

Las respuestas de los alumnos del Ciclo de Especialización sobre temas evolutivos, y su relación con las concepciones teleológicas y antropomórficas

Gonzalo M.A. Bermudez¹ y Ana María Jalil²

Departamento de Enseñanza. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. ¹ Autor del trabajo. Estudiante, Profesorado en Ciencias Biológicas. Contacto: gbermudez@com.uncor.edu. ² Directora del trabajo. Profesora Adjunta de la Cátedra Taller de Investigación Educativa.

Resumen

En Ciencias Biológicas se emplean dos peculiares formas de explicación además de la causal: la teleológica y la antropomórfica. La primera considera al resultado de un fenómeno como la explicación misma de su ocurrencia, mientras que la segunda refiere a la manera de asignar formas de razonamiento humano a seres que no lo son. En este estudio se pretendió, por un lado, determinar si las respuestas lamarckianas de los alumnos sobre procesos evolutivos se inscriben en concepciones teleológicas y antropomórficas, y viceversa; y por otro, si el sexo, curso del Ciclo de Especialización y el grado de conocimiento que dicen tener los estudiantes sobre temas evolutivos y fisiológicos se correlaciona con éstas. Se discute sobre la relación existente entre las mismas y las implicaciones didácticas emergentes.

Palabras clave: representaciones, evolución, teleología, antropomorfismo.

Abstract

Two peculiar explanations are used in Biological Sciences besides the causal ones: teleological and anthropomorphic formulations. Teleological explanations considers the result of a phenomenon as the main reason of its occurrence, while the latest takes into account the assignment of human reasoning to entities that are not. The aim of this study was, on the one hand, to determine if the lamarckian responses about evolutionary processes are related to teleological and anthropomorphic conceptions, and viceversa; and on the other hand, if the course, sex and knowledge declared by students about evolutionary and physiological issues correlates with them. It is also discussed this relationship and the didactic emerging consequences.

Key-words: representations, evolution, teleology, anthropomorphism.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que una gran proporción de estudiantes de la escuela secundaria mantiene ideas alternativas referidas a la evolución y a la selección natural que contradicen el modelo darwiniano (Jiménez Aleixandre, 1990, 1991, 2002; Ferrari y Chi, 1998). Es decir, existe una tendencia a que den respuestas primariamente lamarckianas, que son prevalecientes y consistentes con un evento en consecuencia causal, e intencional (Ferrari y Chi, 1998).

Esta concepción lamarckiana parece tener carácter intuitivo por la predisposición que tenemos los humanos a ver las cosas como eventos, y a interpretar los fenómenos en los cuales los agentes, animados o no, actúan como si persiguieran determinados objetivos o metas. Para Prevosti (1997), las ideas lamarckianas se dan sobre todo en personas que carecen o que tienen muy pocos saberes en Biología. Jiménez Aleixandre (1990) manifiesta, en relación con

el estudio antes mencionado, que existe un cierto paralelismo entre las ideas que tienen los alumnos sobre la evolución de las especies y las que sostenían los científicos anteriores a Darwin. En este sentido, Pozo y Carretero (1989) mencionan que las ideas previas presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento de la humanidad. Teniendo en cuenta estas afirmaciones resultaría interesante detectar y analizar los *obstáculos epistemológicos* (Bachelard, 1938) que ofrece la Biología - como disciplina- para su aprendizaje, ahondar en las posibles causas de las preconcepciones de los estudiantes y reflexionar sobre el estatus epistemológico que encierran estas ideas.

Según Prevosti (1997), la dificultad para desprenderse de estos marcos alternativos radica en que no se trata de ideas aisladas sino que se encuentran articuladas en sistemas de concepciones más generales, dentro de los que gozan de cierta coherencia.

¿Cuáles pueden ser entonces estas *concepciones más generales* que se hallan en la base del pensamiento biológico sobre procesos evolutivos? Las explicaciones científicas se fundamentan en relaciones de causa-efecto, mostrando cómo un hecho particular lleva a un resultado también particular. En las ciencias biológicas se utilizan, además, dos peculiares formas de explicación: las teleológicas y las antropomórficas (Friedler et al., 1993). Las primeras consideran al resultado de un fenómeno como la explicación de su ocurrencia; las segundas, refieren a la manera de asignar formas de razonamiento humano a seres que no lo son.

Las explicaciones teleológicas y antropomórficas prevalecen en Biología por diversas razones: la estructura física de los organismos vivientes está usualmente adaptada a su supervivencia; por lo tanto, los organismos vivientes parecen orientarse hacia determinados objetivos; además, las personas tienden a proyectar sus aspiraciones conscientes, metas y objetivos a los fenómenos que perciben del mundo (Zohar y Ginossar, 1998).

Históricamente han surgido fuertes controversias en torno a la conveniencia de utilizar explicaciones teleológicas y antropomórficas en las clases de ciencias experimentales (Zohar y Ginossar, 1998). Algunas manifestaciones a favor de su uso indican que estas formulaciones tienen valor explicativo; es decir, que la argumentación teleológica tiende a hacernos sentir

que *realmente* entendemos el fenómeno en cuestión por estar contado en términos de propósitos, con los cuales estamos familiarizados por nuestra propia experiencia (Zohar y Ginossar, 1998).

Las opiniones en contra sostienen que las explicaciones teleológicas y antropomórficas interferirían con las explicaciones causales que da la ciencia sobre los fenómenos y sobre su alto grado de precisión. En este sentido, López Manjón (1996) reconoce como aspectos negativos: a) el peligro de que los estudiantes identifiquen los *propósitos* con las *causas*, o los *finés* con las *causas*; y b) el riesgo de que las formulaciones teleológicas lleven a una interpretación antropomórfica de los fenómenos biológicos, es decir, a la atribución de rasgos humanos tanto a plantas como a animales, o incluso funciones psicológicas, tales como *pensar, sentir, desear, querer, etc.*

Para Clough y Wood-Robinson (1985) parece probable que el uso de las expresiones teleológicas y antropomórficas que utilizan los alumnos para explicar los procesos evolutivos represente, en algunos casos, sólo dificultades lingüísticas, mientras que en otros puede reflejar auténticas representaciones teleológicas. Estos autores consideran que resulta bastante difícil hablar de los procesos evolutivos sin el uso de expresiones teleológicas; de hecho, los biólogos en los programas de televisión las utilizan todo el tiempo

En el presente trabajo de investigación se pretende: a) demostrar que las respuestas lamarckianas de los alumnos sobre procesos evolutivos se inscriben en concepciones teleológicas y antropomórficas, y viceversa; b) demostrar que tanto el género como el grado de conocimiento que dicen tener los alumnos sobre los temas evolutivos y fisiológicos se correlaciona con las concepciones que sostienen y con el curso del Ciclo de Especialización (CE) en el que se encuentran.

METODOLOGÍA

Instrumento. Se elaboró un cuestionario de tipo cerrado con tres preguntas referidas a temas evolutivos, las dos primeras extraídas y adaptadas de Jiménez Aleixandre (1991), ocho sobre fisiología y comportamiento (sobre plantas y animales) y una general sobre la supuesta finalidad en la naturaleza (Ver Anexo 1). La pregunta siete fue modificada de la formulada

por Richardson (1990) en un estudio similar; y la número diez, de entrevistas realizadas por Zohar y Ginossar (1998). Cada pregunta mostró un casillero para que los encuestados marquen su grado de conocimiento sobre el tema en cuestión según la siguiente graduación: MB (Muy Bueno), B (Bueno), R (Regular) y M (Malo).

Muestra. Los cuestionarios fueron completados por 152 alumnos de cuarto, quinto y sexto año del Ciclo de Especialización (CE) con orientación en Ciencias Naturales (especialidad Salud y Ambiente) de una escuela confesional (privada) y una laica (pública), ambas ubicadas en la ciudad de Cosquín, provincia de Córdoba, Argentina. El estudio se llevó a cabo en el segundo cuatrimestre del año 2003.

Categorización de las respuestas. Las de la pregunta uno se categorizaron como darwiniana (DAR), parcialmente darwiniana (DAR'), lamarckiana (LAM) y parcialmente lamarckiana (LAM') en base a las doce combinaciones posibles de los resultados de las tres sub-preguntas. A los fines de que el diseño fuera balanceado, cada categoría estuvo conformada por tres combinaciones. Para DAR se consideró más importante el *modo* (sub-pregunta A) y la *causa* (C) de la aparición de la adaptación de los piojos al piojicida, ya que el *momento* (B) de ésta pudo haber ocurrido tanto antes, como inmediatamente o después de la exposición, siempre que en A y C se conteste darwinianamente. Para LAM se pensó de mayor relevancia la coherencia entre el *por qué* (sub-pregunta C) y el *cuándo* (B) más que el *cómo* (A), dado que la respuesta a esta última cuestión podría estar mediada por la frecuente utilización en los *mass media* del término ADN, sin que necesariamente eso signifique que se entienda su estructura, función, o relación con los procesos evolutivos. Para las categorías intermedias DAR' y LAM', el criterio de clasificación fue la coherencia entre pares de sub-preguntas; es decir, A-B, A-C, B-C. Resulta entonces que a las categorías DAR y LAM les corresponden las combinaciones “más puras”, aquéllas que muestran las concepciones darwinianas y lamarckianas de una forma clara; mientras que DAR' y LAM' son las que dejan a la luz matices o incongruencias entre el *cómo*, *cuándo* y *por qué* de la adaptación de los piojos a los piojicidas, pero que aún conservan aspectos fundamentales de las teorías analizadas. De este modo, la respuesta de un alumno o alumna que explique el origen de la resistencia de los

piojos por algún cambio en el ADN, surgido antes de que estuvieran expuestos al insecticida, por pura casualidad, se dispone en la categoría DAR. De la misma manera, las respuestas de uno/a que conteste, para los mismos ítems, que el cambio ocurrió solamente en su morfología y fisiología, inmediatamente y como consecuencia de haber sido expuesto al piojicida, se sitúan dentro de LAM.

Las opciones de las preguntas dos y tres se diseñaron como darwinianas (DAR), ambiguas (AMB, con aspectos tanto lamarckianos como darwinianos) y lamarckianas (LAM), mientras que las restantes (cuatro a doce), como causales (CAU), teleológicas (TEL) y antropomórficas (ANT). Para determinar la existencia de patrones de pensamiento entre las preguntas cuatro y once, se tuvo en cuenta la cantidad de respuestas por categoría para clasificar a los alumnos como teleológicos (Tel), antropomórficos (Ant) o causales (Cau) si manifestaron una tendencia clara (cuando un mínimo de 2/3 de sus elecciones correspondió a alguna de éstas y el 1/3 restante se distribuyó entre las otras dos), o según las parcialidades resultantes de la combinación de a pares (causales-antropomórficos: Cau-Ant, causales-teleológicos: Cau-Tel, teleológicos-antropomórficos: Tel-Ant), o de las tres posibilidades (causales-teleológicos-antropomórficos: Cau-Tel-Ant).

Análisis estadísticos. Con los datos se construyó una matriz global con el formato y referencias requeridos para la utilización del programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 10.0, con el que se realizaron tablas de contingencia con la prueba Chi cuadrado (χ^2) y análisis descriptivos de tabla cruzada (crosstabs) que indican diferencias en la combinación de variables categorizadas. Como este estudio contempla atributos tanto nominales (CAU, TEL, ANT; DAR, DAR', LAM, LAM'; varón, mujer), como ordinales (MB, B, R, M; 4°, 5°, 6°), para medir el grado de asociación entre éstas se emplearon los estadísticos V de Cramer y Coeficiente de Contingencia, que adoptan valores más cercanos a la unidad cuanto más significativa resulta esta relación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar si las respuestas lamarckianas de los alumnos sobre procesos evolutivos se inscriben en concepciones teleológicas y antropomórficas, y viceversa, se analizaron primero las respuestas evolutivas y fisiológico-comportamentales para determinar luego el grado de asociación entre ambas. La figura 1 a) muestra que para la primera pregunta se observa un alto porcentaje de respuestas lamarckianas (39.6%) y parcialmente lamarckianas (51.7%); mientras que para la segunda y tercera (figura 1 b), las respuestas darwinianas son las más frecuentes (74.2% y 58.4%, respectivamente), seguidas de las ambiguas (20.5% y 32.9%, respectivamente).

Los resultados de la figura 1 a) son similares a los hallados por Jiménez Aleixandre (1990, 1991; 2002) y Ferrari y Chi (1998), en los que las respuestas lamarckianas siempre fueron las más elegidas por el alumnado, no así los de la figura 1 b), que muestra que la opción darwiniana prevaleció en las preguntas dos y tres. Cabe destacar que la semejanza en las respuestas a estas preguntas puede atribuirse a que ambas refieren al mismo concepto evolutivo, como es la *herencia de los caracteres adquiridos*. Ya que éstos son fácilmente visualizables en el cuestionario (cola de ratones, músculos), los alumnos han respondido mayormente en forma darwiniana. Por otro lado, no se descarta que estos sean ejemplos usuales cuando se enseñan temas evolutivos en clases de Biología, especialmente para tildar de incorrecta a la teoría lamarckiana.

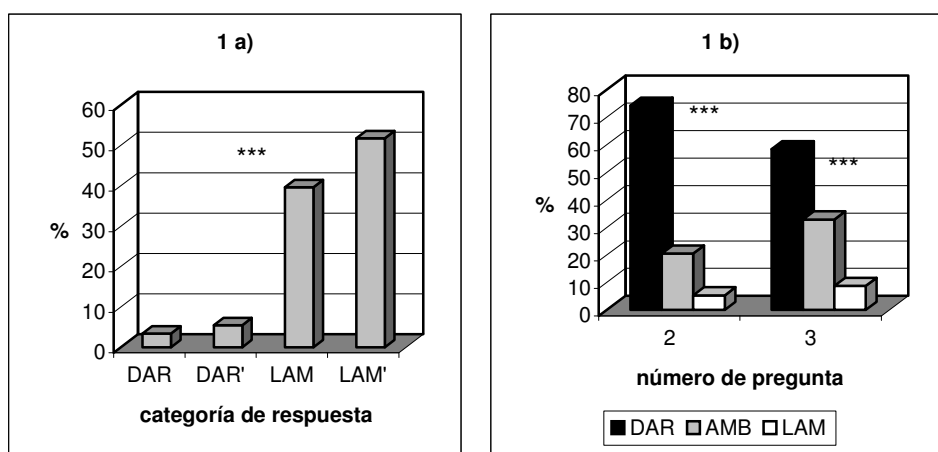


Figura 1. Porcentajes de respuestas a las preguntas evolutivas a) primera ($\chi^2 = 106.007$, N= 149); y b) segunda ($\chi^2 = 118.583$, N= 151) y tercera ($\chi^2 = 55.141$, N= 149); seleccionadas por alumnos del CE. Referencias: DAR = darwiniana; DAR' = parcialmente darwiniana; LAM = lamarckiana; LAM' = parcialmente lamarckiana; AMB = ambigua. *** $p \leq 0.001$

El análisis de tabla cruzada entre las preguntas evolutivas (Tabla 1) arrojó que sólo un 2% de los estudiantes que fueron darwinianos en la pregunta uno y el 3.4% de los parcialmente darwinianos fue también darwiniano en la segunda. También se encontraron resultados similares entre las preguntas uno y tres, con asociaciones significativas (V de Cramer y Coeficiente de Contingencia) en ambos casos. Ello quiere decir que una bajísima proporción de los estudiantes que optó por la “*no herencia de los caracteres adquiridos*” supo responder con coherencia en su postura evolutiva sobre el *cómo*, el *cuándo* y el *por qué* de una supuesta adaptación. La asociación también tiene un nivel de confianza superior al 95% entre las preguntas dos y tres, validando lo mencionado en el párrafo anterior.

Es por ello que consideramos que existiría un tratamiento superficial de los temas evolutivos en las clases de Biología del Ciclo de Especialización en tanto y en cuanto los alumnos adoptan *ideas anti-lamarckianas*, sin llegar a responder en concordancia con las explicaciones básicas (relativas a las causas, al modo y al momento de una adaptación) de la teoría que sostienen.

		Dos			Tres					Tres		
		DAR	AMB	LAM	DAR	AMB	LAM			DAR	AMB	LAM
Uno	DAR	2.0	0	1.4	0.7	0.7	2.1	Dos	DAR	43.2	25.7	4.7
	DAR'	3.4	1.4	0.7	3.4	1.4	0.7		AMB	13.5	6.1	1.4
	LAM	25.7	12.8	1.4	22.6	14.4	2.7		LAM	2.0	1.4	2.0
	LAM'	42.6	6.8	2.0	31.5	17.1	2.7					
χ^2		$\chi^2 = 21.266, p=0.002, N= 148$			$\chi^2 = 19.366, p=0.004, N= 146$			χ^2		$\chi^2 = 10.216, p=0.037, N= 148$		
V de Cramer		0.268**			0.258**			V de Cramer		0.186*		
Coef. Contingencia		0.354**			0.342**			Coef. Contingencia		0.254*		

Tabla 1. Porcentajes de respuestas combinadas entre las preguntas evolutivas de alumnos CE. Referencias: DAR = darwiniana; DAR' = parcialmente darwiniana; LAM = lamarckiana; LAM' = parcialmente lamarckiana; AMB = ambigua. * p≤0.05; ** p≤0.01.

Por otro lado, entre las preguntas sobre fisiología y comportamiento, la Figura 2 muestra que algunas de ellas presentaron una mayoría de respuestas teleológicas [cuatro (71,1%), siete (58.4%), ocho (59.1%) y diez (81.5%)], otras causales [nueve (68.1%), seis (80.0%) y once (64.1%)], o causales y antropomórficas [cinco (46,3% y 46,2%, respectivamente)].

En relación con el tópico sobre el nacimiento al final de un embarazo normal (siete) los resultados coinciden con lo señalado por Richardson (1990) para la misma pregunta, quien encontró que un 61% de los encuestados respondieron de manera teleológica.

Para determinar si existe un *patrón de pensamiento* causal, teleológico o antropomórfico en estas preguntas, y evitar la interpretación individual de cada una de ellas, análisis estadísticos de tabla cruzada entre las preguntas cuatro a doce determinaron la existencia de asociación significativa sólo entre los pares: cuatro – cinco (V de Cramer: 0.259, Coeficiente de Contingencia: 0.344, p=0.001), y seis - once (V de Cramer: 0.283, Coeficiente de Contingencia: 0.372, p=0.000). Los alumnos que fueron teleológicos en la pregunta cuatro fueron principalmente causales y antropomórficos en la cinco (35.6% y 28.9%, respectivamente), mientras que la mayoría de causales (14.1%) respondió de manera antropomórfica significativos ($\chi^2=19.983$, gl= 4, p=0.001, N=149). Por otro parte, la mitad (52.1%) de los que marcaron la opción causal de la pregunta seis hicieron lo mismo en la número once; en tanto, el 20.1% de los estudiantes eligió una formulación teleológica ($\chi^2=23.144$, gl= 4, p=0.000, N=144).

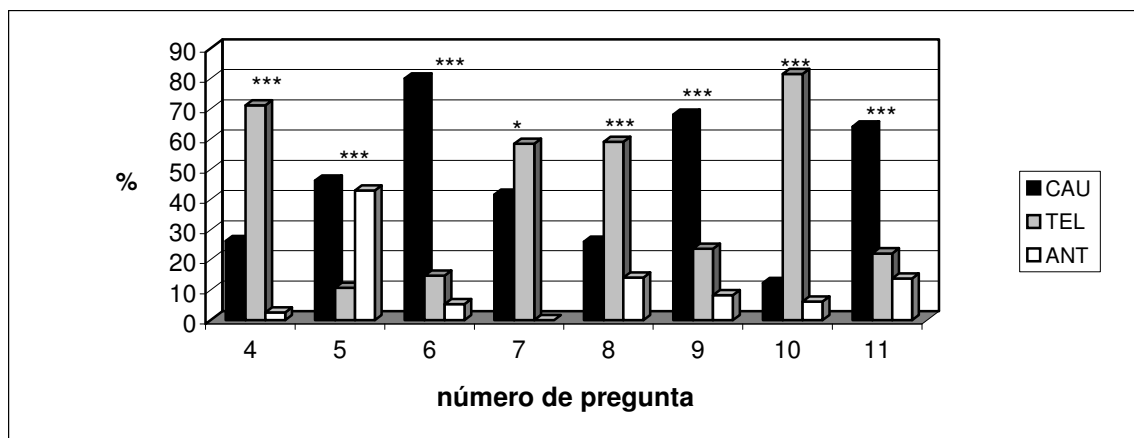


Figura 2. Porcentajes de respuestas a las preguntas sobre fisiología y comportamiento de alumnos del CE. Cuatro: $\chi^2=110.105$, N=151. Cinco: $\chi^2=34.483$, N=149. Seis: $\chi^2=148.960$, N=150. Siete: $\chi^2=4.195$, N=149. Ocho: $\chi^2=48.013$, N=149. Nueve: $\chi^2=83.167$, N=144. Diez: $\chi^2=153.301$, N=146. Once: $\chi^2=153.301$, N=145. Referencias: CAU= causal; TEL= teleológica; ANT = antropomórfica. * p \leq 0.05. *** p \leq 0.001.

Estos resultados muestran que los distintos cuestionamientos fueron respondidos con independencia entre sí (sin siquiera guardar relación con el tema; es decir, ya sea que refieran a plantas o a animales), y con concepciones sobre la naturaleza más generales aún, que escapan a dominios conceptuales de la Fisiología o Etología (pregunta doce). Este hallazgo explica que si no hay una tendencia significativa a que los alumnos elijan sistemáticamente las opciones teleológicas, causales o antropomórficas de cada pregunta del cuestionario, no existiría un *patrón teleológico, antropomórfico o causal de pensamiento*. Esta situación resulta independiente de que en las preguntas cuatro, siete, ocho y diez siempre sean más

elegidas, en el total de alumnos, las afirmaciones que anteponen los *fin*es sobre las *causas*; o las *causas* sobre los *fin*es, como en las preguntas seis, nueve y once. De hecho, el 51% de los alumnos mostró una *tendencia causal y teleológica* en igual medida si se considera el total de sus respuestas (cuatro a once), cuando los patrones puros para estas categorías fueron sólo de 19.2% y 11.3%, respectivamente (Figura 3). Cabe destacar que el 13.9% de los estudiantes eligió tanto opciones causales como antropomórficas y teleológicas.

Estos resultados acuerdan con el estudio cualitativo realizado por Zohar y Ginossar (1998) quienes por medio de entrevistas y tareas de confrontación encontraron que la mayoría de los alumnos (57%) posee un patrón de razonamiento producto de la mixtura de concepciones teleológicas y causales, frente a una minoría que presentó tendencias más homogéneas y consistentes con las primeras (29%) o las segundas (14%).

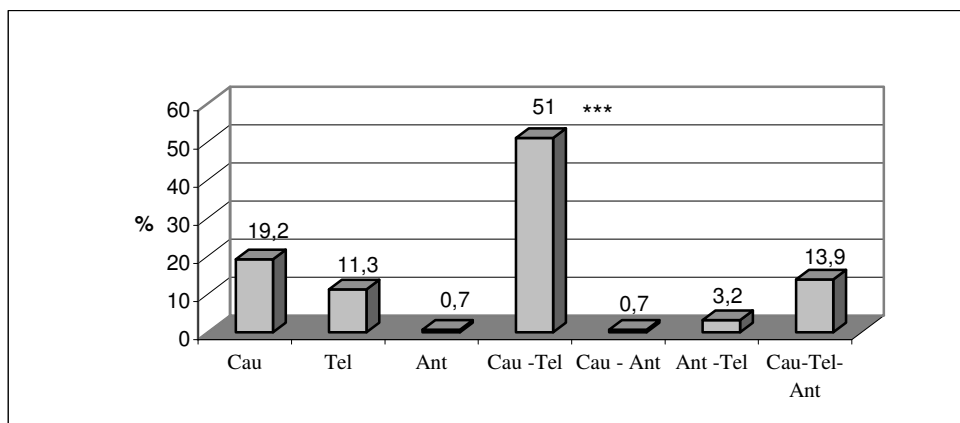


Figura 3. Porcentajes de respuesta según el perfil de respuesta de alumnos del CE a las preguntas cuatro a once. Estadísticas: $\chi^2=197.934$, $gl=6$, $p=0.000$, $N=151$. Referencias: Cau= causales; Tel= teleológicos; Ant= antropomórficos; Cau-Tel= causales-teleológicos; Cau-Ant= causales-antropomórficos; Tel-Ant: teleológicos-antropomórficos= Tel-Ant; causales-teleológicos-antropomórficos= Cau-Tel-Ant.

Para determinar ahora si las respuestas lamarckianas de los estudiantes se inscriben en concepciones teleológicas y antropomórficas, se llevó a cabo un análisis de tabla cruzada entre las respuestas evolutivas y las fisiológico-comportamentales (datos no mostrados). Entre aquellas que tuvieron coeficientes indicadores de asociación significativos ($p \leq 0.05$) se encuentra la pregunta sobre el mecanismo de transpiración en mamíferos (ocho) –casi un 60% de opciones teleológicas elegidas (Figura 2)-. Su distribución de respuestas de está fuertemente asociada con las tres preguntas evolutivas. Es decir, que si tomamos esta pregunta como referencia, existe asociación entre el pensamiento teleológico y las concepciones

lamarckianas y parcialmente lamarckianas en el caso de la pregunta uno ($p=0.028$); y entre el pensamiento darwiniano y el teleológico para las preguntas dos ($p=0.007$) y tres ($p=0.021$). Ya habíamos analizado en la figura 1 b) y en la Tabla 1 que los alumnos invalidan el concepto de herencia de caracteres adquiridos, por lo que los fundamentos más profundos de los cambios evolutivos quedaban contemplados en la primera pregunta. Este resultado apoya la afirmación de que las ideas anti-lamarckianas encontradas en las preguntas dos y tres no necesariamente implican concepciones darwinianas.

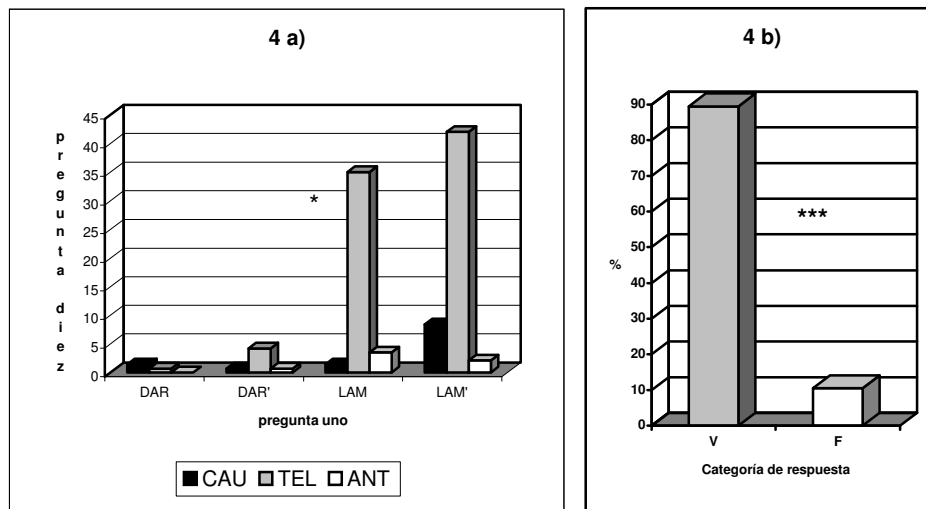


Figura 4. Porcentajes de respuesta para a) la pregunta uno (adaptación de los piojos a un insecticida) cruzada con la diez (mecanismo de cierre de fosas nasales de mamíferos marinos); y la b) doce (sobre la supuesta finalidad en la naturaleza) de alumnos del CE. Referencias y prueba χ^2 : a) ver gráficos y tablas anteriores, $\chi^2=15.050$, $gl=6$, $N=143$. * $p \leq 0.05$; b) V = verdadero, F = falso, $\chi^2=89.294$, $gl=1$, $N=143$. *** $p \leq 0.001$.

Algo similar se halló para la pregunta sobre el mecanismo por el que las plantas se inclinan hacia la luz (diez), en donde existe asociación entre concepciones teleológicas y lamarckianas (pregunta uno, ver figura 4 a) y darwinianas (pregunta dos). En el primer caso, un 35% y un 42% de los estudiantes que respondieron de forma lamarckiana y parcialmente lamarckiana, respectivamente, fueron teleológicos en la pregunta número uno; mientras que sólo el 1.4% y el 0.7% de los darwinianos y parcialmente darwinianos eligió la opción causal de la pregunta diez. La pregunta doce, sobre la supuesta finalidad que rige todo acontecimiento en la naturaleza (Figura 4 b), sólo se asoció con un nivel de confianza del 95% a ideas opuestas a la herencia de los caracteres adquiridos de la pregunta tres, y sólo con ella, a pesar de que por su generalidad podría haber estado relacionada con las concepciones lamarckianas de la pregunta

uno, por ejemplo. Por otro lado, en el caso del pensamiento causal preponderante en la pregunta sobre el principio por el que una semilla latente germina (número once, Figura 2), los coeficientes de asociación indican que existe una relación significativa con las concepciones anti-lamarckianas de la número dos ($p=0.031$). En resumen, entre las preguntas marcadamente teleológicas de la Figura 2 y 4 b), sólo dos de ellas –la ocho y diez- están asociadas con respuestas lamarckianas o parcialmente lamarckianas, por lo que podemos concluir que un razonamiento sesgado por la consideración de los *finés* en aspectos fisiológico-comportamentales no influiría significativamente en las concepciones evolutivas, y viceversa. Del mismo modo, las respuestas darwinianas (sin contar las anti-lamarckianas de las preguntas dos y tres) parecen no estar inscriptas en un pensamiento causal. De hecho, los análisis de tabla cruzada entre los patrones de pensamiento y las preguntas evolutivas resultaron no significativos (patrón-uno: $\chi^2=24.047$, $gl= 18$, $p=0.153$, $N=148$; patrón-dos: $\chi^2=4.375$, $gl= 12$, $p=0.976$, $N=150$; patrón-tres: $\chi^2=6.008$, $gl=12$, $p=0.916$, $N=148$).

Nuestros resultados indican la necesidad de desligar la teleología o antropomorfismo de las ideas lamarckianas como concepciones generales que influyen en las últimas (González Galli y Meinardi, 2005), en donde el pensamiento de los estudiantes sobre los cambios en los caracteres está asociado a las necesidades que manejan el proceso adaptativo (Bishop y Anderson, 1990; Settlage, 1994; Demastes et al., 1996). Es sabido que la literatura tiende a considerar a la teleología como una estructura "general" de pensamiento (Zohar y Ginossar, 1998). Esto se debe a que algunas concepciones, al ser más robustas que otras, son usadas frecuentemente por los estudiantes para entender una amplia variedad de situaciones. Por su parte, Di Sessa (1993) sugiere el término "p-prims" (phenomenological primitives, o *nociones primitivas*) para referirse al razonamiento de aquellas personas que no son expertas en determinados dominios del conocimiento como la Física. Las *p-prims* actúan como esquemas preestablecidos ya que constituyen formas de ver, interpretar y explicar el mundo natural que nos rodea. De esta manera, así como la idea de 'necesidad' es un ejemplo de *noción primitiva* en cuanto al pensamiento evolutivo (Demastes et al., 1996), la teleología sería por lo tanto una

de estas estructuras cognitivas que permiten a los estudiantes (y no sólo a estos) explicar múltiples fenómenos biológicos.

Por otro lado, y para demostrar si el grado de conocimiento que dicen tener los alumnos sobre los temas evolutivos y fisiológicos está asociado con las concepciones que sostienen, se realizó un agrupamiento de las categorías de respuesta ordinales MB, B, R, M por la posibilidad de que las diferencias entre éstas posean escasa importancia educativa. De este modo, se trabajó con dos atributos: conocimiento muy bueno - bueno (MB-B) y regular - malo (R-M), los cuales, incluso, correlacionaron con un mayor número de preguntas (uno a doce, datos no mostrados) que analizados de forma separada.

Entre las preguntas evolutivas, los análisis de tabla cruzada determinaron una asociación significativa entre las categorías de respuesta de la pregunta tres con el grado de conocimiento explicitado ($\chi^2=9.492$, $gl=2$, $p=0.009$, $N=149$), en donde el 36% de los estudiantes que fue darwiniano manifestó un conocimiento MB-B. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre la cantidad de respuestas MB-B y R-M para esta pregunta ($\chi^2=1.940$, $gl=1$, $p=0.164$, $N=149$). Entre las preguntas fisiológico-comportamentales, un 56.1% de las respuestas causales de la pregunta seis se asoció con un conocimiento MB-B (figura 5 a), mientras que fueron las opciones teleológicas de las preguntas ocho y diez (48.4% y 68.6%, respectivamente) las que se relacionaron significativamente con esta categoría (figura 5 b).

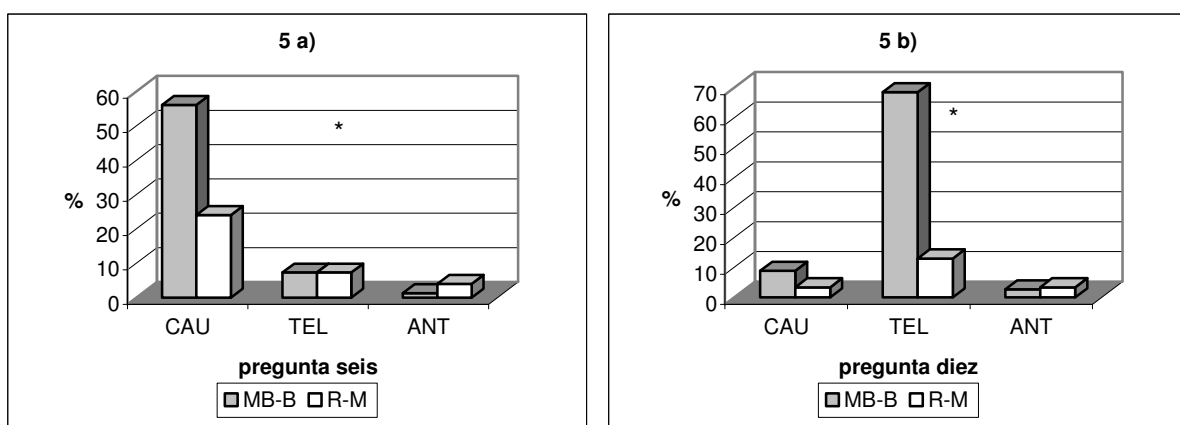


Figura 5. Porcentajes de respuestas a las preguntas a) seis ($\chi^2= 9.074$, $N= 150$); y b) diez ($\chi^2= 9.047$, $N= 146$) según el grado de conocimiento que dicen tener para las mismas, alumnos del CE. Referencias: CAU= causal; TEL= teleológica; ANT = antropomórfica; MB-B= muy bueno-bueno; R-M: regular-malo. * $p\leq 0.05$.

Cabe destacar que en estos casos, la categoría MB-B (72.5% y 80.1% para las preguntas ocho y diez, respectivamente) fue significativamente más frecuente que la R-M (ocho: $\chi^2=30.128$, $gl=1$, $p=0.000$, $N=149$; diez: $\chi^2=53.041$, $gl=1$, $p=0.000$, $N=146$), por lo que creer conocer de bien a muy bien el tema tratado en las mismas está asociado con una respuesta teleológica. Sin embargo, como en el caso de la inexistencia de *patrones de pensamiento teleológico o causal*, no existe una tendencia significativa al considerar las respuestas conjuntamente (datos no mostrados). Por lo tanto, las opciones lamarckianas, darwinianas, sus parcialidades, las teleológicas, causales y antropomórficas han sido elegidas por los alumnos independientemente de lo que creen conocer sobre el tema que tratan, salvo casos particulares (preguntas tres, seis, ocho y diez) que pueden estar relacionados con una comprensión más acabada, equivocada o no, del contenido en cuestión.

En cuanto al género de los estudiantes, y en contraposición a lo que sostienen Watts y Bentley (1994), las mujeres no manifestaron una tendencia significativamente distinta a la de los varones hacia las respuestas antropomórficas y teleológicas considerando el perfil de sus elecciones de las preguntas cuatro a once ($\chi^2= 5.321$, $gl=6$, $p=0.503$, $N= 151$) y el análisis individual de cada una de éstas (datos no mostrados).

Por otro lado, tampoco se encontraron diferencias entre las respuestas de diferentes cursos del Ciclo de Especialización cruzadas tanto por separado (datos no mostrados) como al tener en cuenta los patrones de pensamiento ($\chi^2= 5.817$, $gl= 12$, $p=0.925$, $N= 151$). Con ello, nuestros resultados contradicen lo señalado por Friedler et al. (1993) acerca de una relación lineal entre el estudio de la biología y la posesión de razonamiento causal. Es decir, la profundización que plantea el currículo de cuarto a sexto año no modificaría la distribución de respuestas de los alumnos.

En resumen, nuestros resultados no muestran coincidencia con las afirmaciones de quienes intentan explicar la preponderancia de las ideas lamarckianas con las ‘concepciones más generales’ (Prevosti, 1997) relacionadas con formas de ver al mundo y entender los fenómenos naturales de una manera particular (teleológica). Cabe entonces preguntar ¿cuáles serían los impedimentos para que los estudiantes aprendan significativamente la evolución de

las especies según las ideas de Charles Darwin? Este estudio deja abierta la posibilidad de que sean otras las dificultades epistemológicas ancladas en el pensamiento biológico, quizás más relacionadas con la utilización de heurísticos o reglas simplificadoras en la formación de las concepciones espontáneas (Pozo y Gómez Crespo, 1998), así como en fallas didácticas en cuanto a los modelos (conflicto cognitivo, etc.) empleados por los docentes para estos temas. Antes del *Origen de las Especies* las explicaciones teleológicas eran solamente posibles bajo la asunción de que la adaptación revelada en los organismos vivientes estaba planificada por alguna fuerza suprema. Darwin, considerado el *Newton del mundo orgánico*, explicó los fenómenos teleológicos de la naturaleza en una forma causal (Zohar y Ginossar, 1998), fundándose en la incertidumbre y aleatoriedad (Strickberger, 1993). La selección -de un ser supremo, del hombre, o de la naturaleza- es central para orientar la enseñanza hacia la comprensión de la evolución darwiniana. Como docentes podemos remarcar el papel fundamental que cumple la selección natural, como presión que ejerce el ambiente sobre el genotipo, en la maquinaria evolutiva. En este contexto, la herencia de los caracteres adquiridos ha resultado ser un tópico poco estimado por los alumnos. Sin embargo, para superar ideas lamarckianas más profundas, que escapan al tratamiento específico de este tema, será necesario retomar conceptos clave como la supervivencia del más apto, la eficacia biológica o *fitness*, la variabilidad genética, etc.

Se funda entonces un desafío para los profesores de Biología, tanto para continuar las investigaciones sobre sus propios marcos alternativos y sus estrategias didácticas, como para proponer innovaciones fundamentadas en ellas. Asimismo se señala la posibilidad de plantear con los alumnos el tema de las posibles implicancias de las formulaciones teleológicas y antropomórficas en la comprensión de los fenómenos biológicos. Por otro lado, y dado que las respuestas a temas fisiológicos y comportamentales han sido bastantes diferentes según los temas, se abren lineamientos de trabajo para averiguar cuáles son los posibles obstáculos epistemológicos de las distintas áreas de conocimiento de la Biología (Bermudez, 2005; Paz y Bermudez, 2005; Vaudagna, 2004; Grau y Manuel, 2002; Ayuso y Banet, 2002; Driver et al., 1998).

BIBLIOGRAFÍA

- Ayuso, G.E. y Banet, E. 2002. Alternativas a la enseñanza de la genética en la escuela secundaria, *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 133-157.
- Bachelard, G. 1938. La formación del espíritu científico. Siglo XXI, Buenos Aires.
- Bermudez, G. 2005. La diversidad biológica y los disturbios. Desde el patio de la escuela a los parques nacionales. En: De Longhi, A.L.; Ferreyra, A.; Paz, A.; Bermúdez, G.; Solís, M.; Vaudagna, E.; Cortez, M. 2005. *Estrategias de enseñanza de Ciencias Naturales en el nivel medio*. Ed. Universitas, Córdoba. Pp: 53-84.
- Bishop, B.A. y Anderson, C.W. 1990. Student conceptions of natural selection and its role in evolution., *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 415-427.
- Clough, E. E. and Wood-Robinson, C. 1985. How secondary students interpret instances of biological adaptation, *Journal of Biological Education*, 19, pp. 125-130.
- Demastes, S.S., Good, R.G., Peebles, P. 1996. Patterns of conceptual change, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, pp. 407-431.
- DiSessa, A.A. 1993. Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10, pp. 101-104.
- Driver, R.; Squires, A.; Rushworth, P.; Wood-Robinson, V. 1999. *Dando sentido a la ciencia en secundaria*. Visor, Madrid.
- Ferrari, M. y Chi, M. T. H. 1998. The nature of naive explanations of natural selection, *Journal of Research in Science Education*, 20 (10), pp. 1231-1256.
- Friedler, Y., Zohar, A. y Tamir, P. 1993. The effect of age and of learning on the ability to distinguish between anthropomorphic and teleological explanations, *International Journal of Science Education*, 15 (4), pp. 439-443.
- González Galli, L.M.; Meinardi, E. 2005. Estudio de las concepciones post-instruccionales acerca de la teoría de la evolución en estudiantes, profesores y licenciados en biología. *Memorias VI Jornadas Nac. I Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. ADBIA, Buenos Aires. pp: 164-167.
- Grau, R.; Manuel, J. 2002. Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, IX(32), pp. 56-64.
- Jiménez Aleixandre, M.P. 1990. Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 297-299.
- Jiménez Aleixandre, M.P. 1991. Cambiando las ideas sobre el cambio biológico, *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp.248-256.
- Jiménez Aleixandre, M.P. 1998. Concepciones sobre algunas especies. Animales: ejemplificaciones. Del razonamiento por categorías. Dificultades de aprendizaje asociadas, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 147-157.
- Jiménez Aleixandre, M.P. 2002. Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido el olfato?, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 32, pp. 48-55.
- López Manjón, A. 1996. La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología. En Carretero, M., 1996. *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*. Aique, Buenos Aires.
- Paz, A. y Bermudez, G. 2005. La adaptación de los piojos a los insecticidas: un problema cotidiano para aprender evolución. En: De Longhi, A.L. et al. 2005. *Estrategias de enseñanza de Ciencias Naturales en el nivel medio*. Ed. Universitas, Córdoba. pp: 105-116.
- Pozo, J.I. y Carretero, M. 1989. Las explicaciones causales de expertos y novatos en historia, *La Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 8(3), pp. 48-56.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. 1998. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata, Madrid.
- Prevosti, A. 1997. La adaptación en Biología, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 11, pp. 93-101.
- Richardson, D.R. 1990. A survey of students' notions of body function as teleologic or mechanistic. *Advances in Physiology Education*, pp. S8-10.
- Settlage, J. 1994. Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 449-458.
- Strickberger, M., W. 1993. *Evolución*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Vaudagna, E. 2004. Representaciones del alumnado sobre el VIH/SIDA. Un estudio en la ciudad de Córdoba. *Revista de Educación en Biología*, 7(2), pp. 9-15.
- Watts, M. y Bentley, D. 1994. Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education, *International Journal of Science Education*, 16 (1), pp. 83-97.

- Zohar, A. y Ginossar, S. 1998. Lifting the taboo regarding Teleology and Anthropomorphism in biology education- heretical suggestions, *Science Education*, 82 (6), pp. 679-697.

ANEXO 1 (cuestionario aplicado a los alumnos según especifica la Metodología)

1 – Un 15 % o un 20 % de los escolares sufre ataques de piojos en marzo y septiembre. Las recientes epidemias parecen explicarse porque los piojos se han adaptado a los insecticidas haciéndose resistentes.

A) ¿Cómo se originó la resistencia?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Algún cambio en el ADN de los piojos.
- b) Algún cambio en su morfología y fisiología solamente.

B) ¿En qué momento se originó el/los cambio/s?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Ya existían antes de que los piojos estuvieran expuestos al insecticida.
- b) Aparecieron inmediatamente luego de que se expusieran al insecticida.
- c) Aparecieron en sucesivas generaciones luego de la exposición.

C) ¿Cómo explicás que se haya/n originado este/estos cambio/s en los piojos?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Por pura casualidad.
- b) Porque los piojos se expusieron al insecticida.

2 - Un hombre y una mujer empezaron a hacer pesas en su adolescencia porque eran muy flacos y débiles. Si ahora, con treinta años cada uno y un físico fuerte y musculoso, tienen un hijo: ¿cómo será su contextura?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Independiente de la contextura musculosa adquirida por sus padres.
- b) No será igual a la de sus padres, pero evidentemente será un poco más fuerte que la de un niño normal.
- c) Será fuerte y musculosa como la de sus padres.

3 - A principios del siglo pasado un naturalista realizó un experimento consistente en cortar, durante varias generaciones, la cola a unos ratones y ver cómo aparecía la descendencia. ¿Qué crees que sucedió al cabo de 20 generaciones?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Nacieron todos sin cola.
- b) Nacieron muchos ratones con cola y unos pocos sin cola (la tendencia era a que desapareciera la cola a lo largo de las generaciones).
- c) Nacieron todos con cola.

4 - Un animal toma agua porque...

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Su experiencia le dice que si no bebe agua va a morir de sed.
- b) Se desencadena la necesidad involuntaria de ingesta de agua por algún mecanismo hormonal.
- c) Debe recuperar la cantidad normal de agua dentro de su organismo para evitar la deshidratación.

5 - Una especie animal cualquiera se distribuye en un territorio según:

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) La función que le toque cumplir en el ecosistema (por ejemplo: disminuir el número de animales ponzoñosos).
 - b) Su capacidad para elegir y decidir cuál es el lugar que más le conviene para poder vivir.
 - c) Interacciones entre los individuos como la territorialidad o factores externos como las grandes barreras naturales (montañas, ríos, etc.).
- 5 –
- 6 - Un mamífero hembra (como la cerda, la coneja, etc.) 'da a luz' un número elevado de crías porque...

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Un número también elevado de óvulos ha sido fecundado.
- b) Su experiencia le dice que dada la gran cantidad de alimento y el bajo número de depredadores podrá criar a un número elevado de crías.
- c) Las condiciones del medio (principalmente el alimento y el número de depredadores) son los propicios para criar a un número elevado de crías.

7 - El nacimiento, al final de un embarazo normal de una mujer, ocurre porque...

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) El niño sabe que ya no tendrá más espacio para crecer dentro del útero.
- b) El niño está desarrollado y preparado para dejar el útero.
- c) Los músculos que rodean al útero empiezan a contraerse por efecto hormonal.

8 - ¿Por qué transpiran los mamíferos?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Porque los músculos que rodean las glándulas sudoríparas se contraen y liberan agua.
- b) Porque sienten la necesidad de disminuir su temperatura para desarrollar normalmente sus actividades.
- c) Para mantener la temperatura corporal.

9 - ¿Por qué los mamíferos marinos (delfines, focas, ballenas, etc.) no respiran bajo el agua?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Porque de lo contrario sus pulmones se llenarían de agua y se ahogarían.
- b) Porque existe en ellos un mecanismo reflejo por el cual sus fosas nasales o respiraderos (según corresponda) se cierran bajo el agua.
- c) Porque cierran sus fosas nasales o respiraderos (según corresponda) voluntariamente.

10 - ¿Por qué se inclinan las plantas hacia la luz?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Porque yendo hacia la luz podrán incrementar la fotosíntesis.
- b) Porque hormonas de crecimiento elongan partes distintas del tallo.
- c) Porque su experiencia le dice que podrán producir más alimento.

11 - ¿Por qué germina una semilla que estaba en latencia?

MB	B	R	M
----	---	---	---

- a) Porque el embrión despierta de su reposo para tomar agua del medio y crecer.
- b) Porque al hidratarse lentamente comienza a activarse el metabolismo del embrión.
- c) Porque si no se hidrata el embrión, la planta no crece y no podrá cumplir su función en el ecosistema.

12 - Contesta si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: (encierra en un círculo) V / F

"Evidentemente no existe nada en la naturaleza que no tenga un fin u objetivo. Un hecho cualquiera ocurre para algo, si no ¿por qué habría de ocurrir?"

