

Pruebas para evaluar el entendimiento conceptual en cursos de zoología y botánica

Gladys M. Nazario

Patricia A. Burrowes

Resumen

Se presentan dos pruebas para medir el entendimiento conceptual en dos cursos de Biología: Zoología y Botánica. El proceso de desarrollo, validación y administración de las pruebas se describe con el objetivo de promover la utilización de este tipo de herramientas en la investigación educativa. Además, se discuten los resultados de nuestros estudiantes y el valor de estas pruebas para evaluar iniciativas pedagógicas.

Descriptores: Pruebas conceptuales, Entendimiento conceptual, Zoología, Botánica, Educación en ciencia.

Abstract

We present two test-instruments to measure conceptual understanding in two Biology courses: Zoology and Botany. We describe the process of development, validation, and administration of such tests in order to promote the use of this type of instrument in education research. In addition we discuss the results of our students and the effectiveness of these tests in evaluating pedagogical initiatives.

Keywords: conceptual testing, conceptual understanding, Zoology, Botany, Science Education.

Introducción

En el año 2004, obtuvimos fondos de la Asociación Nacional de Ciencias (NSF por sus siglas en inglés) para rediseñar los cursos de Zoología y Botánica que ofrece el Departamento de Biología de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras. Uno de los propósitos, era mejorar el entendimiento de conceptos básicos de biología entre nuestros estudiantes mediante la integración de conferencia y laboratorio. A esta iniciativa la llamamos "*The Seamless Biology Classroom*" (SBC) ya que rompía las fronteras tradicionales entre la enseñanza de la teoría y la práctica. Los cursos reformados se ofrecían durante tres horas, dos veces en semana y consistían de una combinación coordinada entre conferencia y experiencias de laboratorio. Con el propósito de evaluar la efectividad de esta modalidad de enseñanza (SBC), nos vimos en

la necesidad de desarrollar instrumentos de evaluación que nos permitieran documentar el cambio de los estudiantes en (1) la actitud hacia la biología, (2) el entendimiento conceptual, (3) las destrezas de procesos científicos y (4) el aprovechamiento académico.

El propósito de este trabajo es compartir con la comunidad educativa las pruebas conceptuales que desarrollamos para medir el cambio en el entendimiento de conceptos básicos en la biología de plantas y animales. Además, se discute cómo usar dichas pruebas, cómo analizarlas y la información que se puede derivar de su análisis. El valor de trabajar con el entendimiento conceptual radica en que este tipo de entendimiento le permite al aprendiz organizar su conocimiento previo y representarlo internamente de una manera que se pueda ir moldeando a medida que obtenga nueva información (Halpern, D. F., 1997). Cuando el profesor trabaja sobre las posibles concepciones erróneas de sus estudiantes, puede provocar que el aprendiz reemplace modelos incorrectos con modelos correctos. Este es uno de los valores del análisis de una prueba de índole conceptual, como las que se presentan en este trabajo.

Proceso de desarrollo de las pruebas

El uso de pruebas conceptuales ofrecidas como pre- y post enseñanza para evaluar el progreso del aprendizaje con entendimiento ha sido bien documentado en la literatura de educación en ciencias (Nazario, et al. 2002; Minstrell 1983; y Mistrell y Smith, 1983; Oliver-Hoyo, 2004, 2005; Sundberg, 1997). Sin embargo, la disponibilidad de pruebas conceptuales en temas específicos de biología a nivel universitario y en español, es inexistente. Por lo tanto, nos vimos en la obligación de redactar pruebas para Zoología y Botánica basándonos en los objetivos de aprendizaje de nuestros cursos (Osborne and Gilbert, 1980; Wandersee et al. 1994). Uno de los obstáculos en el desarrollo de pruebas conceptuales, es el hecho de definir qué es un concepto dentro de la disciplina que uno enseña. Según los grupos de trabajo de la Unión Internacional de las Ciencias Biológicas y la Comisión para la Educación en Biología, (IUBS/CBE por su siglas en inglés), un concepto es un constructo de la mente que representa una realidad en tres partes – un nombre, el sentido lógico y el marco de la realidad personal que se le asocia (McWetby, 1994). Un concepto debe tener significado y debe facilitar el aprendizaje al proveer las herramientas para la toma de decisiones (McWetby, 1994). Por lo tanto, en el proceso de desarrollo de nuestras pruebas en Zoología y Botánica, primeramente identificamos los temas más importantes de nuestros cursos. Para cada tema, asociamos los conceptos básicos que estaban lógicamente implicados, y que consideramos esenciales para una comprensión profunda

que motivara el pensamiento de alto nivel. Finalmente, nos dejamos guiar por nuestros objetivos de aprendizaje, para determinar cómo queríamos que el estudiante razonara acerca de estos conceptos; por ejemplo: aplicándolos a situaciones de la vida real, distinguiéndolos de una lista de procesos similares, relacionándolos con otros temas dentro de la misma disciplina, haciendo inferencias acerca de representaciones gráficas, sintetizando información provista para llegar a conclusiones lógicas, etc. (ver Tabla 1).

Cada prueba consta de alrededor de 25–30 ítems de selección múltiple, primordialmente de índole conceptual. También se incluyeron preguntas de hechos o procesos biológicos que permiten construir el conocimiento propio de un curso de segundo y tercer año universitario. Aunque la mayoría de las preguntas son originales, muchas ideas surgieron de bancos de preguntas de libros de textos (Campbell and Reece, 2002; Hickman et al., 2004; Raven et al., 2005). Estas pruebas fueron validadas en varias etapas. Primero, tres científicos revisaron el contenido conceptual, tanto en Botánica como en Zoología. Luego se les presentaron a seis estudiantes graduados que habían trabajado como ayudantes de cátedra en estos cursos y a 15 estudiantes subgraduados que habían tomado los cursos anteriormente. Se consideraron sus comentarios con respecto a la claridad de las preguntas y sus alternativas, su relevancia con la disciplina y el nivel de dificultad. Finalmente, cada prueba se ofreció a 32 estudiantes que participaron de los cursos pilotos del SBC. Después de considerar el índice de confiabilidad de la prueba y las estadísticas *Phi* que discriminan entre los estudiantes de alta y baja habilidad para cada ítem, se redactó el producto final que presentamos en los Apéndices I y II.

Propósito pedagógico de ofrecer estas pruebas

Las pruebas que se ofrecen de forma pre y post se pueden utilizar para medir el cambio en los estudiantes a varios niveles (Burrowes, 2003; Nazario et al. 2002; Oliver-Hoyo y Allen, 2005; Sundberg, 1997). Las pruebas que presentamos en este artículo son de índole conceptual y pueden aportar información valiosa al profesor, incluso a nivel de la pre-prueba solamente. A continuación enumeramos los diversos objetivos de este instrumento.

Determinar el conocimiento previo del estudiante—. Los resultados de la pre-prueba ofrecen una línea base del conocimiento previo que tienen los estudiantes al comienzo de un curso (Fredette y Lockhead, 1980). Dependiendo de los resultados, el profesor puede modificar su currículo y tomar decisiones de los temas y conceptos que debe enfatizar.

Identificar concepciones erróneas—. El análisis de ítems que se obtiene de un centro de cómputos con la corrección de una prueba de selección múltiple, permite saber cuántos estudiantes contestaron erróneamente cada

Tabla 1. Plantilla para el desarrollo de una pregunta conceptual.

| Tema del Curso | Algunos conceptos involucrados | Objetivos de Aprendizaje que van a guiar las preguntas | Ejemplo de pregunta conceptual |
|---------------------------------|---|--|---|
| Reproducción en plantas | -Ciclo de vida de las plantas en comparación con el ciclo de vida de los animales.- Fecundación versus polinización.- Órganos reproductivos masculinos y femeninos.- Estrategias reproductivas.- Estrategias de dispersión. | -Identificar estructuras multicelulares de unicelulares y su rol dentro del ciclo de vida de las plantas.- Reconocer la diferencia entre los órganos reproductivos de las plantas y los animales.- Distinguir entre el proceso de fecundación y polinización en plantas. | Al disectar una flor de amapola podríamos observar a simple vista que dentro del ovario hay _____. a. Pistilos b. Óvulos c. Anteras d. Huevos |
| Reproducción en Animales | -Evolución de estrategias reproductivas: asexual vs sexual.- Diferencia en los órganos reproductivos masculinos versus femeninos.- Importancia del cortejo reproductivo- Desarrollo y nutrición de los embriones. | -Identificar bajo qué condiciones es más o menos favorable el tipo de reproducción.- Distinguir diferencias morfológicas asociadas a los órganos reproductivos de animales según su sexo. - Describir la complejidad del cortejo reproductivo dentro de una perspectiva evolutiva. | Una característica de la reproducción asexual que puede ser desventajosa evolutivamente es que a. requiere de un solo padre. b. no necesita células especializadas. c. la prole son clones del padre. d. no requiere de la búsqueda de pareja. e. es energéticamente barato. |

pregunta, y las alternativas que marcaron. Nazario et al. (2002) describen un método para identificar si una pregunta representa una concepción errónea y determinar su magnitud. Una pregunta representa una concepción errónea cuando la mayoría de los estudiantes que la contestaron incorrectamente, seleccionaron la misma alternativa (Nazario et al. 2002). Al identificar las concepciones erróneas de sus estudiantes en la pre-prueba, el profesor puede hacer esfuerzos para corregirlas durante su curso (Minstrell, 1983).

Medir progreso después de la enseñanza—. Cuando las pruebas se ofrecen el primer día (pre) y el último (post) día de clases, la comparación de los resultados de cada estudiante son una evidencia concreta del aprendizaje logrado en el curso.

Reconocer concepciones erróneas que persisten—. Comparación de las concepciones erróneas de la pre-prueba con las de las post-prueba proveen información de las concepciones erróneas que el profesor no logró corregir durante su curso. (Nazario, et al. 2002).

Rediseñar cursos futuros—. Con la información obtenida de la post-prueba y la identificación de las concepciones erróneas persistentes, el profesor puede re-diseñar el curso para futuros semestres de tal forma que atienda mejor las necesidades de los estudiantes (Minstrell and Smith, 1983). Además, provee la oportunidad de discutir estos resultados con profesores de cursos avanzados para que el currículo dentro de una institución tenga continuidad.

Evaluar la efectividad de una innovación en la enseñanza—. La comparación entre los resultados de los estudiantes en la pre y en la post prueba indica el aprendizaje logrado durante un curso, pero no se trata de una medida de cuán efectivo ha sido el profesor o las estrategias de enseñanza. Para determinar esto, es necesario comparar la amplitud del cambio entre dos grupos de estudiantes. Es decir, un grupo control, y otro grupo experimental que haya sido expuesto a una variable pedagógica: un profesor, una estrategia de enseñanza, un currículo nuevo, una serie de materiales didácticos, etc. (Burrowes, 2003; Oliver-Hoyo y Allen, 2004).

Análisis de las pruebas

El proceso de validación de las pruebas consistió en una lectura crítica por expertos en Botánica y en Zoología, estudiantes graduados que habían trabajado como ayudantes de cátedra en estos cursos y 15 estudiantes subgraduados que habían tomado los cursos anteriormente. Una vez se incorporaron sus sugerencias, las pruebas se ofrecieron a los 32 estudiantes que participaron de los cursos pilotos del SBC. El análisis de ítemes reflejó que los índices de consistencia interna de la prueba de Zoología y Botánica

fueron 0.78 y 0.86, respectivamente. Los coeficientes *Phi* resultaron ser estadísticamente significativos a un nivel alpha de 0.05. Esto sugiere que los ítemes discriminaban bien entre los estudiantes de alta y baja habilidad.

Dentro de la perspectiva de nuestro trabajo, nos interesaba evaluar si la estrategia del SBC promovía el entendimiento conceptual entre los estudiantes. Por lo tanto, comparamos la diferencia en el cambio logrado entre estudiantes de un grupo tradicional (control) de Zoología y Botánica, versus los del SBC. Tanto en Botánica como en Zoología se vio una diferencia significativa en los promedios obtenidos entre la pre y la post prueba indicando que en todos los cursos mejoró el entendimiento conceptual después de un semestre de enseñanza. Sin embargo, la diferencia entre los promedios de los cursos experimentales fue mayor (Tabla 2). Además, una comparación entre los resultados de la post prueba entre el grupo control y el grupo experimental demostró que los estudiantes expuestos al SBC obtuvieron un promedio significativamente mayor (Experimental vs. Control: Zoología, $T=2.09$, $P=0.020$; Botánica, $T=1.97$, $P=0.027$). Estos datos sugieren que la integración de laboratorio y conferencia en cursos de biología, son estrategias didácticas que ayudan a promover el entendimiento conceptual.

Tabla 2. Estadísticas relacionadas al análisis del cambio entre los promedios de los estudiantes entre la pre y la post pruebas conceptuales ofrecidas en los cursos experimentales (SBC) versus controles (tradicional). La hipótesis nula es $H_0 = \text{control} = \text{experimental}$.

| Curso | Estrategia | Estadístico | Diferencia entre los promedios entre la pre y la post |
|----------|--------------|------------------|---|
| Zoología | Control | $T=26.55^{***}$ | 11.71 |
| | Experimental | $T=21.39^{***}$ | 14.22 |
| Botánica | Control | $T=22.093^{***}$ | 7.11 |
| | Experimental | $T=21.38^{***}$ | 10.94 |

*** representa una probabilidad $d > 0.001$.

Conclusión

Las pruebas conceptuales que presentamos a continuación (Apéndice I y II) representan una contribución valiosa en la campo de la enseñanza de la biología ya que (1) no hay otras disponibles, y (2) han sido validadas en un ambiente académico de excelencia. En un momento en que la pedagogía

universitaria está estimulando la investigación en acción, estas pruebas sirven como un punto de partida para que surjan otras mejores o se modifiquen para diversos niveles de la enseñanza, o ambas.

Apéndice I

Prueba Conceptual de Botánica ¹

A continuación encontrará una serie de preguntas que incluyen conocimiento que esperamos que un estudiante de Biología tenga luego de haber aprobado el curso de Botánica.

Seleccione la mejor contestación.

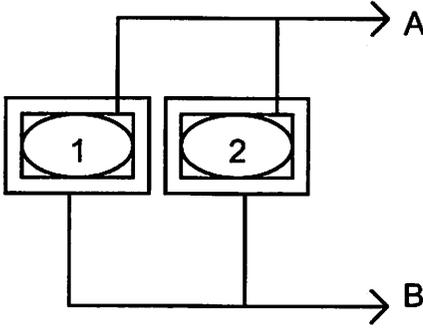
2. ¿Cuál de las siguientes aseveraciones sobre los organismos Procarióticos y Eucarióticos es FALSA? (*Conocimiento General – diferencias entre euc y proc*)
 - a. Las células eucarióticas son generalmente más grandes que las procarióticas.
 - b. Las células eucarióticas tienen un citoesqueleto y las procarióticas NO.
 - c. En ambos organismos se pueden encontrar cloroplastos.
 - d. En ambos se pueden encontrar organismos que lleven a cabo el proceso de fotosíntesis.

3. ¿Cuál de las siguientes aseveraciones sobre los compuestos secundarios es CIERTA? (*Conocimiento – metabolitos secundarios*)
 - a. Se encuentran en todas las células de las plantas.
 - b. La gran mayoría se sintetiza y se almacena en el mismo lugar en la planta.
 - c. Son compuestos directos de rutas principales de metabolismo.
 - d. Algunos funcionan como señales químicas, o en la defensa de las plantas contra los herbívoros.

4. Durante el proceso de respiración los electrones de la glucosa son aceptados finalmente por: (*Conocimiento respiración celular – aceptador final de electrones*)
 - a. ATP
 - b. Oxígeno
 - c. CO₂
 - d. Agua

5. Se descubre una nueva flor que tiene unos pigmentos fotosintéticos únicos. Las hojas son de color rojo amarillento. ¿Qué largos de onda del espectro de luz visible no son absorbidos por este pigmento? (*fotosíntesis – concepto de absorción de luz*)
- Azul y violeta
 - Rojo y amarillo
 - Verde y amarillo
 - Azul, verde y violeta
6. La molécula resultante del ciclo de Calvin durante el proceso de fotosíntesis es: (*fotosíntesis concepto – mecanismo del ciclo de Calvin*)
- Glucosa
 - Almidón
 - Una triosa (3C)
 - Una pentosa (5C)
7. Si comparamos una planta C_4 con una planta CAM, encontramos que en la planta C_4 el proceso de fotosíntesis (*fotosíntesis concepto – metabolismo C_3 y C_4*)
- tiene una separación espacial (espacio o lugar).
 - tiene una separación temporal (tiempo).
 - no incluye el ciclo de Calvin.
 - no incluye la fijación de carbono.
8. El binomio para la planta de café es *Coffea arabica* ¿cuál es el epíteto específico (“specific epithet”)? (*Taxonomía básica*)
- Coffea*
 - arabica*
 - Coffea arabica*
 - Café
9. ¿Cuál de los siguientes incluye a todos los demás? (*Taxonomía básica*)
- Familia
 - Clase
 - Especie
 - Orden.

10. En el siguiente dibujo de 2 células vegetales, la letra A representa la (conocimiento – *estructura células vegetales*)



- a. pared primaria.
 - b. pared secundaria.
 - c. lámina media.
 - d. pectina.
11. El ancestro directo de las plantas es: (concepto – *evolución en plantas*)
- a. Un grupo perteneciente a las clorofitas.
 - b. Un grupo perteneciente al grupo de las algas pardas.
 - c. Una rodofita.
 - d. Un alga azul verdosa.
12. En el ciclo de alternancia de generaciones (concepto – *alternancia de generaciones o ciclo esporico*)
- a. se alternan dos generaciones diploides que son multicelulares.
 - b. se alternan dos generaciones multicelulares haploides para producir esporas.
 - c. una generación produce gametos y la otra produce esporas.
 - d. encontramos dos generaciones multicelulares genéticamente idénticas.

13. Una planta que carezca de un sistema vascular (*conocimiento – importancia del sistema vascular*)
- no podrá crecer muy grande.
 - se morirá por falta de agua.
 - se morirá por falta de comida.
 - no podrá reproducirse sexualmente.
14. ¿Cuál de las siguientes representa la mejor analogía que describe el movimiento de agua a través del xilema en el tronco de un árbol? (*mecanismo – transporte*)
- Beber agua con un sorbeto.
 - Abrir un grifo de agua.
 - Abrir las compuertas de una represa.
 - Bombear sangre con el corazón.
15. Al proceso de transpiración se le conoce como un “mal necesario” porque las plantas (*Concepto –Transpiración*)
- pierden oxígeno cuando transpiran.
 - pierden agua cuando intercambian gases.
 - en vez de ganar minerales, los pierden en el proceso.
 - se contaminan con las bacterias del suelo durante el proceso.
16. Las células que conducen en el floema se conocen como _____ y están encargadas de transportar mayormente _____ (*transporte*)
- Traqueidos; agua y minerales
 - Elementos vasales; carbohidratos
 - Elementos cribosos; carbohidratos
 - Leptoides; agua y minerales
17. Dentro del grupo de aliados a los helechos encontramos una planta que conocemos como *Psilotum*. Esta planta muestra dicotomía. La dicotomía se caracteriza por (*terminología taxonómica*)
- dividir de dos en dos el arreglo de la estructura vegetativa.
 - tener dos raíces opuestas una a la otra.
 - tener dos estructuras importantes, xilema y floema.
 - la presencia de un gametofito multicelular.

18. El grupo al cual pertenece la planta de la pregunta anterior se caracteriza por la presencia de (*diversidad – estructura*)
- sistema vascular.
 - gametofito dominante.
 - flores.
 - semillas.
19. Cuando observamos una flor completa podemos decir que (*anatomía y terminología – flores*)
- la flor incluye solamente sus partes femeninas y masculinas.
 - incluye tanto las partes fértiles como las no fértiles.
 - carece de los sépalos, pero incluye el ginoceo y el androceo.
 - incluye el pedúnculo.
20. ¿Cuál de los siguientes “vegetales” es una fruta por definición? (*reproducción – fruta-semilla*)
- habichuelas tiernas
 - papa
 - brócoli
 - cebolla
21. Cuando hablamos del micropilo decimos que es (*conocimiento - anatomía reproductiva*)
- una estructura nutritiva del embrión.
 - una estructura nutritiva del grano de polen.
 - una abertura en el integumento.
 - una abertura en la pared de la microspora.
22. Al disectar una flor de amapola podríamos observar a simple vista que dentro del ovario hay _____ (*reproducción – diferencia entre ovario y óvulo*)
- Pistilos
 - Óvulos
 - Anteras
 - Huevos
23. Si fuésemos a definir fecundación en plantas NO podríamos incluir la siguiente alternativa: (*reproducción – diferencia fecundación-polinización*)
- La unión de un gameto hembra y uno macho.
 - Puede producir organismo diploides, pero nunca haploides.
 - La llegada del polen al estigma.
 - Ocurre en la gran mayoría de las plantas.

24. Cuando nos referimos al gametofito y al esporofito de una angiosperma podemos decir que: (*conocimiento – ciclo de vida de las angiospermas*)
- el gametofito es diploide y el esporofito haploide.
 - el gametofito es la parte conspicua de la planta y el esporofito es bien pequeño.
 - el gametofito es bien pequeño y el esporofito es básicamente la planta que vemos.
 - el gametofito es morfológicamente igual al esporofito.
25. La cantidad y dirección del movimiento de agua en las plantas puede siempre predecirse midiendo el/la: (*terminología de transporte en plantas*)
- Presión de aire
 - Lluvia
 - Potencial de agua (\emptyset)
 - Gradiente de protones
26. ¿De qué parte proviene la madera que utilizamos para construcción? (*interpretación crecimiento secundario*)
- del floema secundario de los árboles.
 - del cambio vascular de los árboles.
 - del xilema secundario de los árboles.
 - del sistema vascular de los árboles: todo forma parte de la madera.

Apéndice II

Prueba Conceptual de Zoología ²

1. Si Darwin y Linneaus hubieran trabajado juntos, habrían diseñado un sistema de clasificación taxonómica que agrupara en jerarquías teniendo en cuenta
- analogías morfológicas.
 - características homólogas.
 - convergencias ecológicas.
 - distribución geográfica.
 - características adquiridas.

2. Cuál de las siguientes características NO es homóloga entre un murciélago y un ave?

- a. Columna vertebral.
- b. Cola.
- c. Cráneo.
- d. Alas.
- e. Patas.

3. El mecanismo de selección natural direccional

- I aumenta el polimorfismo de una población
- II resulta en individuos mejor adaptados a su ambiente
- III requiere de variabilidad genética en una población
- IV favorece la sobrevivencia de algunos más que otros

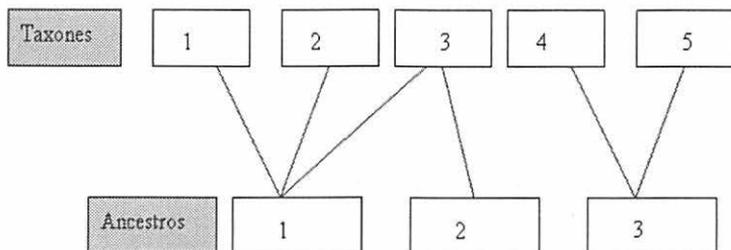
- a. I y II solamente
- b. II y III solamente
- c. II, III, y IV solamente
- d. II y IV solamente
- e. Todas son correctas.

4. En un bosque donde la mayoría de las mariposas de una especie tenían coloración verde con pepas amarillas, y muy pocas eran solo verdes o solo amarillas, se introdujo un ave depredadora. Después de 32 generaciones, el 47 % de las mariposas eran verdes, 46 % amarillas y 7 % verde con pepas amarillas. Este cambio podría explicarse por

- a. Selección balanceada (o estabilizante).
- b. Selección disruptiva (o diversificante).
- c. Selección direccional.
- d. Selección sexual.

5. ¿Qué estrategias han evolucionado los animales para aumentar su tamaño corporal y a la vez, mantener una relación entre superficie/volumen alta?

- a. cuerpos largos y aplanados
- b. forma corporal de torpedo
- c. invaginación de superficies esenciales
- d. desarrollo y especialización de órganos internos
- e. todas las anteriores



6. En la gráfica de arriba (Modificada de Campbell y Reece, 2002), las líneas representan las relaciones filogenéticas entre los taxones 1-5, y sus ancestros. ¿Qué taxones tiene origen monofilético?

- 2 y 3
- 1 y 2, y 4 y 5
- 3 y 4, y 2 y 3
- 4 y 5 solamente
- 3 solamente

7. La evolución de un celoma le provee al animal

- espacio para el desarrollo de órganos internos más complejos.
- rigidez interna mediada por una columna vertebral.
- capacidad de responder a estímulos efectivamente.
- dos capas dermales: ectodermos y endodermo.
- órganos sensoriales complejos.

8. Una característica de la reproducción asexual que puede ser desventajosa evolutivamente es que

- requiere de un solo padre.
- no necesita células especializadas.
- la prole son clones del padre.
- no requiere de la búsqueda de pareja.
- es energéticamente barato.

9. Un animal hermafrodita se diferencia de un animal partenogénico en que el hermafrodita

- a. Se reproduce sexualmente.
- b. No requiere de meiosis para hacer gametos.
- c. Siempre es hembra.
- d. No siempre requieren fecundación.
- e. Tiene los dos sexos.

10. Meiosis es importante evolutivamente porque

- a. produce células reproductivas idénticas entre sí.
- b. produce gametos diploides que se desarrollan por mitosis.
- c. resulta en cigotos haploides que se desarrollan por mitosis.
- d. produce células genéticamente idénticas a la de los padres.
- e. preserva el número de cromosomas después de la fecundación.

11 Un animal protostomado se distingue de un deuterostomado por caracteres asociados a

- a. el número de capas dermales.
- b. etapas tempranas del desarrollo embrionario.
- c. El tipo de esqueleto corporal.
- d. su modo de locomoción.
- e. su simetría corporal.

12. ¿En qué etapa del desarrollo de un animal bilateral esperaríamos observar las tres capas dermales por primera vez?

- a. segmentación
- b. blastulación
- c. gastrulación
- d. organogénesis
- e. neurulación

13. ¿Cuál de las siguientes NO representa una respuesta evolutiva de los animales a las presiones selectivas asociadas a la transición del agua a la tierra?

- a. cuerpos alargados en forma de torpedo
- b. patas y manos para locomoción efectiva
- c. cuerpos más cortos y patas más largas
- d. órganos sensoriales especializados
- e. órganos respiratorios especializados.

14. ¿Por qué se considera importante entre los vertebrados la evolución del huevo amniótico?

- a. Tiene una capa gelatinosa que aumenta el intercambio gaseoso.
- b. Provee 3 capas extra-embriónicas para proteger el embrión en la tierra.
- c. Provee aislamiento para conservar energía calórica.
- d. Facilita la fecundación interna en ambientes terrestres.
- e. Permite el intercambio de nutrientes entre la madre y el embrión.

15. Considerando la regulación osmótica, un pez que habita en los ríos de El Yunque en Puerto Rico tiene que

- a. gastar energía para meter agua hacia el interior de su cuerpo.
- b. gastar energía para bombear sales iónicas del agua hacia el interior de su cuerpo.
- c. sacar el exceso de sales iónicas hacia afuera de su cuerpo.
- d. absorber agua para diluir sus fluidos corporales.
- e. Producir una orina muy concentrada.

16. El pez de la pregunta anterior habita en un medio que resulta
con respecto a sus fluidos corporales.

- a. Hipo-osmótico
- b. Hiper-osmótico
- c. Iso-osmótico.
- d. Anti-osmótico.

17. ¿Cuáles de los siguientes sistemas de órganos interactúan estrechamente para lograr filtrar los fluidos corporales y deshacerse de toxinas o sustancias en exceso, mientras se mantiene un balance osmótico con el medio exterior?

- a. Digestivo-circulatorio
- b. Circulatorio-respiratorio
- c. Respiratorio-Endocrino
- d. Excretor-Circulatorio
- e. Respiratorio-Nervioso

18. El sistema nervioso se caracteriza por (1) recibir información del ambiente interior o exterior, (2) transmitirla, (3) procesarla y (4) producir una respuesta. Los responsables de estas 4 acciones respectivamente son

- a. neuronas, sistema nervioso central, glándulas/músculos, neuronas.
- b. órganos sensoriales, neuronas, sistema nervioso central, glándulas/músculos.
- c. neuronas, músculos/glándulas, sistema nervioso central, órganos sensoriales.
- d. sistema nervioso central, neuronas, órganos sensoriales, músculos/glándulas.

19. Una tendencia evolutiva del sistema nervioso en la evolución del Reino Animal ha sido

- a. aumentar el grado de reticulación por todo el cuerpo.
- b. aumentar el número de cuerdas nerviosas.
- c. disminuir el tamaño de las neuronas.
- d. ensanchar la cuerda nerviosa en la parte anterior del cuerpo.
- e. concentrar ganglios en la parte ventral del cuerpo.

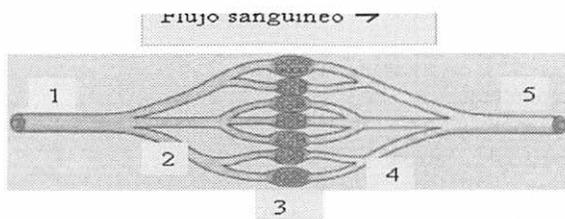
20. ¿Cuál de las siguientes NO es correcta con respecto al sistema circulatorio abierto?

- a. presión hidrostática más baja
- b. está contenida en vasos solo en algunas partes del cuerpo
- c. el fluido circulatorio es muy parecido al intersticial
- d. se encuentra típicamente en animales grandes y activos
- e. es menos eficiente en transportar gases y nutrientes

21. Examine la siguiente gráfica y determine ¿en cuál de estos vasos esperarías encontrar mayor presión sanguínea?

Flujo sanguíneo →

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5



(Gráfica modificada de Campbell y Reece, 2002)

22. ¿Cuál de los siguientes términos NO aplicaría para un animal que come artrópodos de cualquier tipo mientras le quepan en su boca?

- a. generalista
- b. omnívoro
- c. carnívoro
- d. depredador
- e. heterótrofo

23. ¿Cuál de los siguientes procesos digestivos **siempre** requiere de enzimas?

- a. ingestión
- b. peristálsis
- c. absorción
- d. hidrólisis
- e. eliminación

24. Dos especies de coquíes que ocurren en las partes altas de El Yunque son activas a las mismas horas y se alimentan de lo mismo. Se ha visto que una especie canta más despacio que la otra. ¿Cuál de las siguientes interacciones pudo haber actuado como presión selectiva para este cambio?

- a. depredación
- b. competencia
- c. parasitismo
- d. comensalismo
- e. mutualismo

25. ¿Cuál de los siguientes términos NO está relacionado con la evolución del comportamiento animal?

- a. cuidado parental
- b. aptitud inclusiva
- c. capacidad de acarreo
- d. altruismo
- e. selección de con-familiares (= "kin")

26—30: PAREO: Parea la aseveración con el taxón correspondiente:

- a. Reptiles
- b. Cnidarios
- c. Peces
- d. Platelminfos
- e. Artrópodos

26. Tiene simetría Radial _____.

27. Ponen huevos amnióticos _____.

28. Cuerpo aplanado, sin cavidad corporal, ano=boca _____.

29. Cuerpo segmentado, exoesqueleto de quitina, patas articuladas _____.

30. Cráneo y columna vertebral pero sin patas _____.

Referencias

- Burrowes, P. A. (2003). A Student-Centered Approach to Teaching General Biology That Really Works: Lord's Constructivist Model Put to a Test. *The American Biology Teacher* 65(7):491–502.
- Campbell, N. A. and Reece. (2002). *Biology* 6th. Edition. New York: Benjamin/Cummings
- Fredette, N. and J. Lockhead. (1980). Students Conceptions of Electric Current. *The Physics Teacher* 18:194-198.
- Halpern, D. F. (1997). The war of the worlds: when students conceptual understanding clashes with their professors. *The Chronicle of Higher Education* (1997):B5.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts, A. Larson, H. I'Anson. (2004). *Integrated Principles of Zoology*. 12th Ed. New Jersey: Mc Graw Hill.
- McWetby, P. J. (1994). *Basic Biological Concepts: What should the world's children know?* Proceedings from the IUBS/CBE Symposium. National Association of Biology Teachers. Virginia, USA.
- Minstrell, J. (1983). Getting the Facts Straight. *The Science Teacher* 50(Jan):52-54.
- Minstrell, J. and C. Smith. (1983). Alternative Conceptions and a Strategy for Change. *Science and Children* 21(Nov-Dec):31-32.
- Nazario, G.M., P. A. Burrowes and J. Rodríguez. (2002). Persisting Misconceptions: Using Pre- and Post-Tests to Identify Biological Misconceptions. *Journal of College Science Teaching* XXXI(5):292–296.
- Oliver-Hoyo, M. and D. Allen. (2004). Effects of an Active Environment: Teaching Innovations at a Research I Institution. *Journal of Chemical Education*. 81(3): 441-448.
- Oliver-Hoyo, M. and D. Allen. (2005). Attitudinal Effects of a Student-Centered Active Learning Environment. *Journal of Chemical Education*. 82(6):944-949.
- Osborne, R. J. and Gilbert, J. K. (1980). A Method for the Investigation of Concept Understanding in Science. *European Journal of Science Education* 2(3):311-321.
- Raven P.H., Evert R.F. & S.E Eichhorn. (2005). *Biology of Plants* 7th Edition. New York: W.H. Freeman and Company Publishers
- Stepans, J. I., R. E. Beiswenger, and S. Dyche. (1986). Misconceptions Die Hard: Students Will Dress up a False Idea in New Terminology Rather than Abandon It. *The Science Teacher* (Sept. 1986):65-69.

Sundberg, M. D. (1997). Assessing the Effectiveness of an Investigative Laboratory to Confront Common Misconceptions in Life Sciences. In: *Student-Active Science. Models of Innovation in College Science Teaching*. Eds. A. P. McNeal and C. D'Avanzo. Orlando, Fl.: Saunders College Publishing

Wandersee, J. H., J. J. Mintzes, and J.D. Novak. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science. In Penick, J. E. (1995). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, ed. D. L. Gabel. NY: Macmillan Publishing Co.

Notas

1. Desarrollada por Gladys M. Nazario Ph.D. Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, San Juan, PR 00931
2. Desarrollada por Patricia A. Burrowes, Ph.D. Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, San Juan, P. R. 00931

Este artículo se recibió en la Redacción de *Pedagogía* en enero de 2006 y aceptado para su publicación en abril del mismo año.