación de los conceptos claves implementamos estrategias que exploran la calidad cualitativa de las ideas previas y sus modificaciones. Los dibujos realizados por los alumnos fueron muy sugerentes de sus concepciones; pese a no formar parte del presente análisis, nos mostraron un camino novedoso para explorar desde otra perspectiva el fenómeno de las ideas erróneas. También es posible que estrategias narrativas tengan también su lugar en la investigación de este problema y podrían combinarse con la enseñanza tradicional.

Por estas razones coincidimos con Pozo (1993) en que la perspectiva cognitiva es central en la enseñanza de las ciencias, aunque, como él señala frecuentemente, *“estas tareas se eligen con criterios de conveniencia más que de relevancia (Pág. 191)”*. Por ello consideramos que la reflexión semiótica sobre las ideas previas de los estudiantes debería formar parte de la construcción de las estrategias de enseñanza, con ello se podría tomar en cuenta la estructura y la organización de esas concepciones. Nuestro enfoque exploratorio se orientó a reconocer algunas características semióticas que organizan el discurso de los alumnos encubriendo este tipo de concepciones alternativas.

En el mismo artículo, el autor afirma que *“la creencia firmemente asentada en la estabilidad y la validez de las concepciones alternativas se desvanece cuando varían mínimamente las instrucciones de presentación de la tarea (Pág. 195)”*. Esto nos alentó a elegir un modelo antes/después con una estrategia de evaluación idéntica. Si bien es cierto que la observación del fenómeno modifica el resultado, sobre todo en condiciones experimentales, el autor también reclama extremar el rigor de análisis y atribuir significado a las diferencias observadas. Sabiendo que una estrategia de trabajo que sea eficaz en condiciones experimentales tal vez no sea efectiva en la práctica cotidiana docente, estudios como el nuestro sugieren que considerar la existencia de concepciones alternativas, debe ser empleada por los docentes dentro de las estrategias educativas.

Un problema adicional en biología del desarrollo es que epistemología e ideología están fuertemente unidas con raíces históricas profundas; es así que los alumnos traen con ellos no solo ideas infantiles, sino que además están sostenidas en engramas de pensamiento fuertemente asentados en concepciones religiosas, sociales y políticas, que son más intensas en este campo que en otras ramas de la ciencia. Claros ejemplos de esto son (más allá del impacto de la concepción aristotélica hasta entrado el Renacimiento) el avance de la embriología que se gestó en Alemania en forma impetuosa hasta el advenimiento del nazismo o la condena de las leyes de Mendel en la Unión Soviética en la década del 50/60. Sabemos que la Iglesia Católica acepta la visión del Universo o la existencia de partículas subatómicas y no emite (al menos hoy) opiniones al respecto; sin embargo, fuertemente opina sobre todos los temas reproductivos.

Es este contexto donde el concepto de concepción alternativa entendido como conocimiento intuitivo representa estructuras y procesos que subyacen a esas concepciones y además las hacen posibles. Es así como los alumnos atribuyen propiedades observables (ver Figura 1b y 1c) a etapas que no se condicen con su conocimiento teórico, sin embargo los docentes atribuimos representaciones científicas que el alumno carece o no posee en la medida que suponemos.

Dado que gran parte de las actividades de lectura de textos se realizan fuera del aula donde no podemos verificar el contexto en el cual se produce el aprendizaje, consideramos que es necesario llevar la actividad de aprendizaje curricular a situaciones de donde proceden estas ideas (Anderson, 1996), es así que usamos como insumos educativos otras fuentes de información como periódicos y películas o propuestas de construcción de las mismas mediante la creación de mensajes educativos para pacientes. Este intento de construir un “puente” de transferencia busca que los alumnos consideren los contextos del conocimiento científico fuera de los muros de las Instituciones educativas. Sin embargo, algunos autores como Claxton (1994) señalan las dificultades de dicho emprendimiento en la organización áulica y cuestionan este enfoque. Pese a esta visión pesimista, el autor entiende que el análisis de las controversias tanto de cariz académico como las que tienen implicaciones

sociales es de fundamental importancia para la propia vida cotidiana del alumno y poder distinguir ciencia de lo que no es.

Debemos señalar que 35 de 41 estudiantes aprobaron la evaluación al final del curso, la misma tenía una instancia práctica de reconocimiento de estructuras embriológicas y un examen semiestructurado de conceptos y procesos, con un mínimo de corte de 60 % de respuestas correctas. Esta proporción fue superior al de nuestra exploración de las concepciones alternativas, mostrando en parte el profundo arraigo de esta problemática, a pesar de elaborar estrategias dirigidas a su modificación.

Una debilidad de este estudio es la ausencia de grupo control, en principio por la imposibilidad de tener dos grupos segregados y simultáneos en nuestra institución, en segundo lugar dada la conformación de un currículo integrado con Biología Celular no replicado en otras Instituciones Universitarias fue un impedimento para la estructuración de un estudio colaborativo.

Los resultados del presente estudio muestran que el modelo de cambio conceptual puede ser un marco teórico fructífero para el diseño de estrategias de enseñanza de la Biología del Desarrollo y la Embriología. Asimismo creemos que los hallazgos del mismo son promisorios para el diseño de estrategias de enseñanza de estas disciplinas. Sin embargo sería deseable que futuras investigaciones la compararan con la enseñanza tradicional de estas asignaturas.

7. Conclusiones

- Es posible explorar concepciones alternativas en embriología mediante reuniones focales, como se vio en la elaboración del cuestionario.
- Posiblemente una estrategia gráfica permita explorarlas en forma cualitativa y aporte nuevas ideas en la evaluación del problema.
- Se observó un incremento en la capacidad de los alumnos en elaborar respuestas correctas luego de la intervención.
- El análisis exploratorio mostró una ganancia significativa en la categoría de Buena Comprensión.

- Se observó una disminución significativa de la categoría Concepción Errónea Funcional.
- El análisis de los Conceptos Clave mejoró en todas las categorías excepto en la comprensión de los cambios epigenéticos.
- A pesar de estos logros 40% de los estudiantes no contestaron en forma apropiada.

Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como una disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 1(3), 130-140.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. y Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*. 25(4), 5-11.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Bishop, B. A. y Anderson, C. W. (1990). Student conception of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. 27(5), 415-427. doi: 10.1002/tea.3660270503.
- Bruner, J. (1997). *Educación puerta de la cultura*. Madrid: Visor.
- Claxton, G. (1994). *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Antonio Machado. p.109-21.
- Conceptions and misconceptions about embryonic development (child development). Disponible en: <http://what-when-how.com/child-development/conceptions-and-misconceptions-about-embryonic-development-child-development/>. [Consulta: 23/08/2011].
- Dikmenli, M., Çardak, O. y Öztaş, F. (2009). Conceptual problems in biology-related topics in primary science and technology textbooks in Turkey. *International Journal of Environmental and Science Education*. 4(4), 429-440.
- Eder, M. L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Aproximación epistemológica a las relaciones entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica general. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. 9, 2-16.
- Feltovich, J., Spiro, R. J. y Coulson, R. L. (1989). The nature of conceptual understanding in biomedicine: the deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. En: Evans, D. A. y Patel,

- V. L., eds. *Cognitive science in medicine: biomedical modeling*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Feyerabend, P. (1981). *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos.
 - Fox S  ller, E. (2000). *Lenguaje y vida. Metáforas de la biología en el siglo XX*. Buenos Aires: Manantial.
 - Fustiñana, C. (2006). Barreras en la comunicación y enseñanza de pregrado en un Hospital Universitario. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*. 26(3), 99-102.
 - Gardner, H. (2008). *La mente no escolarizada*. 3^a ed. Buenos Aires: Paidós.
 - Gilbert, S. F. (2005). *Biología del desarrollo*. 7^a ed. Buenos Aires: Panamericana.
 - Gould, S. J. (1981). *La retirada de Lombroso*. En *La falsa medida del hombre*. Barcelona: A. Bosch. p. 130-132.
 - Gould, S. J. (2010). *Ontogenia y filogenia*. Madrid: Crítica.
 - Himitian, E. (2010, diciembre 4). La ciencia contradice a la ciencia, un aporte a la confusión general. *La Nación*, Buenos Aires. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1330712-la-ciencia-contradice-a-la-ciencia-un-aporte-a-la-confusion-general>.
 - Jensen, M. S. y Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*. 33(8), 879-900. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199610)33:8<879::AID-TEA4>3.0.CO;2-T.
 - Jensen, M. S y Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*. 79(2), 147-166.
 - Jordanova, L. (2010). Public history and the public understanding of medicine: the case of embryology. *History Workshop Journal*. 70(1), 217-221. doi: 10.1093/hwj/dbq022.
 - Kuhn, T. S. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
 - Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación*. Madrid: Alianza.

- Lewontin R. (2001). *El sueño del genoma humano y otras ilusiones*. Barcelona: Paidós.
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar: condiciones y contextos*. Buenos Aires: Paidós. p. 170-173.
- Longfield, J. (2009). Discrepant teaching events: using an inquiry stance to address students' misconceptions. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*. 21(2), 266-271.
- Longo, O. (2000). El hijo de la amazona: mito y biología. En su: *El universo de los griegos: actualidad y distancias*. Madrid: Acantilado.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina*. Buenos Aires: Katz. p. 200-213.
- Mahmud, M. C y Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias. *Formación Universitaria*. 3(1), 11-20. doi: 10.4067/S0718-50062010000100003.
- Morton, J. P., Doran, D.A. y MacLaren, D. P. (2008). Common student misconceptions in exercise physiology and biochemistry. *Advances in Physiology Education*. 32(2), 142-146. doi: 10.1152/advan.00095.2007.
- Ozkan, O., Tekkaya, C., Geban, O. (2004). Facilitating conceptual changes in students' understanding of ecological concepts. *Journal of Science Education and Technology*. 13(1), 95-105.
- Popper, K. R. (1983). *Conjeturas y refutaciones*. (1ª ed., 1963). Buenos Aires: Paidós.
- Popper, K. R. (1982). Las dos caras del sentido común. En su: *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista*. 2ª ed. Madrid: Tecnos. p. 80-84.
- Posner, G. J., Strike, K. A.,... Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66(2), 211-227.
- Posner, G. (2002). *Análisis del currículum*. México: McGraw Hill-Interamericana. p. 73-104.
- Pozo, J. I. (1993). Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza, ¿concepciones alternativas? *Infancia y aprendizaje*. 62-63, 187-204.

- Shubin, N. (2009). *Your inner fish. A journey into the 3.5 billion-year history of the human body*. New York: Vintage Books.
- Storey, R. D. (1992). Textbooks errors and misconceptions in biology: cell energetics. *American Biology Teacher*. 54(3),161-166.
- Tastan, I., Dikmenli, M. y Cardak, O. (2008). Effectiveness of the conceptual change texts accompanied by concept maps about students' understanding of the molecules carrying genetical information. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 9(1), article 11. Disponible en:
http://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v9_issue1_files/cardak2.pdf.

[Consulta: 13/09/2012].

- Vasan, N. S., DeFouw, D. O. y Holland, B. K. (2008). Modified use of team-based learning for effective delivery of medical gross anatomy and embryology. *Anatomical Sciences Education*. 1(1), 3-9. doi: 10.1002/ase.5.
- Wallin, A., Hagman, M. y Olander, C. (2000, septiembre 27 - octubre 1). Teaching and learning about biological evolution: conceptual understanding before, during and after teaching. En: García-Rodeja Gayoso, I., Díaz de Bustamante, J., Harms, U., Jiménez Aleixandre, M. P. *Proceedings from III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*, Santiago de Compostela, España. p. 127-139.
- Wallin, A., Hagman, M. y Olander, C. (2001b). Teaching and learning...
- Wolpert, L. (1992). *La naturaleza no natural de la ciencia*. Madrid: Acento.
- Zizek, S. (2011). *La música de Eros. Ópera, mito y sexualidad*. Buenos Aires: Prometeo.

La educacion juega un importante papel en el desarrollo economico y social de los paises, existe una preocupacion cada vez mayor de los organismos internacionales por el reparto de la riqueza, asi como la necesidad de lograr un entorno social que permita lograr que el crecimiento sea sostenido y alcance al mayor porcentaje de poblacion. En este trabajo analizaremos cuales son las politicas de cooperacion en materia educativa que Europa y EEUU llevan a cabo en los paises menos desarrollados, asi como su influencia final en el nivel educativo de la poblacion. La educacion de la poblacion es un factor condicionante del desarrollo economico, tal y como se ha puesto de manifiesto en numerosos trabajos empiricos, de los que realizaremos una breve sintesis en este trabajo.