

Efectos sobre el aprendizaje informal de la evolución biológica como resultado de la mediación museal

María del Carmen Sánchez Mora ^{1,a}, Carmina de la Luz Ramírez ^{2,b}

^{1,2} Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

^a masanche@dgc.unam.mx, ^b formacion-extension@dgc.unam.mx

[Recibido en marzo de 2015, aceptado en enero de 2016]

Los museos interactivos de ciencia se han considerado como espacios donde puede ocurrir el aprendizaje informal de las ciencias, sobre todo cuando la comunicación es facilitada entre los equipos exhibidos y el visitante. Se presenta aquí una investigación que busca definir los efectos sobre la adquisición de conocimientos, resolución de problemas y actitudes frente a la ciencia en las visitas mediadas a una exposición acerca de un tema de difícil comunicación y comprensión como es el de la evolución biológica. Se encuentra que las ganancias en los dos primeros aspectos no son significativamente diferentes cuando las visitas son guiadas, pero la presencia de los guías ayuda a resolver dudas y genera el deseo de regresar al museo. El guía es apoyo invaluable para recuperar recuerdos e información previa a la visita, además de que reduce notoriamente la escasa aceptación por el tema y centra la atención en el tema principal de la exposición. Pero el efecto más importante de la presencia de un guía es que ayuda a cumplir las expectativas de la visita de tener acceso a información de calidad, clara, precisa y lúdica. El deseo de que la experiencia dure más tiempo, habla de que la visita guiada puede incrementar el tiempo de permanencia en la sala. Estos últimos hallazgos requieren ser considerados en la capacitación de los guías y en la planeación de las visitas a museos interactivos de ciencia por parte de los profesores.

Palabras clave: aprendizaje informal; mediación; museos interactivos; evolución biológica; profesorado.

Effects on informal learning of biological evolution as results of museum mediation

Interactive science museums have been considered spaces where informal learning can occur especially when the communication between exhibits and visitors is facilitated. A research is presented here, in which the effects on knowledge, problem solving and attitudes towards science in mediated visits to an exhibition about biological evolution (which tends to be a communicative difficult theme) are evaluated. The results show that there is no significant gaining between the two first aspects in the case of guided visits, but instead, the presence of museum guides helps to solve questions and promotes the desire to visit again. So, the guides are an invaluable support to explore visitor's previous information and to reduce the dislike for a particular topic. Besides, it enhances the attention on the main subject of the exhibition and helps to fulfill the expectances of the visit. All this promotes the desire to have a longer visit, which can increase the time spent in the museum. These findings will have to be taken into account in the guide's preparation.

Keywords: informal learning; mediation; interactive museums; biological evolution; teachers.

Para citar este artículo: Sánchez-Mora, M.C., de la Luz-Ramírez, C. (2016) Efectos sobre el aprendizaje informal de la evolución biológica como resultado de la mediación museal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 315-341. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18291>

Introducción

Las opciones educativas informales, entre las que pueden citarse a las bibliotecas, parques temáticos, zoológicos, jardines botánicos, y sobre todo, los museos de ciencias, han permitido acercar la ciencia a distintos públicos, no solo desde el aspecto conceptual y cognitivo, sino también a partir de las dimensiones actitudinal y social (Camareno-Izquierdo, Garrido-Samaniego y Silva-García, 2009), estas últimas relacionadas con el desarrollo personal, la responsabilidad, la socialización y las actitudes positivas hacia la ciencia, que comúnmente se dejan de lado en la escuela y que eventualmente podrían contribuir a estimular aprendizajes posteriores o incluso a crear vocaciones científicas (Vázquez y Manassero, 2008).

Hoy se mira con particular interés la función divulgativa de los ambientes educativos informales que tienen un impacto social como los museos (Guisasola y Morentin, 2005), entre otras cosas, por su posible contribución a la formación de una cultura científica en los ciudadanos (Sánchez-Mora, 2007a), dado que se reconoce que en estos espacios no solo se informa, sino que además se experimenta y se demuestra el conocimiento científico. Actualmente ya no se considera que la exposición tenga como fin único apoyar los temas escolares o conocer una visión construida por otros, sino que se busca que el visitante se convierta en un constructor de ideas. En este sentido, los museos y centros de ciencia se enfrentan como parte de su función divulgativa, a un reto mayor que el de otros tipos de museos que exhiben objetos, ya que, al construir sus exhibiciones (en lugar de exponer objetos ya existentes), requieren asegurarse de que lo que diseñan y exhiben establezca una línea de comunicación efectiva con sus visitantes. Por ello, a partir de la transición de los museos de ciencias (particularmente de historia natural) a museos interactivos de ciencia, se ha replanteado en estos el sentido de la comunicación de la ciencia, de un esquema lineal tradicional (emisor-mensaje-receptor) a un modelo de interacción lúdica entre la exhibición y el visitante que garantizan la comunicación eficaz. Se ha visto que esto difícilmente sucede a menos que se cuente con un mediador entre la idea o concepto que se quiere transmitir por parte del museo y el visitante usuario de los equipos (Rodari y Merzagora, 2007).

La función de los mediadores

Desde la aparición del modelo de museo de ciencia interactivo a finales de los años 1960, una buena parte de los estudios acerca de estos espacios se habían centrado en aspectos relacionados con la óptima manera de exhibir conceptos científicos para así facilitar su aprendizaje (Zana, 2005).

A partir de la década de los 1990 se reconoce que, si bien el museo tiene una función educativa, esta se aleja de la visión escolarizada y al evento educativo que en él ocurre se le describe como aprendizaje informal, que es de naturaleza personal y depende del contexto (Sánchez-Mora, 2007b). Para que esta forma de aprendizaje tenga lugar es necesario que los museos adecuen su discurso a la gran diversidad de visitantes que acuden, asunto que desde el punto de vista del diseño y de la construcción de equipos resulta no solamente complicado, sino también económicamente inviable.

En los museos de ciencias suele además estar presente el concepto de interactividad, que implica que, al accionar los equipos expuestos, los visitantes puedan contrastar sus conocimientos previos del mundo y corroborarlos o modificarlos de acuerdo con la experiencia vivida en el museo. Sin embargo, se ha visto que por óptimo que este sea, el diseño de los equipos, no siempre promueve experiencias interactivas, sino que es necesaria la intervención humana para ayudar a los visitantes a analizar algunos de sus conceptos previos, o bien para acercarlos a las explicaciones de los especialistas que se intentan comunicar mediante los equipos interactivos (Sánchez-Mora, 2013).

La experiencia ha mostrado que la comunicación entre el objeto creado y exhibido y el visitante puede ser facilitada cuando un mediador conoce tanto los mensajes que el museo pretende transmitir a través de sus equipos, como las necesidades particulares de cada visitante. Para el caso de los museos de ciencias, se ha encontrado que un primer paso para establecer esta comunicación, es lograr que el visitante se acerque a los objetos y equipos, y la forma más elemental de conseguirlo es a través del uso de cierto tipo de preguntas, que deben ser perfectamente manejadas por un mediador que pretenda hacer de la visita un evento participativo y creativo (Rogoff, 1997).

Hay estudios que muestran un incremento en la potencialidad educativa del museo de ciencias cuando ocurre la mediación humana, esto es, cuando una persona facilita el acercamiento a los conceptos exhibidos, especialmente a través de la invitación a los visitantes a realizar actividades intelectualmente desafiantes (Pavao y Leitao, 2007), y, sobre todo, cuando la mediación orienta la interacción hacia fines educativos particulares (Moraes, Bertoletti, Bertoletti, Sgorla de Almeida, 2007).

Por lo anterior, es que se reconoce el papel del mediador o guía en el museo como el instrumento interactivo por excelencia, con potencial indudable para propiciar procesos de construcción de conocimiento (Pavao y Leitao, 2007). Como lo afirma Ribeiro (2007), el lenguaje humano de los museos radica en los guías, y a su vez, la mediación posibilita que el museo rebase la interacción que ofrecen los equipos por sí mismos, o bien, que tengan más sentido las interacciones entre los visitantes y lo exhibido (Ribeiro, 2007).

El mediador como puente entre exhibiciones y visitantes

La detección de la necesidad de contar con guías en los museos interactivos no es nueva, ya desde hace tiempo se sabe la importancia de la presencia de traductores verbales para aclarar el mensaje de la exposición al público, pues la experiencia ha mostrado que en los museos interactivos la gran mayoría de los visitantes no son totalmente capaces de captar la idea transmitida por el equipo u objeto, máxime si está presentada en un lenguaje poco familiar como es el de la ciencia (Rodari y Merzagora, 2007).

En algunos museos de ciencia no pareciera existir la necesidad de contar con mediadores, sin embargo, la demanda de mediadores se acrecienta día a día, en tanto se comprueba que los equipos interactivos están sujetos a una serie de limitantes físicas y de comprensión conceptual, que solo en contados casos permiten una interacción efectiva sin la presencia de un mediador, sea este un guía de museo o un maestro que conduzca la visita (Guisasola y Morentín, 2005). De esta manera, si se toma en cuenta el derecho de todo ciudadano de tener acceso a los productos de la ciencia y la tecnología, junto con la posibilidad que ofrecen los museos de ciencia de hacerlo, los guías se convierten en los grandes responsables de transformar el acceso al conocimiento en una experiencia cara a cara (Ribeiro, 2007). Se trata de que se establezca una relación interpersonal (Hooper-Greenhill, 1998), en donde los guías busquen promover ciertas actitudes en el visitante como el asombro, el interés o la curiosidad; que motive en vez de explicar, cuestione en vez de responder, y desafíe en lugar de dar soluciones. Sin embargo, a pesar de que desde 1997 Griffin y Sygminton habían advertido que los museos son espacios donde debe propiciarse el aprendizaje informal, en muchos todavía persisten los guías que dictan cátedra (Tal *et al.*, 2005) y cuando mucho la interacción con el público se reduce a hacerles preguntas sobre sus conocimientos acerca del tema expuesto (Tal y Morag, 2007).

Dado lo variado del público que acude a los museos, estos espacios requieren la satisfacción de muy variadas necesidades de comunicación, que no se limitan a la interacción interpersonal, sino que en ocasiones se manifiestan como diálogos grupales, que igualmente pueden ser potenciados por los guías (Bonatto, Mendes y Seibel, 2007).

Efectos de la mediación interpersonal

En los museos de ciencia, el guía es visto como un personaje indispensable del que se espera atienda adecuadamente al visitante para que le genere emociones positivas y el deseo de regresar. Habrá que tomar en cuenta que los guías suelen ser las personas con las que los visitantes, salvo sus acompañantes, conviven más de cerca en el museo, y que las primeras

impresiones que los guías les causen, son determinantes para la imagen del museo (Johnson, 2007), ya que finalmente suelen ser más importantes y recordados los aspectos afectivos que los cognitivos de la visita (Camareno-Izquierdo, Garrido-Samaniego y Silva-García, 2009; Sánchez-Mora, 2011).

Para lograr un acercamiento emotivo y productivo al museo y a sus objetos desde el punto de vista de la comunicación de la ciencia, es necesario que el guía considere al espacio museográfico como el sitio donde el visitante pueda participar en la adquisición de conocimientos y actitudes hacia la ciencia de una manera activa (Sánchez-Mora, 2007b).

Pavao y Leitao (2007) subrayan que el papel del guía consiste en proporcionar un ambiente que permita a los visitantes comprender que la ciencia y la tecnología forman parte de su vida, y por tanto la antigua concepción del guía que “recita” contenidos al tiempo que pasea con los visitantes por los pasillos del museo está cada vez más lejos de lo que realmente se pretende de un mediador, de manera que aquel modelo de guía como figura de autoridad, cuya tarea era proveer información técnica y mostrar una visión particular del mundo, se ha transformado hacia facilitar y orientar a los visitantes para que estos puedan construir por sí mismos nuevos esquemas mentales.

La comunicación de la evolución biológica a partir de exhibiciones de museo

La investigación sobre el efecto de la mediación en la adquisición de conceptos, procedimientos y actitudes sobre la ciencia que a continuación se detallará requerirá concretarse en un tema científico en particular. En este caso se eligió el tema de la evolución biológica debido a que a partir de numerosas encuestas (Millar, 2004) se constata que la mayoría de las personas no entienden la ciencia en general y mucho menos la evolución. Parte de la dificultad surge del uso del término “teoría” que en el lenguaje popular tiene una connotación de una idea hipotética; sin embargo, este no es el único problema; otros tópicos relacionados con la evolución representan carencias conceptuales y malos entendidos que la educación escolarizada no ha logrado cubrir (Sánchez-Mora, 2000).

La evolución es tradicionalmente vista como un tema propio de los museos de historia natural. Es raro encontrar exhibiciones o salas que traten este tema y a veces ni siquiera se muestra en museos o espacios como los zoológicos, acuarios, jardines botánicos o arboretums, en los que la conservación constituye la misión educativa prioritaria.

Salvo magníficas excepciones, el tema de la evolución se suele evitar en la mayoría de los museos de ciencia. Esto se debe a la dificultad de aceptar por parte del público a un proceso difícilmente observable, a la baja rentabilidad del tema y la falta de personal que lo desarrolle. El hecho es que la evolución requiere de una mejor representación para el público, y los museos de ciencia están en posición única para hacerlo.

La evolución por selección natural es un tema que no solo se considera importante dentro de la biología, sino que está presente en numerosas obras de divulgación. A pesar de su importancia, no es del dominio público, o se maneja erróneamente. Sin embargo, se sabe que la escuela no facilita el manejo adecuado de la teoría evolutiva, ni siquiera en quienes terminan la preparatoria, donde, por lo menos en México, han estudiado el tema en cuatro ocasiones (Sánchez-Mora, 2000).

Entre 1998 y 2000 se estudió el manejo del tema en más de 1000 estudiantes mexicanos y se encontró (coincidentemente con otros estudios: Bishop y Anderson, 1990; Jensen y Finley,

1996; Demastes *et al.*, 1995; Scharmann, 1993; Settlege y Jensen, 1996; etc.) que existen varios puntos problemáticos:

- No consideran a la variación.
- No conocen el origen de la variación.
- No entienden el papel de la selección natural.
- No entienden la naturaleza de la adaptación.
- Ven a la evolución como cambios en ciertos organismos, pero no como cambio en proporciones.
- Consideran que la evolución ocurrió únicamente en el pasado.

En consecuencia, sus explicaciones están basadas en concepciones alternativas y en muchos casos son de corte lamarckiano.

Conscientes de esta problemática, en el Museo de las Ciencias de la UNAM se exhibe desde el año 2008 el tema de la evolución en una sala denominada “Evolución, vida y tiempo” que a grandes rasgos exhibe una breve mirada al proceso evolutivo mediante diversos equipos, la mitad de ellos interactivos.

Dicha sala consta de dos partes, en la primera, la sección inicial narra las primeras explicaciones que les daban a los fósiles y cómo estos se fueron convirtiendo con el paso del tiempo en pruebas fehacientes de la evolución. Posteriormente se habla del viaje que realizó Darwin a bordo del Beagle y de las pruebas de la ocurrencia de la evolución que encontró en la travesía. Y en una tercera sección se presentan dos antecedentes que sirvieron a Darwin para postular su teoría de la evolución: la selección artificial y la lucha por la existencia; a continuación, se muestran los elementos principales de la explicación darwiniana, como son la reproducción limitada por las condiciones ambientales, la variación intraespecífica y la selección natural. En esta parte se tratan además los resultados de la evolución: la diversidad y la adaptación. Finalmente, en una última sección de esta primera parte se habla de la definición de especie. En la segunda parte se exhiben los siguientes temas:

1. Los complementos a la explicación darwiniana como el ADN, las mutaciones, la edad de la Tierra y la teoría de la deriva continental.
2. La macroevolución
3. La evolución del ser humano.
4. Los modos de la evolución: gradualismo, saltacionismo y las extinciones.
5. Algunas pruebas de la ocurrencia de la evolución.

Los guías en la sala de evolución del museo Universum

Universum pertenece a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. Es esta entidad universitaria la responsable de emitir una convocatoria semestral para reclutar a los guías que fungen como mediadores dentro del museo de ciencias. Los criterios de selección son: ser jóvenes menores de 25 años que hayan cursado alguna carrera universitaria o lo hagan en el momento de publicarse la convocatoria, siempre y cuando hayan cubierto, al menos, el 50% de los créditos de sus estudios profesionales con un promedio mínimo de ocho (contra un máximo de 10). Los candidatos a guías deben reunir todos los requisitos para ser entrevistados por el personal educativo del museo y deben acreditar un curso propedéutico de

dos semanas. A los jóvenes aceptados se les ubica en una de las exposiciones permanentes de Universum, cuyo tema sea afín a su formación. En particular, las personas reclutadas para la sala de evolución son biólogos (Martínez-Gómez, 2014; UNAM, 2015).

Los nuevos guías se hacen acreedores a una beca mensual, que tiene una vigencia mínima de seis meses y máxima de dos años en función de su desempeño. A cambio de este pago, cada nuevo guía debe cubrir 18 horas a la semana en su respectiva exhibición, y debe asistir a una capacitación semanal de dos horas durante su primer semestre como becario. Esta consiste en herramientas para desenvolverse con el público, consejos de expresión corporal, conferencias de expertos en los temas que aborda el museo y clases acerca de los objetivos, mensajes y métodos propios del museo. Terminando este periodo, los becarios cubren 20 horas a la semana en sala (Aguilera-Jiménez, 2007; Martínez-Gómez, 2014).

Las visitas guiadas en Universum consisten en recorridos que los visitantes realizan en compañía de un joven mediador y tienen una duración de entre 40 y 60 minutos. Durante este tiempo, el guía promueve la interacción del público con los elementos de la exhibición (objetos, equipamientos, cédulas informativas o de instrucción, gráficos, mamparas, etcétera). El guía estructura y planea sus recorridos a criterio propio, pero siempre con el objetivo de exponer los temas y conceptos científicos que presenta el museo y adecuar el discurso en función de las características de cada visitante, como la edad, el género, el nivel académico, las posibles limitaciones físicas o cognitivas y los elementos de la vida cotidiana (Aguilera-Jiménez, 2007).

Propuesta de un estudio sobre mediación en la sala de evolución del Museo Universum de la UNAM

Como se ha planteado en los párrafos anteriores, la mediación museal resulta ser una experiencia en la que confluyen numerosos aspectos, que en resumen influyen sobre el proceso de aprendizaje informal de los visitantes (Sánchez-Mora, 2013). Es así que en este trabajo se buscaron las diferencias de adquisición de conocimientos y habilidades en visitantes al museo Universum Museo de las ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuando se ven sujetos a un proceso de mediación. Igualmente se buscó conocer la percepción de la visita guiada.

Para evaluar estos efectos se utilizaron dos tratamientos: la visita libre y la visita guiada. En el caso de la adquisición de conocimientos, se aplicó el instrumento correspondiente antes y después de cada tratamiento. Pero, para constatar las percepciones de recibir una visita guiada y el logro de habilidades de resolución de problemas evolutivos, ambos aspectos no memorísticos, únicamente se aplicó el instrumento correspondiente después del tratamiento. Esto se debe a que, al no haber estado los sujetos en la sala interactuando con los equipos, hubiera sido muy difícil que resolvieran dichos problemas y, por otro lado, no hubieran podido emitir opiniones sobre algo que no conocían.

Por otro lado, se eligió realizar este estudio sobre el tema evolutivo bajo la idea de que las dificultades para su comprensión, antes citadas, disminuirían con la asistencia de un guía.

Método y técnicas

Los sujetos que participaron en esta investigación fueron 26 estudiantes que recién ingresaban a la XVII edición del Diplomado en Divulgación de la Ciencia de la DGDC, UNAM. Estos fueron organizados en dos grupos (el grupo 1 constituido por 11 estudiantes y el grupo 2 conformado por 15) Aunque ambos visitaron la sala temática “Evolución, vida y tiempo” de

Universum, Museo de las ciencias de la UNAM¹, el grupo 1 lo hizo de manera libre, mientras que el grupo 2 acudió en compañía de un guía experimentado. Con esto último nos referimos a un(a) joven que ha sido guía de la sala de evolución durante al menos un año y tiene la habilidad de conocer las características de sus visitantes mediante el planteamiento de preguntas al inicio del recorrido, las cuales exploran el contexto del visitante más que evaluar el manejo de conceptos.

Hay que mencionar aquí la dificultad que existe en los estudios sobre educación informal para detectar las ganancias de aprendizaje (Lemelin y Bencze, 2004) razón por la cual se buscó registrar conceptos necesarios para comprender el tema de la exposición, la aplicación de las ideas a la resolución de problemas y finalmente las actitudes ante el tema expuesto. Los instrumentos utilizados en este estudio fueron: una prueba conceptual que evalúa el aspecto cognitivo antes y después de la visita ([Anexo A](#)), una prueba procedimental que evalúa habilidades obtenidas antes y después de la visita ([Anexo B](#)). Estas dos pruebas fueron validadas, aprobadas y aplicadas previamente en otros estudios (Sánchez-Mora, 2000, 2007c). Y una tercera prueba para evaluar las actitudes de ambos grupos (Sánchez-Mora y de la Luz-Ramírez, 2014). Las pruebas procedimental y conceptual consistieron en cuestionarios escritos para ser resueltos por los sujetos estudiados; la primera estaba compuesta por 18 preguntas y el mismo número de aciertos posibles, mientras que la segunda la constituían 21 preguntas que arrojaban 46 aciertos posibles. En ambos casos la variable que se midió fue el número de aciertos.

El cuestionario conceptual se originó de un estudio que buscaba detectar los conocimientos básicos necesarios para comprender la teoría evolutiva y fueron utilizados para el diseño de un instrumento de educación informal como es la citada exposición “Evolución, vida y tiempo” (Sánchez-Mora, 2007c). Por su parte, el instrumento procedimental resulta de una investigación sobre enseñanza de la evolución en la que se pretendía contar con una metodología para evaluar el aprendizaje práctico (no memorístico) de la evolución (Sánchez-Mora, 2000). Este tipo de pruebas han sido sugeridas por otros investigadores (Tal y Morag, 2007).

Con objeto de tener resultados no interpretativos y que pudieran sujetarse a comparaciones, los cuestionarios tuvieron que aplicarse en el formato en que se presentan en los anexos. Estamos conscientes de que su apariencia remite a la educación formal, sin embargo, sobre todo en el caso de la prueba procedimental ([Anexo B](#)), puede constatarse que los problemas nunca utilizan vocabulario técnico o especializado. Por otra parte, los expertos que validaron dichos instrumentos coincidieron en que para detectar la claridad de la exposición, son necesarias las preguntas que conforman la prueba conceptual ([Anexo A](#)).

Por su parte, la prueba actitudinal consistió en preguntas abiertas que arrojaron datos categóricos, los cuales fueron sistematizados siguiendo las cuatro fases de la inducción (conceptualizar, categorizar, organizar y estructurar) propuestas por González-Martínez (1998). En el caso de este último instrumento, se procedió a eliminar aleatoriamente a tres sujetos del grupo 2 para evitar que la diferencia en el número de estudiantes de cada grupo influyera en las frecuencias dentro de las categorías.

¹Este diplomado tiene una duración anual y ha sido impartido por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México desde 1995. Las clases son presenciales, dos días a la semana y con una duración de tres horas cada una. Los aspirantes pasan por un proceso de selección que implica un examen escrito y una entrevista, de tal manera que quienes resultan seleccionados cuentan con un perfil que incluye el grado académico mínimo de licenciatura en diversas áreas del conocimiento (ciencias naturales, ingenierías, ciencias sociales, humanidades o artes), así como un claro interés en la comunicación de la ciencia.

La visita guiada fue encomendada a una guía con formación en biología y que consideramos experimentada, ya que estaba por cumplir los dos años máximos permitidos de estancia en el museo Universum en esta función. La formación de esta guía había seguido los lineamientos del museo Universum que consiste en un curso introductorio de 20 horas en el que se da a conocer a los futuros guías los contenidos del museo y su funcionamiento, y en un curso de 40 horas sobre manejo de públicos, además de un curso continuo de 4 horas semanales sobre actividades complementarias a su labor, como principios pedagógicos, educación informal, manejo de la voz, contenidos científicos de las diferentes salas del museo, etc. En particular se capacita a estos guías para que eviten la cátedra al estilo escolar formal y para que a partir de sencillas preguntas iniciales se enteren de los intereses y conocimientos del grupo al que atenderán. La metodología empleada propicia que sean los visitantes quienes generan las preguntas y no el guía y en particular la visita a la sala de evolución se enfoca desde la perspectiva de mostrar cómo trabaja la ciencia y no de hechos científicos. De esta manera, se hace énfasis en el contexto histórico de Darwin, más que en el personaje y sus aportaciones y se pone especial atención en señalar cómo se ha ido construyendo el conocimiento científico alrededor del tema.

Para realizar el estudio, se utilizó parte del tiempo correspondiente a dos sesiones del Diplomado durante la segunda semana de clases. Las pruebas pre visita fueron aplicadas, simultáneamente, a los 26 sujetos al inicio de una de las sesiones del Diplomado en su respectiva aula. Una vez concluidas las primeras pruebas, el grupo 1 realizó la visita libre a la exhibición, mientras el grupo 2 permaneció en el aula presenciando una clase ajena al tema de evolución. Al regreso del grupo 1 al aula, el grupo 2 recibió la visita guiada a la exhibición, al tiempo que el primer grupo presenciaba otra clase ajena al tema de evolución. Dos días después, al inicio de la siguiente sesión del Diplomado, los 26 sujetos resolvieron, de forma simultánea, las pruebas post-visita.

Respecto al tratamiento estadístico de los resultados, los datos obtenidos a partir de las pruebas conceptual, procedimental y actitudinal fueron sometidos, respectivamente, a pruebas de t para datos pareados, una prueba de t para muestras independientes y un cálculo de porcentajes a partir de frecuencias para mostrar las proporciones de las categorías obtenidas. El análisis estadístico fue realizado con la ayuda del software IBM SPSS Statistics 22 y Excel 2013. La tabla 1 muestra la distribución de los grupos de estudio, su respectivo tratamiento, los instrumentos de evaluación y las pruebas estadísticas utilizadas.

Tabla 1. Elementos del diseño experimental

Grupo	Tratamiento	Prueba conceptual		Prueba procedimental		Prueba actitudinal	
		Aplicación	Prueba estadística	Aplicación	Prueba estadística	Aplicación	Tratamiento de los datos
1 n = 11	Visita libre	Antes de la visita Después de la visita	t para datos pareados	Después de la visita	t para muestras independientes	Después de la visita	Categorización, conteo de frecuencias y cálculo de porcentajes
2 n = 15	Visita guiada	Antes de la visita Después de la visita	t para datos pareados	Después de la visita		Después de la visita	

Resultados

La estadística descriptiva (media \pm desviación estándar) de los datos arrojados por la prueba conceptual sugiere que la visita a la sala tiene un ligero efecto positivo en términos cognitivos, tanto para el grupo 1 como para el grupo 2 (tabla 2).

Tabla 2. Estadística descriptiva y valores de significancia arrojados por la prueba conceptual

Grupo	Tratamiento	Aplicación de la prueba conceptual	Media de los aciertos \pm desviación estándar
1 n = 11	Visita libre p = 0.946	Antes de la visita	33.8182 \pm 3.737
		Después de la visita	33.9091 \pm 3.7
2 n = 15	Visita guiada p = 0.260	Antes de la visita	33.4 \pm 4.657
		Después de la visita	34.3 \pm 3.39

Sin embargo, los resultados de la prueba de t para datos pareados muestran para el caso de la adquisición de conceptos que no existen diferencias significativas entre el antes y el después de una visita, independientemente de si esta es libre o guiada. Esto según los valores de significancia de 0.946 para el grupo 1 y de 0.260 para el grupo 2 (Tabla 2).

Por otro lado, en el caso de la prueba procedimental, la estadística descriptiva sugiere que también existe una ligera diferencia entre el grupo 1 (11.6818 \pm 4.92) y el grupo 2 (11.5 \pm 3.3) en función de la ausencia o presencia de un guía. Pero nuevamente la prueba estadística, en este caso la prueba de t para muestras independientes y un valor de significancia de 0.232, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Por su parte, el análisis de la prueba de actitudes en quienes realizaron una visita libre y quienes fueron llevados por un guía arrojó la información que se muestra a continuación junto a las preguntas que se plantearon. Cabe mencionar que se agruparon las más comunes para después transformarlas en porcentajes.

Pregunta 1 *¿Qué fue lo que más te atrajo en la sala de evolución? ¿Qué fue lo que más disfrutó? ¿Qué fue lo que más le gustó?*

La comparación de estas dos gráficas muestra que cuando se trata de la visita guiada, la presencia y el desempeño del guía toman un papel relevante en las preferencias de los visitantes (31%) (figura 1).



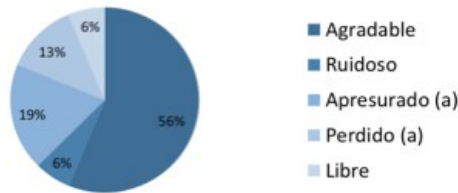
Figura 1. Preferencias en las visita libre y guiada

Pregunta 2 *¿Cómo se sintió durante la visita? ¿Cómo percibió el ambiente?*

Se observa en la figura 2 que en ambos casos predomina una percepción positiva de un ambiente agradable durante la visita (56 y 62% respectivamente para la visita libre y la guiada). Sin embargo, hay percepciones exclusivas para cada tipo de visita.

Por ejemplo, en la visita guiada los visitantes son más sensibles al espacio en el que se distribuye la sala y tienen la sensación de cansancio y apresuramiento; aunque en la visita libre se sienten perdidos en un 13% de los casos.

2.1. Percepción del ambiente durante la visita libre



2.2 Percepción del ambiente durante la visita guiada

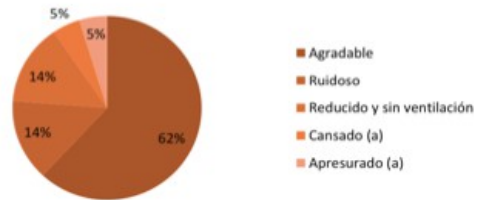
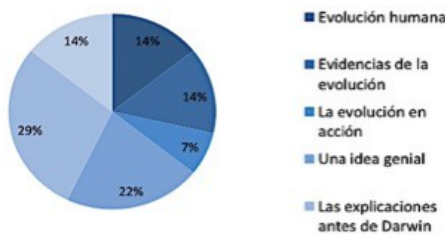


Figura 2. Preferencias en las visita libre y guiada de acuerdo con las secciones de la sala

Pregunta 3 *¿Cuál de los temas o equipos exhibidos le parecieron más interesantes o impresionantes?*

Resalta, al observar la figura 3, que en el caso de la visita guiada se menciona como uno de los temas preferidos el de “la construcción de una idea genial”, que es donde se explica cómo llegó Darwin a plantear su teoría. Es claro que el guía lograr atraer la atención a este tema fundamental que pasa inadvertido en la visita libre.

3.1. Preferencias durante la visita libre, de acuerdo con las secciones de la sala



3.2. Preferencias durante la visita guiada, de acuerdo con las secciones de la sala

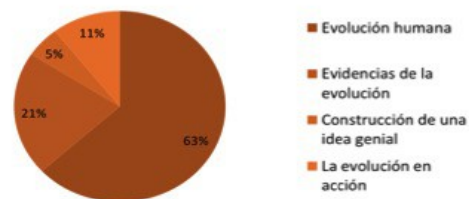


Figura 3. Temas o equipos exhibidos más interesantes e impresionantes

Pregunta 4 *¿Qué fue lo que menos le gustó o le desagradó de la visita?*

4.1. Aspectos desagradables en el caso de la visita libre



4.2. Aspectos desagradables en el caso de la visita guiada



Figura 4. Preferencias en las visita libre y guiada de acuerdo con las secciones de la sala

Es interesante notar que en ambos tipos de visitas las sensaciones de desagrado se refieren a aspectos similares, sin embargo, en la visita libre el 57% de los encuestados expresan desagrado por los contenidos, mientras que en la visita guiada esta percepción se reduce al 19% (Figura 4).

Pregunta 5 ¿Repetiría usted la visita a esta sala?

En el caso de la visita guiada, el 58% de las opiniones se refieren a que volverían a visitar la sala, contra el 20% de opiniones en este sentido como producto de la visita libre (figura 5). Por otro lado, los visitantes libres expresan la necesidad de contar con un guía, mientras que los guiados señalan que regresarían debido a su experiencia positiva por la presencia de un guía.



Figura 5. Intención de repetir la visita

Pregunta 6 Señale dos cosas nuevas que cree haber aprendido y que no sabía antes de realizar la visita.

Es claro según la figura 6 que, en el caso de la visita guiada, el tema de evolución humana es sobre el que los visitantes creen haber aprendido cosas nuevas. La dominancia de un tema no se muestra tan radical en las opiniones de quienes visitaron libremente la sala. Esta diferencia puede deberse a que el guía estructura su recorrido antes de brindarlo y elige hacer énfasis en temas particulares, como la evolución humana.



Figura 6. Qué se ha aprendido en la visita

Pregunta 7 ¿Recomendaría a otras personas que visitaran esta sala?

Los datos muestran que el 100% de las opiniones de los visitantes que realizaron ambos tipos de recorrido expresan opiniones positivas para recomendar la visita a la sala a otras personas. Sin embargo, solamente en el caso de la visita guiada los entrevistados se refieren a la importancia del tema y a la apreciación del papel del guía para recomendar la visita (figura 7).



Figura 7. Recomendación a otras personas para visitar la sala

Pregunta 8 *¿Se quedó con preguntas que le hubiera gustado hacerle a un guía?*

Comparando estas dos gráficas de la figura 8 se observa que el porcentaje de dudas en quienes realizaron una visita guiada es menor que en aquellos que realizaron el recorrido libremente.

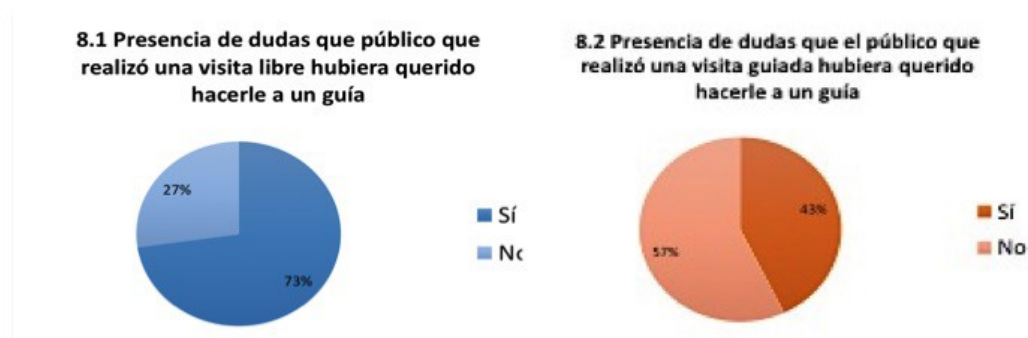


Figura 8. Presencia de dudas en el público

Pregunta 9 *¿Realizó usted en la sala alguna actividad junto con otras personas?*

Las diferencias en las gráficas de la figura 9 pueden entenderse desde la perspectiva de que el guía estructura la visita y el público la sigue. En el caso del recorrido sin guía, los visitantes pueden sentirse más libres de interactuar a su propio ritmo, sin seguir una estructura determinada.



Figura 9. Realización de actividades junto a otras personas por parte de los participantes

Pregunta 10 *¿Hizo o aprendió en la sala cosas que haya usted visto anteriormente en otros medios?, ¿en cuáles?*

Los datos muestran que, en el caso de la visita guiada, a diferencia de la visita libre (75%), el 100% del público aprendió e hizo cosas de las cuales ya tenía un referente (figura 10). Esto puede ser señal de que el guía ayuda a recordar y establecer información con la que se tuvo contacto previamente a través de otros medios.



Figura 10. Medios en los que el público tiene referencia de la sala temática

La diferencia entre la diversidad de medios en los que los públicos de los dos tipos de visita tienen referencias sobre el tema de la sala puede deberse a que el guía promueve el análisis de la información previa, evocando las distintas fuentes.

Pregunta 11 *¿Se cumplieron sus expectativas?*

En la visita libre el 55% de las opiniones se orientaron a que no se cumplieron sus expectativas, mientras que el 45% se expresaron positivamente. En la visita guiada en cambio, el 87% expresó el cumplimiento de sus expectativas contra el 13% que mencionaron lo contrario.

Pregunta 12 *¿Qué esperaba encontrar en la visita?*

En ambos casos, predomina el interés por tener acceso a información de calidad, clara, precisa y lúdica. Es posible que el guía influya en la opinión de los visitantes en cuanto a sus expectativas, puesto que en la visita guiada se esperaba la retroalimentación, no así en la visita libre.



Figura 11. Tipos de expectativas en los visitantes

Pregunta 13 *¿Qué sugerencias haría para mejorar la experiencia que vivió en la sala?*

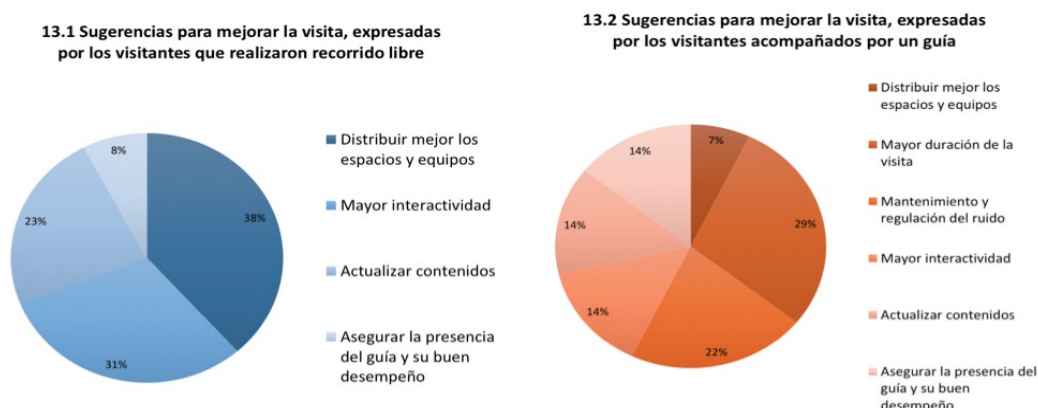


Figura 12. Recomendación a otras personas para visitar la sala

Se observa en la figura 12 que en ambos casos la presencia de un guía se asocia al mejoramiento de la experiencia, siempre y cuando este tenga un buen desempeño en términos de manejo de la información y motivación del grupo. Aspectos como un deseo de que la visita dure más tiempo y la necesidad de controlar el ruido ambiental, son de importancia para mejorar la experiencia en el caso del recorrido guiado. Esto habla positivamente de que la visita guiada puede incrementar el tiempo de permanencia en la sala, pero también señala un aspecto negativo, que es la dificultad para escuchar al guía. En cambio, para quienes realizaron una visita libre, es mucho más importante que la sala cuente con una mayor cantidad de equipos interactivos, así como la correcta distribución de estos en el espacio.

Discusión

Aunque la literatura especializada sobre educación en los museos de ciencia es muy amplia, el tema del efecto de la presencia del guía del museo sobre el aprendizaje informal del público ha sido poco tratado (Sánchez-Mora, 2007c). Lo anterior podría atribuirse a la confianza que tienen los llamados centros de ciencia interactivos de que sus equipos y objetos expuestos son autosuficientes en términos de comunicación (Pavao y Leitao, 2007), y que “explicarlos” puede arruinar a una buena exhibición interactiva (Gomes da Costa, 2007).

Aun así, en muchos museos y centros de ciencia (MCC) existe la idea de que la presencia de un guía puede mejorar la comprensión de los equipos y, sobre todo, que la verdadera interacción ocurre cuando se cuenta con la presencia de monitores o guías (Pavao y Leitao, 2007), en tanto han sido capacitados para dirigirse a públicos variados en intereses, edades, metas y niveles cognitivos (Sánchez-Mora, 2007a). Son escasos los trabajos que cuantitativamente señalan una ganancia intelectual como resultado de la breve visita a los MCC. Más bien la literatura señala (Motto, 2008) el impacto a largo plazo de la vivencia en caso de que los guías acerquen a los visitantes a temas de ciencia relevantes para sus vidas. Esta es la razón por la que en este trabajo se buscó medir en cuál de los componentes del aprendizaje informal de las ciencias (conceptual, procedimental o actitudinal) tiene un mayor efecto la presencia de los guías.

Es necesario aclarar que las indagaciones del efecto de la visita guiada se realizaron sobre personas que de inicio tenían un interés explícito en la ciencia, aunque no se dedicaban profesionalmente a ella. Esto es relevante, ya que la motivación es un factor importante en los resultados de aprendizaje informal (Rodari, 2005) y seguramente en este estudio ha sido un factor que ha influido en los resultados, dado que los participantes poseían un interés previo

en la ciencia. Sin embargo, como puede verse en este trabajo, ni la motivación ni la formación escolar permitieron generar un cambio significativo en la ganancia conceptual entre las pre y las post pruebas cuando se realizó la visita guiada. También habrá que decir que el rendimiento en las pruebas fue bajo desde la etapa de pos prueba (en promedio se obtuvieron 33 aciertos sobre 46 totales).

Desafortunadamente no fue posible hacer la comparación entre los resultados obtenidos por biólogos y por los no biólogos que formaban parte de la población estudiada, por la dificultad de homogenizar las varianzas y normalidad en la distribución de la muestra. Aunque McGinnis *et al.* (2012) mencionan que las facilidades de educación informal como los museos tienen influencia en la adquisición de conocimientos científicos y de actitudes positivas hacia la ciencia para el caso de los maestros en formación (que podrían equipararse a nuestros sujetos motivados), en el presente estudio no encontramos diferencias significativas cuando se evalúan aspectos cognitivos ni procedimentales de manera cuantitativa.

Los resultados obtenidos fueron sorprendentes en cuanto a que se esperaba una ganancia conceptual producto de la visita guiada, e igualmente resulta notoria la poca influencia de la visita guiada sobre la solución de problemas que se utilizaron en la prueba procedimental, que es una de las ganancias que más se buscan como resultado del aprendizaje informal. Aquí igualmente hay una baja capacidad inicial de resolver problemas en la pre prueba, que no se supera después de la experiencia vivida en la sala ni tampoco con la visita guiada, ya que en todos los casos los participantes resolvieron solamente en promedio 11 de las 18 respuestas esperadas.

Estos resultados apoyan la opinión de Motto (2008), de que en muchos museos sigue existiendo un serio problema de comunicación, pues a menudo hay discrepancias entre el mensaje que se envía y el que reciben los visitantes. Hay quienes afirman que más que promover el aprendizaje de conceptos científicos, un museo interactivo contribuye a que el visitante mire a los conceptos científicos como elementos que han de ser usados en la construcción social del conocimiento (Wardekker, 1998).

En el presente trabajo no fue posible comparar las diferencias en aspectos cognitivos, procedimentales y afectivos ya que se utilizaron variables diferentes, aplicadas en distintos tiempos. Y si bien no se observan diferencias estadísticamente significativas en los aspectos procedimental y conceptual basadas en la exploración de variables cuantitativas (número de aciertos), no significa que al detectarlos de manera cualitativa tampoco haya diferencias.

Aquí puede discutirse si los resultados pobres en ganancias tanto conceptual como procedimental como resultado a la visita guiada se deben a que el evento es muy breve o que hayan influido otros factores, como que no se haya puesto atención a la visita, o si el nivel de explicación del guía fue muy elevado y por lo mismo poco comprensible. Habrá que señalar, sin embargo, que como se mencionó en la metodología, se contó con la colaboración del guía más experimentado y mejor preparado en los contenidos de la sala analizada, con lo que se aseguró la homogeneidad de la prueba y se evitó un sesgo debido a la intervención de distintos guías.

A pesar de estos resultados pobres en cuanto a ganancias de aprendizaje, desde la perspectiva cualitativa el aspecto actitudinal muestra distinciones entre grupos, por lo que es posible hablar de un efecto importante de la presencia de los guías en las visitas. Habrá que recordar que una de las cosas que más gustan entre ambos tipos de visita es la presencia del guía, ya que ayuda a resolver dudas. Sin embargo, es indispensable aclarar que las actitudes detectadas no son hacia la ciencia, sino hacia la percepción de la experiencia vivida en el museo.

El guía es ayuda invaluable para recuperar recuerdos e información previa a la visita, además de que reduce notoriamente la difícil aceptación del tema, en buena medida porque resulta confuso. Por cierto, el guía logra atraer la atención al tema principal de la exposición: “la construcción de una idea genial”, mismo que pasa desapercibido en la visita libre.

Pero el efecto más importante de la presencia de un guía es que ayuda a cumplir las expectativas de la visita, entre las que se pueden mencionar el tener acceso a información de calidad, clara, precisa y lúdica, aunque es posible que el guía influya en la opinión de los visitantes en cuanto a sus expectativas, puesto que en la estructura de la visita guiada muestra aspectos como la retroalimentación, que pasan desapercibidos en la visita libre.

Sin embargo, habrá que tomar en cuenta que, en la visita guiada, los visitantes son más sensibles a ciertas incomodidades del ambiente y en particular al ruido, además de que se reportan cansados y presionados. Es de esperar, como sucedió en la visita libre, que en ese caso sea el visitante el que regule los tiempos de recorrido y el cansancio.

En ambas visitas se advierte la necesidad de contar con guías y la presencia de estos es motivo para que el visitante quiera regresar al museo, aunque se tiene claro que el guía debe tener un buen desempeño en términos de manejo de la información y motivación del grupo. Los datos muestran que todos los visitantes que realizaron ambos tipos de recorrido, recomendarían la visita a la sala a otras personas. Aunque solamente en el caso de la visita guiada los entrevistados se refieren a la importancia del tema y a la apreciación del papel del guía para recomendarla.

Aspectos como un deseo de que la visita dure más tiempo habla de que la visita guiada puede incrementar el tiempo de permanencia en la sala. Estos últimos hallazgos llevan necesariamente al asunto de la capacitación de los guías, que implica una seria reflexión acerca de lo que buscamos como resultado de esta. Si queremos adquisición de conceptos y de capacidades para resolver problemas por parte de los visitantes, hay mucho por trabajar, para que en el tiempo tan breve que dura la visita, los guías sean capaces de generar por lo menos la comprensión de algunos conceptos básicos que apuntalan la temática de las exposiciones.

Conclusiones

Debido a las dificultades metodológicas que suelen acompañar a los estudios de visitantes de museos, previamente explicadas en la sección de metodología, las conclusiones de este trabajo, donde se busca definir los efectos sobre la adquisición de conocimientos, resolución de problemas y actitudes frente a la ciencia en las visitas mediadas a una exposición acerca de la evolución biológica, no son generalizables, ya que se trata de una única visita y con un solo guía. Sin embargo, este estudio arroja algunas conclusiones que pueden ser tomadas en cuenta por todos aquellos que utilizan visitas guiadas a los museos de ciencia, en especial el profesorado, así como por aquellos responsables del proceso de mediación museal, entre ellos los guías.

Desde luego, el primer paso para aproximar a los docentes a lo que podría considerarse una visita exitosa consiste, como numerosos estudios ya lo han señalado (por ej. Falk y Adelman, 2003), en preparar la visita. Esto evita enfrentar a los estudiantes a ambientes y conceptos nuevos sin previa información y sensibilización; además, tal preparación de la visita tendrá, sobre todo, la intención de dar a los estudiantes el dominio de su propio aprendizaje, es decir, libertad de acción. El segundo paso se debe dirigir a satisfacer las necesidades de orientación de los estudiantes en un ambiente desconocido como es el museo, aspecto en el que los guías se miran imprescindibles. Por su parte, el tercer paso consiste en buscar que la visita esté enmarcada, al menos, en un aspecto específico de aprendizaje en el que se establezcan

claramente sus propósitos y se puedan generar motivaciones e intereses hacia el tema, aspecto en el que los guías se vuelven aliados de los profesores.

Para que lo anterior se lleve a cabo, es importante que los docentes tengan información sobre los temas que los guías manejan y la profundidad con la que pueden abordarlos; además de que ambos personajes comprendan que el encauzamiento curricular y la comprensión del aprendizaje que ocurre en ambientes educativos informales permite explotar las potencialidades que el museo de ciencias ofrece para el aprendizaje.

El estudio presentado señala también la capacidad de los museos de ciencia para exhibir temas difíciles para el público no especialista, como es el de la evolución biológica, donde es indispensable la presencia de un mediador para generar discusión y crítica dirigida, en el entendido de que para que esto suceda, se requerirá que el guía conozca los contenidos exhibidos con cierta profundidad, y que se base en los conocimientos previos del tema que suelen tener los visitantes (a partir de ejercicios como las pre pruebas aquí utilizadas). Todo esto remite, finalmente, a la necesidad de ofrecer a los mediadores una formación adecuada para dotarles de la seguridad que implica el conocimiento del tema tratado, así como el manejo de herramientas adecuadas de mediación: la capacitación de los guías debe incluir no solo conocimientos profundos acerca del tema, sino también sobre el público estudiantil, la relación con los docentes, y sobre todo, acerca de las distinciones entre el aprendizaje formal (el aula) y el aprendizaje informal (el museo). Todo esto con el fin de hacer de la visita una experiencia productiva y significativa.

Es evidente que estas recomendaciones representan un esfuerzo especial en la formación de los guías, así como trabajo extra para el docente; pero, sobre todo, significan un cambio de actitudes hacia el papel de ambos personajes en el museo, máxime cuando los resultados mostrados en este trabajo señalan que en general la visita guiada tiene buena aceptación. Esto implicará, a su vez, hacer comprender a ambos, pero sobre todo al profesor, que los resultados del aprendizaje informal serán, más que cognitivos, de corte actitudinal y motivacional hacia el autoaprendizaje.

Por otro lado, en la formación del mediador resulta esencial prepararlo como un aliado del profesor, donde se le enseñe cómo evitar durante la intervención la rigidez asociada con el aprendizaje formal, y se haga evidente su función como guía en búsqueda de experiencias abiertas y libres que solo el museo es capaz de proporcionar. En este sentido, una parte básica en la formación del guía reside en el asunto de considerar la complementariedad entre el museo y la escuela, donde el currículum constituye el nexo obligado entre ambas instituciones. Varios estudios señalan que cuando las experiencias de aprendizaje externas a la escuela se integran al currículum, se aumenta el impacto educativo de las visitas (Eshach, 2006); dicho de otra manera, las exhibiciones pierden su eficacia educativa si no se parte de un nexo con el currículum escolar. Habrá que señalar también, como lo hace este mismo autor, que muchos profesores persiguen utilizar el currículum en la visita, no solo para aplicarlo a las exhibiciones interactivas, sino, además, para practicar habilidades de lenguaje, introducir nuevos temas, integrar las propias unidades del currículum e, incluso, generar otro tipo de conexiones con el museo.

Dujovne (1996), de que el resultado positivo de una visita escolar dependerá, en gran medida, del posible entendimiento entre maestros y guías, lo que significa que cada uno comprenda su territorio y sus alcances, refiriéndose con esto a que cada uno conozca su contribución al aprendizaje, así como sus limitaciones y fortalezas.

Agradecimientos

Nos gustaría dar las gracias a Alba Patricia Macías Néstor por su ayuda en la revisión y edición de este manuscrito.

Referencias

- Aguilera-Jiménez, P. (2007). *Los guías de los museos de ciencia como mediadores de la participación de los visitantes*. Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Comunicación de la Ciencia y la Cultura. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, Departamento de Estudios Socioculturales. Tlaquepaque, Jalisco, México: ITESO.
- 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 (5), 415-427.
- Bonato, M.P., Mendes, I. A. y Seibel, M. I. (2007). Acao mediada em museus de ciencias: o caso do Museu da Vida. En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 47-54). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- Camareno-Izquierdo, C., Garrido-Samaniego, M. J. y Silva-García, R. (2009). Generating emotions through cultural activities in museums. *International Review on Public and non Profit Marketing*, 6 (2), 151-165.
- Demastes, S. S., Settlage, Jr. y Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching* 32 (5), 535-550.
- Dujovne, M. (1996). Algunas notas de lectura. En: S. Alderoqui, (Comp.). *Museos y escuelas: socios para educar* (pp. 22-36). Barcelona: Paidós.
- Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: formal, non-formal and informal education. *Journal of Science Education and Technology* 16 (2), 171-190.
- Falk, J. H. y Adelman, L.M. (2003), Investigating the Impact of Prior Knowledge and Interest on Aquarium Visitor Learning. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (2), 163-176.
- Gomes da Costa, A. (2007). Os “explicadores” devem explicar? En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagoran (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 27-30). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- González-Martínez, L. (1998). La sistematización y el análisis de los datos cualitativos. En: R. Mejía-Arauz y S. Sandoval (Coords.), *Tras las vetas de la investigación cualitativa. Acercamientos desde las prácticas* (pp. 155-173). Guadalajara: ITESO.
- Griffin, J. y Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education* 81 (6), 763- 779.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2005). Museos de ciencias y aprendizaje de las ciencias, una relación compleja. *Alambique* 43, 58-66.
- Hooper-Greenhill, E. (1998). *Los museos y sus visitantes*. Madrid: TREA.
- Jensen, M. S. y Finley, F. N. (1996). Changes in student's understanding of resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching* 33 (8), 879-900.
- Johnson, C. (2007). Reflexoes sobre o Technquest. En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagoran (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 31-38) Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

- Lemelin, N. y Bencze, L. (2004). Reflection-on-action at a science and technology museum: Findings from a university-museum partnership. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 4 (4), 467-481.
- Martínez-Gómez, E. M. (2014). ¿Quieres ser un becario por la ciencia? [en línea]. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Agencia informativa. Recuperado de: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/sociedad/museos/546-reportaje-03-dic-becarios-por-la-ciencia>
- McGinnis J. R., Hestness E., Roedinger K., Katz P., Marbach-Ad G. y Dai A. (2012). Informal science education in formal science teacher preparation. En: B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1097-1118). Springer International Handbooks of Education.
- Millar, J. (2004). Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: what we know and what we need to know. *Public Understanding of Science* 13, 273-294.
- Moraes, R., Bertoletti, J. J., Bertoletti, A. C y Sgorla de Almeida, L. (2007). Mediação em museus e centros de ciências: O caso do museu de ciência e Tecnologia da PUCRS (2007). En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 55-66). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- Motto, A. (2008). Peer learning: a strategy for practical explainer training. *Journal of Science Communication* 7 (4), C06.
- Pavao, A. C. y Leitao, A. (2007). Hand-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on! En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 39-46). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- Ribeiro, M. G. (2007). Mediação, a linguagem humana dos museus. En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 67-74). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- Rodari, P. y Merzagora, M. (2007). Mediadores em museus e centros de ciência: Status, papéis e treinamento. Uma visão geral europeia. En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp. 47-54). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.
- Rodari, P. y Xanthoudai, M. (2005). Learning in a museum. Building knowledge as a social activity. *Journal of Science Communication* 4 (3), 5.
- Rogoff, B. (1997). Los tres planos de la actividad sociocultural: apropiación participativa, participación guiada y aprendizaje. En: J. Wertsch, P. Del Río y A. Álvarez (Eds.), *La mente sociocultural. Aproximaciones teóricas y aplicadas* (pp. 118-128). Madrid: Fundación infancia y aprendizaje.
- Sánchez-Mora, M. C. (2000). La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes. Tesis para obtener el grado académico de Doctora en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. División de estudios de posgrado. México, D.F: UNAM.
- Sánchez-Mora, M.C. (2007a). Diversos enfoques as visitas guiadas nos museus de ciência. En: L. Massarani, P. Rodari y M. Merzagora (Eds.), *Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de ciência* (pp.21-27). Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz.

- Sánchez-Mora, M.C. (2007b). La función educativa de los museos de ciencia. En: L. Rico, M. C. Sánchez-Mora, J. Tagüeña y J. Tonda (Coords.), *Museología de la Ciencia: 15 años de experiencia* (pp. 97-128) México, D.F.: Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.
- Sánchez-Mora, M.C. (2007c). Una metodología para evaluar el aprendizaje informal a partir de exhibiciones de museo. En: S. Biro (Coord.), *Miradas desde afuera: investigación sobre divulgación* (pp. 151-172). México, D.F.: Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.
- Sánchez-Mora, M.C. (2011). Los museos y la cultura científica: una aproximación a través del recuerdo de las exhibiciones museográficas. *Revista Museología e Patrimônio* 4 (1), 3-27. <http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus/article/viewFile/137/148>
- Sánchez-Mora, M.C. (2013). La relación Museo-Escuela: tres décadas de investigación educativa. En: C. Aguirre (Ed.), *El Museo y la Escuela, conversaciones de complemento* (pp. 9-23) Medellín, Colombia: Sello Explora-Parque Explora.
- Sánchez-Mora, M.C. y de la Luz-Ramírez, C. (2014). La interacción entre maestros y guías en los museos de ciencia: un asunto de comunicación. *Revista Diálogos de la Comunicación* 88.
- Scharmann, L. (1993). Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (4), 375-388.
- Settlage, J. y Jensen, M. (1996). Investigating the inconsistencies in College student responses to natural selection test questions. *Electronic Journal of Science Education* 1 (1). Recuperado de: <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7553/5320>
- Tal, R., Bamberger, Y. y Morag, O. (2005). Guided School visits to Natural History museums in Israel: Teachers' roles. *Science Education* 89 (6), 920-935.
- Tal, T. y Morag, O. (2007). School visits to Natural History Museums: Teaching or enriching? *Journal of Research in Science Teaching* 44 (5), 747-769.
- UNAM (2015). ¡Becarios por la ciencia! México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.universum.unam.mx/becarios.php>
- Vázquez, A. A. y Manassero, M. A. (2008). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. *Revista Electrónica de Investigación educativa*, 9 (1), 1-22.
- Wardekker, W.L. (1998). Scientific concepts and reflection. *Mind, Culture and Activity*, 5 (2), 143-153.
- Zana, B. (2005). History of the museums, the mediators and scientific education. *Journal of Science Communication* 4 (4), 1-6.

Anexo A**PRUEBA CONCEPTUAL** (Sánchez-Mora, 2007c)

Le agradecemos conteste a las siguientes preguntas.

Por favor indique los siguientes datos:

Carrera original: _____

Nivel de estudios: _____

¿Es docente? _____ ¿De qué nivel? _____ Materia que imparte: _____

A. PRIMERA PARTE

Instrucciones: tache la o las opciones que considere correctas.

1. Los fósiles son:

- Cuentos acerca de la creación del mundo.
- Pruebas de que la evolución ha ocurrido.
- Evidencias de la existencia de vida en el pasado.

2. Las siguientes son evidencias que Darwin encontró acerca de la evolución:

- El Beagle, la cría de perros, la muerte de las mariposas.
- Los fósiles, la distribución de los organismos, las homologías entre organismos.
- Los pinzones, los grandes mamíferos extintos, los armadillos gigantes.

3. Las tres ideas clave para que Darwin planteara su teoría son:

- La selección artificial, la variación y la competencia.
- La formación de nuevas especies, la fosilización y la extinción.
- Las tradiciones, las homologías y la especiación.

4. Los resultados de la evolución son:

- Adaptación y diversidad.
- Reproducción y variación.
- Competencia y selección natural.

5. Un requisito para que surja una nueva especie suele ser:

- La separación geográfica entre los organismos de una población.
- Que pase mucho tiempo después de que una población se separe.
- Que un grupo de organismos se vuelva tan diferente que ya no se cruce con los del grupo original.

6. Una especie se distingue de otra porque:

- Se parece mucho físicamente.
- No se pueden cruzar entre sí
- Sus miembros solo se pueden reproducir entre sí.

B. SEGUNDA PARTE

Subraye la respuesta correcta

1. La extinción es:
Rara en la historia de la vida.
Muy común en la historia de la vida.
2. La evolución puede ocurrir:
Gradualmente o por saltos.
Solo cuando hay extinciones.
3. Todos los organismos poseen:
Ancestros, algunos comunes a varios grupos.
Descendientes muy semejantes a los organismos originales.
4. En el registro fósil es posible notar:
La evolución de muchos grupos de organismos.
Que los organismos tienden a ser perfectos.
5. Un conocimiento que le faltó a Darwin para explicar la variación era:
La forma en que ocurre la herencia La selección natural.
Otras ideas que complementan.
6. La idea de la evolución son:
La selección natural y la estructura del ADN.
La edad de la Tierra y la deriva continental.
7. Los humanos somos mamíferos más parecidos a:
Las ballenas Los primates
Los gatos.
8. Los humanos:
Descendemos de un ancestro común como los antropoides.
Descendemos directamente de los antropoides.
9. La evolución:
No se puede ver, solo se puede uno imaginar.
Se puede notar en organismos que se reproducen rápidamente.
10. La evolución:
Es estudiada actualmente por muchos científicos.
Solo se estudió en la época de Darwin.

C. TERCERA PARTE

Tache la o las respuestas correctas.

1. Para que haya evolución se necesita:
 Variación.
 Selección natural.
 Especiación.
 Adaptación.
2. Para que la selección natural actúe se necesita:
 Variación.
 Especiación.
 Adaptación.
 Lucha por la existencia.
3. Las variaciones se deben a:
 Mutación.
 Reproducción sexual.
 El ambiente.
 La selección natural.
4. Las variaciones causadas por el ambiente:
 Se transmiten a los descendientes.
 Influyen en la evolución.
 No afectan a los organismos.
5. La evolución es:
 Un hecho.
 Un proceso asociado con la vida.
 Un fenómeno que puede ser estudiado por la ciencia.

Anexo B

PRUEBA PROCEDIMENTAL (Sánchez-Mora, 2000)

Carrera original:

Grado de estudios:

Recibió visita guiada:

Por favor conteste las siguientes preguntas:

A. PRIMERA PARTE

Instrucciones:

De los tres números que se encuentran entre la frase de la derecha y la de la izquierda, tacha el que creas que es la mejor opción para completar la idea.

Tacha el 1 si solo la frase de la izquierda es correcta

Tacha el 2 si no sabes o no te acuerdas

Tacha el 3 si solo la frase de la derecha es correcta

1. Los venados primitivos de Canadá tenían pelo claro, actualmente esos venados son de color café, aunque la característica de pelo café...

apareció en los venados primitivos porque vivir en la montaña necesitaban pelo café para confundirse con el ambiente montañoso	1	2	3	apareció en los venados primitivos como un cambio casual
--	---	---	---	--

2. Las poblaciones ancestrales de liebres de Alaska tenían pelo blanco pero...

en las poblaciones ancestrales de liebres de Alaska surgieron liebres de pelo negro por cambios o mutaciones. Estas liebres negras sobrevivieron en lugar de las de pelo blanco	1	2	3	como resultado de vivir en la taiga, el pelo de las liebres de Alaska cambió lentamente de blanco a negro
---	---	---	---	---

3. Si una población de comadreas de pelo blanco fuera llevada a vivir en un lugar sin nieve...

las comadreas desarrollarían poco a poco pelo oscuro para confundirse con el nuevo ambiente	1	2	3	algunas morirían porque serían fácilmente encontradas por ser depredadores
---	---	---	---	--

4. Ciertas poblaciones de peces que viven en las cuevas son ciegos porque...

se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas	1	2	3	los peces con visión murieron sin dejar descendencia
---	---	---	---	--

5. ¿Cómo podría explicarse que ciertas especies de peces que viven en las cuevas sean ciegos?

porque ciertos peces de la población, que tenían la característica de falta de visión se reprodujeron exitosamente, hasta que aumentó su proporción en la población	1	2	3	como no utilizaban la vista, los peces que vivían en las cuevas heredaron a sus hijos la característica de una "menor habilidad" para ver, hasta que evolucionaron a peces ciegos
---	---	---	---	---

6. Nativos de Fidji tienen la piel negra porque...

porque ciertos peces de la población, que tenían la característica de falta de visión se reprodujeron exitosamente, hasta que aumentó su proporción en la población	1	2	3	en cada nueva generación los nativos van teniendo la piel cada vez más oscura que sus padres
---	---	---	---	--

B. SEGUNDA PARTE

Instrucciones: Para las siguientes preguntas tacha la letra que corresponda a la pregunta correcta.

1. Los chitas son felinos capaces de correr a más de 100km/h al cazar a sus presas ¿De qué manera explicarías cómo surgió esa habilidad para correr tan rápido si se supone que los ancestros de los chitas corrían tan solo a 30km/h?

- L) Las generaciones de chitas pudieron correr cada vez más rápido porque ejercitaban mucho sus patas.
- T) Como sus presas eran muy veloces, los chitas corrieron cada vez más rápido.
- O) Debido a que los chitas corrían cada vez más rápido desarrollaron músculos mejores.
- D) Algunos chitas pudieron correr más rápido y heredaron esta característica a sus hijos.
- N) Otra:

2. Un gran número de bacterias son actualmente resistentes a los antibióticos como la penicilina porque:

- L) Las bacterias fueron desarrollando poco a poco resistencia a la penicilina, heredándosela a sus hijos; los que a su vez fueron más resistentes que sus abuelos.
- T) La naturaleza formó bacterias resistentes a los antibióticos.
- O) Algunas bacterias aprendieron a adaptarse a la penicilina.
- D) Algunas bacterias eran resistentes al antibiótico antes de que éste se empezara a usar y heredaron a sus descendientes esta característica.
- N) Otra:

C. TERCERA PARTE

Instrucciones: Cada una de las siguientes preguntas contiene dos partes. En la primera tacha la opción que mejor completa la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 o 2. En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, tacha una de las tres opciones marcadas con las letras A, B, C, que explique mejor tu primera elección.

EJEMPLO:

Todas las plantas verdes:

1. Necesitan bióxido de carbono
2. Requieren de suelo

PORQUE:

- A. Sin él no pueden respirar
- B. De él se nutren
- C. Es indispensable para la fotosíntesis

Explicación: Necesitan bióxido de carbono es la respuesta correcta para la primera parte porque las plantas pueden crecer sin suelo. En la segunda parte, la respuesta correcta es que es indispensable para la fotosíntesis. Por tanto tendrías que tachar el 1 en la primera parte, y la letra C en la segunda.

I. Los halcones actuales pueden volar a velocidades hasta de 100km/h. Supón que sus ancestros volaban a velocidades menores. La habilidad de volar más rápido probablemente se debió a que:

1. Surgió en todos los halcones en poco tiempo
2. Hubo un aumento en el porcentaje de halcones más veloces

PORQUE:

- A. En un momento hubo un cambio heredable que fue seleccionado en algunos halcones.
- B. Mientras los halcones usaban más sus alas, más veloces se volvieron y eran mejores cazadores.
- C. La necesidad de atrapar a sus presas hizo que volaran más rápido y las alcanzaran con mayor facilidad.

II. Ciertas gacelas de patas largas pueden alimentarse con mayor facilidad en zonas de pastos altos. Si se transportara a una gran población de gacelas de patas cortas a una isla remota llena de pastizales altos:

1. Algunas gacelas vivirían y otras morirían.
2. Las gacelas desarrollarían poco a poco patas largas.

PORQUE:

- A. Las patas de todas las gacelas cambiarían lentamente hasta que ayudaran mejor a la alimentación.
- B. Las pocas gacelas que tuvieran patas largas sobrevivirían para reproducirse.
- C. Las patas de cada gacela cambiarían de la misma manera puesto que todas las gacelas están relacionadas entre sí.

III. Los osos que viven en Siberia tienen una capa de grasa bajo la piel. Sus ancestros pudieron haber tenido una capa de grasa menos gruesa que la actual. A través de los siglos, ocurrieron tales cambios en los osos ya que:

1. La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa se engrosara.
2. Cada generación más osos iban teniendo una capa de grasa más gruesa.

PORQUE:

- A. Los osos querían adaptarse al medio ambiente.
- B. Las criaturas heredaron a sus padres una capa más gruesa de grasa.
- C. Los pocos individuos que tenían una capa de grasa más gruesa, sobrevivieron y tuvieron criaturas.

IV. Hace muchos años los mosquitos causantes de la malaria eran controlados con el insecticida DDT. Recientemente los químicos han encontrado que los mosquitos ya no son atacados por el DDT. La razón de este cambio es que:

1. Cada generación un mayor número de mosquitos no son afectados por el DDT.
2. A través de los años, todos los mosquitos van siendo gradualmente menos afectados por el DDT.

PORQUE:

- A. En cada generación, los mosquitos que sobrevivían al DDT tenían descendencia.
- B. La necesidad de sobrevivir hizo que los mosquitos cambiaran.
- C. El uso del DDT provocó una mutación en el ADN de los mosquitos.

V. Una población de peces estaba formada por individuos que tenían escamas oscuras o claras. El estanque donde solían vivir tenía fondo con rocas oscuras y claras. Recientemente una constructora sacó las rocas claras y dejó las oscuras. El efecto de la extracción de rocas claras sobre los peces será que cada generación:

1. Los peces claros desarrollarán escamas cada vez más oscuras.
2. Habrá una proporción mayor de peces oscuros en la población.

PORQUE:

- A. Los peces se adaptarían a los cambios de su ambiente.
- B. La necesidad de sobrevivir haría que los peces cambiaran de color.
- C. Solo los peces con escamas oscuras escaparían a sus depredadores y sobrevivirían hasta reproducirse.

VI. Algunos chapulines pueden dar saltos de hasta 1m de altura. Supón que los chapulines actuales tenían ancestros que no saltaban tan alto. La habilidad para saltar tan alto probablemente:

1. Se desarrolló para todos los chapulines en unas cuantas generaciones.
2. Implicó un incremento en el porcentaje de chapulines que podían saltar más alto.

PORQUE:

- A. Mientras más usaban sus patas, los chapulines podían efectuar saltos cada vez más altos.
- B. Primero hubo un cambio genético en unos cuantos chapulines y éstos se reprodujeron más.
- C. La necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más alto.

VII. Las flores que tienen una corola corta son más fácilmente polinizadas por una avispa. Si una gran población de flores fuera sembrada en un jardín lleno de avispas que sólo polinizan flores de corola larga:

1. Algunas flores morirían y otras vivirían.
2. Las flores desarrollarían cada vez corolas más largas.

PORQUE:

- A. Las flores que tengan corolas largas sobrevivirían hasta reproducirse.
- B. Las flores de corola corta necesitan corolas largas para sobrevivir.
- C. Las corolas de las flores cambiarían lentamente hasta que tuvieran la longitud necesaria para ser polinizadas.

VIII. Una población de perros esquimales vive en un área que, aunque normalmente es fría, ha tenido varios años de veranos muy calientes y secos. Si los veranos continuaran así en el futuro, se esperaría que:

1. Algunos perros sobrevivirán pero otros morirán por la sequía.
2. Todos los perros se adaptarán al clima seco.

PORQUE:

- A. La necesidad de sobrevivir a los veranos causó que los perros desarrollaran un pelaje más corto y menos denso.
- B. Algunos perros tienen la capacidad de perder el calor y sobrevivir a la sequía.
- C. Los perros lograrán soportar el clima cálido y seco y sobrevivir a la sequía.

IX. Los halcones que cazan al vuelo tienen un agudo sentido de la vista, pero sus ancestros pudieron no haber visto tan bien. Los halcones actuales tienen un mejor sentido de la vista ya que:

1. La necesidad de cazar al vuelo determinó que aumentara su sentido de la vista.
2. En cada generación, más halcones veían mejor.

PORQUE:

- A. Para cazar mejor, los halcones necesitaban ver mejor a sus presas en movimiento que sus ancestros.
- B. Las crías heredaron mejor sentido de la vista que sus padres y a su vez lo transmitieron a sus hijos.
- C. Los halcones que veían mejor, se alimentaban mejor y tenían más crías.

X. En una población de mariposas algunas tienen las alas rojas, mientras que otras las tienen amarillas. En el lugar donde viven estas mariposas hay flores con pétalos rojos y con pétalos amarillos. Hace poco una enfermedad atacó a las flores amarillas y acabó con ellas. El efecto que tendrá la desaparición de flores amarillas sobre las mariposas es que:

1. Las mariposas amarillas perderán poco a poco su color.
2. Aumentará la proporción de mariposas rojas.

PORQUE:

- A. Solo las mariposas rojas escaparán a sus depredadores y se reproducirán.
- B. Las mariposas se irán adaptando a los cambios del ambiente.
- C. Para sobrevivir, las mariposas cambian el color de su cuerpo.