

---

## LA PERCEPCIÓN DEL TIEMPO EVOLUTIVO

FRANCESC MESTRES  
CONCEPCIÓN ARENAS

---

**ABSTRACT.** When teaching evolution, one of its main problems is to transmit properly the magnitude of time to students. At the beginning of our course on evolution, we tried to explore the students' knowledge concerning evolutionary time. For this purpose, we administer a test (to be voluntarily returned after two days) containing eight questions on the concept of time in evolution. The students must answer to the assignation of the origin of the universe, the Earth, the life in our planet, the eukaryotic cell, the modern human being and others. In general, the students answered correctly to the origin of the universe, the Earth and the planet's life. A good correlation occurs between the answers on the origin of the Earth and the origin of the life. Poor results were obtained in the rest, probably due to their particularity as evolutionary events.

**KEY WORDS.** Concept of time, evolution, origin of universe, origin of the Earth, origin of life, modern human being, eukaryotic cell, time of divergence.

---

Un tema fundamental en evolución biológica es el concepto del tiempo. Cualquier suceso o fenómeno evolutivo debe estar correctamente referenciado en su correspondiente escala temporal. Este es un concepto crucial, puesto que la evolución biológica se define como el cambio de los seres vivos a lo largo del tiempo. A pesar de su importancia, es muy difícil tener una percepción de las magnitudes temporales y saber referenciar correctamente los sucesos evolutivos en la escala del tiempo. Este trabajo se planteó a partir de una serie de observaciones sobre la mala percepción de la escala del tiempo en biología evolutiva. Al finalizar un curso de la asignatura "Origen de la Vida y Evolución", materia troncal para los estudiantes de la licenciatura de biología de la Universitat de Barcelona, un alumno efectuó el siguiente comentario: "La evolución está bien, pero todavía no entiendo cómo el cuello de las jirafas se ha alargado en tan poco tiempo". Durante el curso habíamos trabajado muchos aspectos de

---

Departament de Genètica, Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona, Av. Diagonal, 645, 08071-Barcelona (Espanya) / [fmestres@ub.edu](mailto:fmestres@ub.edu)  
Departament d'Estadística. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.

la evolución, cuantificando frecuencias génicas, estudiando el efecto de las diferentes fuerzas evolutivas, presentado los diferentes procesos de especiación, etcétera, y, con todo, un concepto crucial como la escala temporal de los sucesos evolutivos no se había comprendido. En un conocido periódico de ámbito estatal aparecía una entrevista con un famoso genético español y aparecía escrito que el hombre y la mosca de la fruta (*Drosophila*) divergieron hace “unos quinientos años”. Con toda certeza se trató de un error editorial, puesto que se había omitido la palabra “millones”. Es evidente que los linajes evolutivos del hombre y la *Drosophila* no se separaron poco después de la llegada de la expedición de Colón a América. Una noticia similar apareció en otro rotativo en el que se comentaba que las líneas evolutivas del ratón y el hombre se separaron “hace ochenta años”. También se olvidaron la palabra “millones”. Ochenta años es una escala temporal totalmente absurda, ya que implicaría, por ejemplo que nuestros abuelos nacieron antes de que dichos linajes se separasen. El problema no son sólo los errores de imprenta, sino que además pasaran totalmente inadvertidos.

En una publicación previa en esta misma revista (Mestres 2002) se abordó un poco esta cuestión. Dada la relevancia del tema creímos adecuado realizar un estudio algo más detallado. En concreto, pensamos que sería útil valorar los conocimientos de nuestros estudiantes antes de cursar la asignatura “Origen de la Vida y Evolución” y así intentar corregir sus deficiencias respecto a este concepto.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Se pasó una encuesta a un grupo de alumnos de la mencionada asignatura, que se cursa en el cuarto cuatrimestre (segundo cuatrimestre del segundo curso) de la licenciatura de biología de la Universitat de Barcelona. Es una materia troncal de universidad y por lo tanto la deben realizar todos los alumnos de nuestra institución.

Se repartió la encuesta el primer día del curso, ya que el objetivo era averiguar sus conocimientos sobre la noción del tiempo evolutivo antes de iniciar las clases. A los estudiantes se les dijo que la encuesta era voluntaria, anónima y que la respondiesen en su casa sin consultar fuentes bibliográficas ni comentarla con otros compañeros. Debían entregarla como máximo tres días después, para evitar que recibiesen información sobre la materia que pudiese falsear los resultados. Las cuestiones que se les repartieron fueron las siguientes:

1. ¿Cuántos años hace que se originó el universo?
2. ¿Cuántos años hace que se formó la Tierra?
3. ¿Cuántos años hace que apareció la vida en la Tierra?
4. ¿Cuántos años hace que apareció la primera célula eucariota?

5. ¿Cuántos años hace que existe la molécula de la globina  $\alpha$  en los seres vivos?
6. ¿Cuántos años hace que se originó el hombre moderno en la Tierra?
7. ¿Cuántos años crees que han pasado desde que el linaje (línea evolutiva) que lleva al ratón divergió (se separó) del linaje que lleva al hombre?
8. La especie A tiene su antepasado directo (especie X) detectado en el registro fósil hace 25'000 000 años, mientras que la especie B tiene como antepasado directo a la especie Y, detectada hace  $3.1 \times 10^6$  años. ¿Cuál de las dos especies (X o Y) es más antigua?

Las tres primeras preguntas son de ámbito muy general y era de esperar que para bastantes alumnos la respuesta fuese conocida, ya por su formación educativa previa o bien por su cultura general (espacios televisivos de divulgación, libros sobre temas generales de ciencia, etcétera). La cuarta es más concreta y seguramente menos encuestados la podrían responder correctamente. La quinta es particularmente difícil de contestar acertadamente pues es la datación de un fenómeno concreto de evolución molecular. Difíciles, aunque un poco más generales son las dos cuestiones siguientes. Era posible que algunos estudiantes las pudieran responder según su formación general o si tenían algún conocimiento previo en antropología física. La cuestión final se trata de un pequeño cálculo en el que hay diferentes formas matemáticas de presentar la cuantificación del tiempo.

Por último, para valorar si las respuestas de nuestros estudiantes eran adecuadas hemos tomado como referencia los valores que aparecen en libros divulgativos y de texto del ámbito de la evolución. En algún caso (para las preguntas 1 y 6) hemos recurrido también a fuentes más especializadas.

#### RESULTADOS

De un total de 64 alumnos matriculados en el grupo solamente respondieron la encuesta 25 (39.06 por ciento) y no todos contestaron la totalidad de las preguntas. El análisis que se presenta a continuación es la cuantificación de las respuestas obtenidas pregunta a pregunta. Así, respecto a la primera (datación del origen del universo), parece que el *Big Bang* se produjo entre 11 000-12 000 a 20 000 millones de años atrás (Avers 1989; Stearns and Hoekstra 2000). Recientemente la NASA ha presentado la estima de 13 700 millones de años, con un margen de error cercano al uno por ciento, obtenida por la sonda WMAP ([http://map.gsfc.nasa.gov/m\\_mm/mr\\_age.html](http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm/mr_age.html)) actualizada en enero de 2005. Esta pregunta fue respondida por 23 estudiantes. Un total de 12 alumnos la contestaron correctamente, es decir, dentro del rango actualmente aceptado (52.17 por ciento). Valores

más elevados de esta cifra fueron afirmados por 5 estudiantes (entre 65 000 a 50 000 millones de años atrás). El valor máximo fue de “trillones” (un caso). Hay que recordar que en castellano (en inglés de Estados Unidos se sigue otra notación) un trillón se corresponde a  $10^{18}$ , lo cual es una auténtica exageración. Valores más bajos que los comúnmente aceptados fueron expresados por 4 estudiantes (rango desde 1 000 a 7 500 millones de años). Alguno de ellos contestó un valor cercano al origen de la Tierra, objeto de la segunda pregunta. Finalmente uno dató el origen del universo en un valor muy bajo, 5 millones de años.

La siguiente pregunta hacía referencia a la datación del origen de la Tierra. Actualmente se estima que nuestro planeta se formó aproximadamente entre unos 4 500 y 4 800 millones de años atrás (Avers 1989; Margulis and Sagan 1995; Ridley 1996; Futuyma 1998; Stearns and Hoekstra 2000). Esta pregunta fue contestada por 23 alumnos. Un total de 9 estudiantes la contestó correctamente (valores entre 4 500 a 4 800 millones de años), mientras que 8 se aproximaron bastante a esta cifra. En total se podría decir que el 73.91 por ciento de los encuestados la respondieron bien o casi bien. Un par de alumnos contestó valores algo mayores: 6 000 y 7 500 millones de años. Los valores extremos fueron por alto 150 000 millones (2 estudiantes) y por bajo 400 millones y 5 millones (un estudiante en cada caso). Curiosamente este último alumno dató en la misma cifra el origen del universo y el de la Tierra.

La pregunta sobre cuándo se originó la vida en la Tierra fue contestada por 23 estudiantes. En general se acepta que la vida en nuestro planeta apareció entre 3 500 y 4 000 millones de años atrás (Avers 1989; Skelton 1993; Margulis and Sagan 1995; Ridley 1996; Freeman and Herron 1998; Futuyma 1998; Stearns and Hoekstra 2000; Fontdevila y Moya 2003). Un total de 16 estudiantes respondió correctamente, es decir, dentro del intervalo temporal actualmente aceptado. Dos dieron el valor de 3 000 millones y otros dos 4 500 millones, por tanto bastante aproximados. Se podría decir que en sentido amplio respondieron bien 20 de los 23 alumnos (86.96 por ciento). Los tres restantes dieron cifras claramente fuera del rango aceptado: 300, 20 000 y 60 000 millones de años.

Como estas tres cuestiones las consideramos fundamentales, quisimos averiguar si las respuestas de los alumnos estaban relacionadas entre ellas. Los estudiantes que respondieron a las tres primeras preguntas fueron 21, de los cuales excluimos el que respondió “trillones” respecto al origen del universo, puesto que este valor exageradamente alto distorsionaba los resultados de los análisis. Calculamos el valor del coeficiente de correlación entre las respuestas de la pregunta 1 con las de la 2, las de la 1 con las de la 3 y finalmente las de la 2 con las de la 3:

Preguntas analizadas	Coefficiente de correlación	Porcentaje explicado
1-2	0.4499	20.24
2-3	0.8653	74.88
1-3	0.4523	20.46

Solamente se observa una buena correlación entre las preguntas 2 y 3 (0.8653), es decir, las respuestas respecto al origen de la Tierra están correlacionadas con las relativas al origen de la vida en nuestro planeta. Así, el responder respecto a una de ellas explica el 74.88 por ciento de lo contestado en la otra pregunta.

Continuando con el resto de cuestiones, más difícil era la pregunta referente a la datación de la aparición de la célula eucariota, ya que es un tema más especializado y ha sido menos tratado en el ámbito divulgativo. Se estima que la primera célula eucariota surgió aproximadamente entre 1 250 y 2 100 millones de años (Avers 1989; Skelton 1993; Margulis and Sagan 1995, Ridley 1996; Freeman and Herron 1998; Futuyma 1998; Stearns and Hoekstra 2000). Esta cuestión fue contestada por 20 estudiantes con una gran dispersión de valores. Sólo cinco respondieron cifras dentro de los márgenes aceptados en la bibliografía (25 por ciento de los que contestaron la pregunta). Si agrupamos todas las respuestas comprendidas entre 1 000 y 3 000 millones de años se tienen un total de 15, incluyendo en ellas a las 5 anteriores (entonces el porcentaje sube hasta el 75 por ciento). Los restantes valores que aparecen en las encuestas son: 10 000 (dos casos), 4 000, 540 y 200 millones de años.

Se ha comentado previamente que la pregunta referente a la aparición de la globina  $\alpha$  era considerada difícil de responder correctamente dada su dificultad. Además, la cuestión no está formulada con precisión. Hubiese sido más acertado preguntar en qué momento se produjo la separación de los linajes de la familia de la globina  $\alpha$  y de la familia de la globina  $\beta$ . La respuesta a esta cuestión no aparece en muchos libros de texto, sino que se muestra como ejemplo de superfamilia génica en algunos de ellos. Las estimas respecto a la separación de los linajes de la globina  $\alpha$  y  $\beta$  estarían comprendidas entre 450 y 500 millones de años atrás (Ayala and Kiger 1984, Li 1997). Esta pregunta fue contestada tan solo por 10 de los encuestados. Un único estudiante respondió dentro del rango considerado correcto (10 por ciento). Los otros 9 valores eran dispersos: 10, 25, 50, 180, 700, 1 000, 2 500, 30 000 millones de años y uno respondió 100 000 años. Las últimas dos cifras eran exageradamente alta y baja respectivamente.

La siguiente pregunta hace referencia a un tema muy actual, la aparición del hombre moderno. Hay que reconocer que es difícil la de-

finición de qué se entiende científicamente por ‘hombre moderno’ y por tanto datar su aparición. Nosotros tomamos como referencia los valores más comúnmente aceptados, tanto en libros de texto de evolución (basados en el registro fósil y en estudios antropológicos) como en recientes estudios de evolución molecular. En general se admite que el hombre moderno apareció en nuestro planeta entre 30 000 y 200 000 años atrás (Ayala 1995; Ayala and Escalante 1996; Freeman and Herron 1998; Futuyma 1998; Ayala 2000; Stearns and Hoekstra 2000; Fontdevila y Moya 2003). La pregunta fue contestada por 21 estudiantes. Un total de cuatro estudiantes (19.05 por ciento) respondieron dentro del intervalo comúnmente aceptado de 30 000 a 200 000 años. Un alumno se acercó bastante dando la cifra de 25 000 años. Entre 250 000 y 3 millones de años respondieron 11 encuestados. Luego está el grupo de alumnos que respondieron cifras muy grandes (35, 70 y 100 millones) o muy pequeñas (1 000 y 6 000 años). La respuesta de mil años atrás es ciertamente “curiosa”, ya que nos referiríamos aproximadamente al año 1 000 de nuestra era (idespués de Cristo!). Así pues, para este estudiante las civilizaciones clásicas de griegos y romanos, entre otras, no estarían formadas por hombres modernos.

La penúltima pregunta hace referencia a la separación de dos líneas evolutivas concretas dentro de los mamíferos. De hecho, es un ejemplo que hemos comentado en la Introducción y queríamos ver cómo lo cuantificaban los alumnos. La datación correcta de este fenómeno es de unos 80 millones de años (Hartl and Clark 1997; Freeman and Herron 1998). Solamente 15 encuestados respondieron la pregunta. Entre 50 y 100 millones de años respondieron 7 alumnos y otros estarían más o menos cercanos a estos valores (10, 30, 40 y 150 millones de años). Las otras cifras propuestas por los restantes encuestados fueron valores ciertamente bajos (1 millón, 200 00 y 3 000 años). La respuesta de 3 000 años carece totalmente de lógica ya que la divergencia entre las líneas evolutivas que llevan al hombre y al ratón tuvo lugar, según este alumno 1 000 años antes de Cristo. Otro detalle adicional, y que no habíamos previsto, es que en la encuesta todas las preguntas están ordenadas en el marco temporal, yendo de sucesos más antiguos (origen del universo, origen de la Tierra, etcétera) a más modernos, con la excepción de la presente pregunta respecto a la anterior. Algunos estudiantes (3) han ido dando cada vez dataciones más recientes progresivamente incluso en estas dos preguntas, respondiendo más años en la pregunta anterior (origen del hombre moderno) que en la presente.

La última cuestión, que de hecho era la ejecución de un pequeño cálculo, fue contestada por 24 alumnos. La respuesta correcta era la especie X, aunque esta pregunta presenta una pequeña incorrección en su enunciado puesto que no se indicaba explícitamente que las especies A y B son

actuales. Aunque la mayoría de encuestados las consideró como especies actuales, uno contestó que no se podía saber, ya que dependía de la datación de las especies A y B. Hay respuestas particulares que merecen atención. Así, en una se comenta que no se puede saber, ya que deberíamos conocer en el registro fósil el antepasado común a las especies X e Y. Un estudiante contestó que no podía responder ya que el enunciado no dice cuándo aparecieron las especies X e Y. En otra se comenta que es necesario conocer la datación absoluta del momento de la aparición de las especies X e Y. Otra repuesta particular fue que no podemos saber cuál era la más antigua, ya que, según el alumno que la contestó, el enunciado sólo dice cuándo se extinguieron las especies, pero no cuándo surgieron. Según este estudiante aparecer en el registro fósil es sinónimo de momento de extinción. Un estudiante fue totalmente ilógico y contestó la especie A. Finalmente 15 (62.5 por ciento) respondieron que la especie X era la más antigua, mientras que 3 contestaron que era la Y (12.5 por ciento).

#### DISCUSIÓN

En primer lugar quisiéramos destacar el hecho de que tan pocos de nuestros estudiantes hayan contestado el cuestionario (únicamente el 39.06 por ciento). Ello provoca que nuestras conclusiones sean solamente indicativas de las tendencias del conocimiento de nuestros alumnos sobre los temas tratados y que no se pueda afirmar nada con certeza. Nos preguntamos también por qué una encuesta voluntaria, sin valor de puntuación en el expediente académico y anónima tuvo una respuesta tan escasa. Una de las posibles causas es la progresiva implantación en nuestro país, aunque sea en forma de experiencias piloto, del formato educativo de los créditos europeos (*ECTS, European Credit Transfer System*). Este nuevo concepto conlleva que todas las actividades realizadas por los estudiantes se contabilicen en su expediente académico Arenas (2003), Mestres (2004). Como ellos ya han realizado pruebas de este tipo, el hecho de que el presente cuestionario no se contabilice de ninguna forma en la nota de la asignatura hace que muchos estudiantes posiblemente no considerasen interesante dedicar un tiempo en responderlo.

Si nos centramos en el tema principal del presente trabajo, es sin duda muy importante en evolución saber situar los sucesos acaecidos en su correspondiente marco temporal. Ello es sin duda difícil, ya que muchas veces no tenemos puntos de referencia. Por ejemplo, si nos movemos en el plano histórico nos es más asequible conocer el marco temporal y situar unos sucesos respecto a los otros. Así, tenemos unas buenas referencias históricas como son el siglo de Pericles, el nacimiento de Jesucristo, el inicio de la invasión árabe de España, la caída de Constantinopla, el descubrimiento de América por Colón, etcétera. Los demás acontecimientos

históricos pueden ser referenciados por nuestra mente según estos puntos. Si nuestros conocimientos en historia son amplios, tendremos una visión más detallada de la correspondiente escala de tiempo y será más fácil ubicar nuevos sucesos. En el caso de las preguntas evolutivas formuladas en el presente cuestionario es realmente muy difícil precisar el marco temporal. No existen referencias históricas y además las magnitudes son enormes y difícilmente imaginables. Quizás las tres primeras dataciones preguntadas son de las más conocidas debido a la gran cantidad tanto de publicaciones como de programas de televisión de corte divulgativo. Es de destacar que bastantes libros (de texto y de divulgación) acostumbran contener gráficos cuya longitud relativa da idea del tiempo transcurrido entre los diversos sucesos evolutivos que se reseñan. Ejemplos de diferentes tipos de gráficos pueden verse en Avers (1989) y en Margulis and Sagan (1995). Sin duda, son unos buenos aliados para trabajar el problema que nos planteamos. También es muy posible que otros investigadores-docentes y sus correspondientes alumnos con otro enfoque de la evolución, por ejemplo los paleontólogos, tengan una mejor percepción de la escala temporal de los sucesos evolutivos. Es realmente una lástima que los estudios en biología normalmente no tengan en cuenta la paleontología. Por ejemplo, los alumnos de nuestra facultad tienen una visión escasa de la paleontología en la asignatura de “Origen de la Vida y Evolución”, aunque es impartida por profesionales del área. Si nuestros estudiantes quieren conocer en profundidad dicha materia la han de escoger como electiva y es ofertada por la Facultad de Geología.

La otra cuestión interesante respecto al tiempo evolutivo es conocer qué significan en realidad las cifras que se barajan. Nuestra mente se mueve en la vida cotidiana en márgenes de unos pocos miles de años, desde unos albores históricos que más o menos conocemos hasta nuestros días. Somos capaces de reconocer fenómenos históricos de hace unos 3 000 años antes de Jesucristo y poca cosa más. Es muy difícil tener conciencia de lo que representa un millón de años. Muchas veces estas cantidades no sorprenden puesto que son de uso común en nuestra sociedad, pero carecen de la correspondiente interpretación (Mestres 2002). También se debe tener en cuenta que en evolución existe otra forma de medir el tiempo, que es el número de generaciones. En el ámbito de la genética de poblaciones cuantificamos los cambios evolutivos en el transcurso de las generaciones. En cada generación se transmiten los genes y dicho proceso se ve afectado por las diferentes fuerzas evolutivas (la selección natural y otras como la deriva genética, la mutación, etcétera). El medir el tiempo en generaciones tiene una importancia capital, ya que cada especie tiene sus correspondientes tiempos de generación. Por tanto, no es equivalente un año en la especie humana que en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* o en la bacteria intestinal *Escherichia coli*. Nuestro tiempo de generación se mide

en años, el de la mosca en días y el de la bacteria en minutos. Así, en un año nosotros no hemos obtenido una nueva generación, las moscas *D. melanogaster* pueden haber producido bastantes (en condiciones óptimas de 25 centígrados de temperatura, más de 24 generaciones) y si las bacterias están en condiciones ideales, *E. coli* da lugar a una nueva generación cada 45-50 minutos, y luego en un año produce muchísimas generaciones. En cada generación pasan los genes de progenitores a descendientes y por tanto es posible el cambio evolutivo. Por ejemplo, desde que apareció el primer procariota ancestral hasta la actualidad ese grupo de seres vivos ha tenido un potencial evolutivo enorme. Muchas veces estos detalles se olvidan y se habla de millones de años con total naturalidad y sin su correcta valoración. Para mucha gente estas cifras carecen sencillamente de significado y los biólogos evolutivos somos muchas veces responsables de esta problemática. Así, por ejemplo, en las clases o en conferencias de divulgación hemos utilizado expresiones de este tipo: "El linaje del gorila y el del hombre divergieron hace poco tiempo", "hace poco tiempo se produjo esta segunda duplicación génica", "estas dos especies gemelas se separaron evolutivamente hace poco tiempo". Estas frases pueden ser muy engañosas según en qué auditorio o ambiente se pronuncien. Nosotros pensamos que debemos hacer un esfuerzo para mejorar nuestra comprensión del concepto de tiempo evolutivo y, además, para saberlo transmitir como comunicadores docentes o en auditorios no especializados.

BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, C. (2003), "Los créditos europeos y la adecuación de las asignaturas", *Boletín de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa* 19: 4-6.
- Avers, C. J. (1989), *Process and Pattern in Evolution*. NY: Oxford University Press, Inc.
- Ayala, F. J. (1995), "The myth of Eve: molecular biology and human origins," *Science* 270: 1930-1936.
- Ayala, F. J. (2000), "¿Desde África? Una perspectiva de los elementos poblacionales en la aparición de los seres humanos modernos", *Ludus Vitalis* 8: 135-156.
- Ayala, F. J. and Escalante, A. A. (1996), "The evolution of human populations: a molecular perspective," *Mol. Phyl. Evol.* 5: 188-201.
- Ayala, F. J. and Kiger, J. A. (1984), *Modern Genetics*. Menlo Park, Ca.: Benjamin Cummings Pub. Co. Inc.
- Fontdevila, A. y Moya, A. (2003), *Evolución: origen, adaptación y divergencia de las especies*. Madrid. España: Ed. Síntesis.
- Freeman, S. and Herron, J. C. (1998), *Evolutionary Analysis*, Upper Saddle River, N.J.:Prentice – Hall Inc.
- Futuyma, D. J. (1998), *Evolutionary Biology*. Sunderland, Mass. Sinauer Associates Inc.
- Hartl, D. L. and Clark, A. G. (1997), *Principles of Population Genetics*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates Inc.
- Li, W.-H. (1997), *Molecular Evolution*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates Inc.
- Margulis, L. and Sagan, D. (1995), *What is Life?* NY: Nevrumont Pub. Co.
- Mestres, F. (2002), "El difícil concepto de selección natural", *Ludus Vitalis* 10: 221-226.
- Mestres, F. (2004), "Adecuación de la Genética a los créditos europeos", *Boletín Electrónico de la Sociedad Española de Genética* 18: 2-4.
- Ridley, M. (1996), *Evolution*. 2nd ed. Cambridge, Mass.: Blackwell Science.
- Skelton, P. (1993), *Evolution: A Biological and Paleontological Approach*. Wokingham, England: Addison – Wesley Pub. Co.
- Stearns, S. C. and Hoekstra, R. F. (2000), *Evolution: An Introduction*. Oxford University Press. Oxford, N.Y.