

D. Profesores de ciencia en acción

Una actividad para enseñar selección natural incluyendo la historia de la ciencia: el legado de Dobzhansky llega a la sala de clases

Hernán Cofré Mardones, Paola Núñez Nieto, Beatriz Becerra Olguín, Lorena Barraza
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Resumen

En la enseñanza de la evolución, muchos de los conceptos erróneos que tienen los estudiantes se relacionan en cómo ellos creen que trabaja la ciencia. Lo importante de esto, es fomentar la comprensión de la evolución como un conocimiento científico basado en datos empíricos, y no como "sólo una teoría". Para ello un buen recurso puede ser incluir ejemplos de Historia del desarrollo del conocimiento evolutivo. La actividad que aquí se presenta, involucra a los estudiantes en el descubrimiento de datos empíricos que muestran evidencia sobre el cambio genético en las poblaciones naturales.

Palabras claves: Selección Natural, evolución, Naturaleza de la Ciencia

Introducción

Hace más de cuatro décadas, Theodosius Dobzhansky (1973) escribió en una revista de enseñanza de la Biología ("*The American Biology Teacher*"): "nada en biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución". Sin embargo, y a pesar de la importancia de este contenido, existe una abundante evidencia de que los estudiantes de secundaria y universitarios, e incluso algunos profesores de biología de todo el mundo, tienen dificultades para aceptar la evolución como conocimiento científico válido y para entender sus conceptos básicos, como el mecanismo de selección natural (Kampourakis y Zogaza 2007, Robbins y Roy 2007, Nehm et al., 2012, Glaze y Goldstone 2015). Una de las principales razones de la falta de aceptación y comprensión de la evolución se relaciona con el poco conocimiento que tienen estudiantes y profesores sobre el proceso de generación de conocimiento científico (Dobzhansky, 1973; Rutledge y Warden, 2000; Glaze y Goldstone, 2015). Por otro lado, existen algunas evidencias de que la enseñanza no tradicional centrada en el estudiante puede mejorar el conocimiento sobre la teoría evolutiva (Glaze y Goldston, 2015). Si los estudiantes aprenden sobre los conceptos de selección natural a través de diferentes actividades que enfatizan el cambio conceptual y la evidencia empírica de fenómenos evolutivos, ellos podrían mejorar significativamente su comprensión del mecanismo de selección natural y la aceptación de este contenido. En este contexto, la historia de la ciencia puede desempeñar un papel muy relevante, porque podría ser un puente entre el conocimiento evolutivo que un profesor de biología debe enseñar y el contexto científico en el que se elaboró dicho conocimiento (Núñez et al., 2017, en este número; McComas y Kampourakis, 2015). A continuación, presentamos una actividad en donde el estudiante se enfrenta directamente a evidencia empírica que demuestra que la evolución se produce a nivel poblacional (y no a

nivel individual como la mayoría de los alumnos piensan) y que es posible observar y registrar el cambio evolutivo en el tiempo de vida humano.

Planificación

Objetivos de la actividad

Tanto en el antiguo currículo de tercero medio, en base al Marco Curricular 2009, aún vigente al 2017 (Mineduc 2016), como en el nuevo currículo de primero medio, asociado a las bases curriculares 2014 (Mineduc 2017), se sugiere enseñar la evolución y selección natural, incluyendo evidencias de distinto tipo que apoyen la evolución. Sin embargo, pocas veces se muestran trabajos relacionados con el funcionamiento de la selección natural, y la mayoría de las veces son evidencias en relación al concepto de ancestro común. En el caso del programa de estudio de primero medio (Mineduc 2016), uno de los objetivos de aprendizaje dice: *“Analizar e interpretar datos para proveer de evidencias que apoyen que la diversidad de organismos es el resultado de la evolución”*. En esta actividad el estudiante se enfrentará a datos “reales” que proveen evidencias de la evolución o “del cambio en las frecuencias de alelos durante el tiempo”.

En esta actividad, se utiliza la historia de la ciencia como una intervención de enseñanza para promover aprendizajes sobre el cómo se hace ciencia o naturaleza de la ciencia (que es otro elemento curricular que nuestras bases curriculares promueve) y sobre el mecanismo de la evolución adaptativa: la selección natural. La actividad se ha utilizado para enseñar naturaleza de la ciencia (NOS) y evolución a profesores de biología en formación y en servicio, así como a varios cursos de estudiantes de tercero medio. El trabajo de la clase se enfoca en desafiar las preconcepciones asociadas a evolución y NOS relacionadas con que: *“la teoría de la evolución sólo tiene evidencia fósil”* y *“la teoría evolutiva es sólo lo que Darwin propuso”*. Por lo tanto, los estudiantes trabajaron explícitamente aspectos de NOS como: i) que el conocimiento científico va cambiando (tentatividad) y, ii) que el conocimiento científico se basa en datos empíricos (para una revisión de NOS véase Cofré 2012). Por otra parte, también se trabajan dos preconcepciones muy arraigadas en el pensamiento evolutivo ingenuo: *“la evolución o adaptación ocurre a nivel de individuo”* y *“la evolución se produce por la necesidad del individuo a un ambiente”*. La clase comienza relatando brevemente a los estudiantes el contexto histórico y académico en el que se desarrolló la teoría sintética de la evolución. A partir de este contexto, la actividad se presenta como una posible respuesta a la existencia de un cambio evolutivo en las poblaciones naturales.



Figura 1. Estudiantes de un curso de tercero medio electivo que trabajan con la lámina 1 (arriba) y la lámina 2 (abajo).

Materiales

La sesión de clases se basa en materiales obtenidos de los artículos "Genética de poblaciones naturales IX: Cambios temporales en la composición de la población de *Drosophila pseudoobscura*" (Dobzhansky, 1943), y "Variaciones en el arreglo de genes en los cromosomas de *Drosophila pseudoobscura*" (Dobzhansky y Sturtevant, 1938). Basándonos en estos dos documentos, creamos diversos materiales que incluyen: una guía para el estudiante (Apéndice 1) y dos láminas (Figura 1, Apéndice 2). También incorporamos una presentación en power point con información sobre la metodología de recolección de datos y el análisis de laboratorio realizado por Dobzhansky.

Implementación

Instrucciones

La actividad consta de tres partes (ver guía en Apéndice 1). En la primera parte, los estudiantes observan una imagen del entorno natural donde Dobzhansky llevó a cabo su investigación (Lámina 1 en Apéndice 2). Según esta observación, se pide a los estudiantes que propongan algunas adaptaciones de la mosca. Después de eso, se entrega la información sobre los métodos de recogida de datos de campo por Dobzhansky. En la segunda parte de la actividad, los estudiantes trabajan con una segunda imagen (Lámina 2 en Apéndice 2), en la

que se señalan los diferentes mutantes del cromosoma 3 encontrados por Dobzhansky. Se les pide que observen y describan el mutante Chiricahua. En la tercera parte, los estudiantes se enfrentan a la pregunta de Dobzhansky en relación al cambio de las frecuencias de los alelos en *Drosophila*, trabajando con la tabla y el gráfico de la guía (Apéndice 1). La tabla muestra la frecuencia de los mutantes cromosómicos Chiricahua en la población (entre otros). Se les pide a los estudiantes que, en base a los datos de la tabla, los cuales incluyen 4 años de trabajo, tracen la frecuencia de los mutantes Chiricahua en la población y observen el patrón que permite responder a la pregunta. En las últimas preguntas de la guía, el profesor y los estudiantes discuten la importancia de obtener evidencia empírica para la aceptación de la evolución y reflexionan sobre la contribución de T. Dobzhansky y otros científicos sobre el desarrollo a la teoría sintética de la evolución (pregunta 5). Finalmente también se les pide aplicar el mecanismo de selección natural a un nuevo escenario de cambio climático (pregunta 6).

Resultados

De acuerdo con nuestra experiencia y con los datos recogidos, la actividad funciona de forma eficiente, tanto para profesores como para estudiantes, en el tema de destacar la presencia de evidencia empírica que apoye el cambio evolutivo (Tabla 1). El análisis de la tabla de Dobzhansky incluida en la guía permite al participante darse cuenta de que la teoría evolutiva se basa en datos procedentes del mundo natural. Por ejemplo, uno de los estudiantes de la primera clase donde se implementó la actividad escribió: *"Hoy he aprendido que la teoría de la evolución es cada vez más veraz, ya que con todos los experimentos que se han llevado a cabo, se presentan pruebas"*. Por otra parte, también es posible trabajar el problema del pensamiento teleológico y el pensamiento sobre el cambio a nivel individual, ya que en el interior de una población hay cambios en las frecuencias alélicas (Tabla 1). Por ejemplo, otro estudiante afirma: *"La evolución actúa a un nivel biológico de población, porque no es sólo el individuo el que cambia, sino que toda la población cambia"*. A pesar de estos resultados, es necesario mencionar que existen dificultades en la implementación de la actividad, que se han ido mejorando con el tiempo y las sucesivas implementaciones. En primer lugar, tanto los estudiantes como algunos profesores de biología, tienen problemas para transferir los datos de frecuencia de la tabla a los gráficos, por lo que, la actividad original se redujo a sólo la generación de un gráfico. Además, se mejoró la plantilla en la cual se debe realizar el gráfico. Por otra parte, es necesario que el profesor explique claramente cómo se obtienen los datos de frecuencia del cromosoma 3 para que los estudiantes comprendan la tabla y el gráfico (incluido en el ppt que acompaña la clase). Por último, los estudiantes frecuentemente tienen la idea errónea de que la investigación presentada es experimental, aunque los datos recogidos por Dobzhansky se obtienen principalmente de la observación de campo y el tratamiento de laboratorio de muestras de moscas.

Tabla 1. Resultados sobre el nivel de logro (%) alcanzado por un grupo de once estudiantes de secundaria (n = 35) sobre la evolución y la naturaleza del conocimiento científico.

Nivel de logro	¿Qué aprendiste hoy?		Explica ¿ A qué nivel biológico trabaja la evolución?	Explica qué evidencias de la evolución se describen en el trabajo de Dobzhansky
	NOS	EVO		
Logrado (La respuesta incluye evidencia de comprensión y buena aplicación de los conceptos de NOS o evolución)	0	17,1	14,3	8,6
Medianamente logrado (La respuesta incluye evidencia de conocimiento declarativo de NOS o evolución)	29	80	74,3	57,1
No logrado (la respuesta incluye conceptos erróneos acerca de NOS o Evolución)	71	2,9	11,4	34,3

Conclusiones

De acuerdo con nuestro trabajo, tanto con estudiantes secundarios, como con profesores de biología en formación y en servicio, esta actividad es una experiencia "entretenida" y "significativa" para reconocer la evidencia empírica que existe sobre el cambio evolutivo en una población natural. Los estudiantes y profesores declaran dares cuenta que la evolución es "real" y que existen otras evidencias además de los fósiles que muestran que las poblaciones cambian. Sin embargo, también hemos reconocido que es esencial que el profesor que imparte la lección tenga un Conocimiento Pedagógico de Contenido desarrollado sobre la evolución y la naturaleza de la ciencia, para poder sacar el máximo provecho de la actividad (Bravo y Cofré 2016).

Agradecimientos

Los autores agradecen los fondos del Proyecto FONDECYT 1131029 al primer autor. Además, Agradecemos la colaboración en la implementación de esta actividad en escuelas y colegios a las profesoras Pamela Rojas y Francisca Carmona.

Bibliografía

- Bravo, P. & Cofré, H. L. (2016). A new approach to capture and develop Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge through learning study: the case of human evolution. *International Journal of Science Education, 38* (16), 2500–2527.
- Cofré, H. L., Jiménez, J., Santibáñez, D., and C. Vergara (2016). Chilean pre-service and in -service teachers and undergraduate students' understandings of evolutionary theory. *Journal of Biological Education, 50* (1), 10–23.
- Dobzhansky, T. H. (1943). Genetics of natural populations IX. Temporal changes in the composition of population of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics, 28*, 162–186.
- Dobzhansky, T. 1973. Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher, 125*–129
- Dobzhansky, T. H. & A. H. Sturtevant (1938). Variations in the gene arrangement in the chromosomes of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics, 23*, 28–64.
- Glaze, A. L., and M. J. Goldston (2015). U.S. Science teaching and learning of evolution: A critical review of the literature 2000-2014. *Science Education, 99*(3), 500–518
- Kampourakis, K., and V. Zogza (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education, 16*, 393–422.
- Kampourakis, K. & Gripiotis, Ch. (2015) Darwinism in context: An interdisciplinary, highly contextualized course on nature of science. *Perspectives in Science, 5*, 25—35.
- McComas, W., & Kampourakis, K. (2015). Using the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of nature of science. *Review of Science, Mathematics and ICT Education, 9*(1), 47–76.
- Nehm, R. H., Beggrow, E. P., Opfer, J. E., & Ha, M. (2012). Reasoning about natural selection: diagnosing contextual competency using the ACORNS Instrument. *The American Biology Teacher, 74*(2), 92–98.
- Robbins, J.R., and P. Roy. 2007. The natural selection: identifying and correcting non -science student preconceptions through an inquiry-based, critical approach to evolution. *The American Biology Teacher, 69*, 460–466.
- Rutledge, M.L., and M.A. Warden. 2000. Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. *The American BiologyTeacher, 62*, 23–31.

Apéndice 1. Guía del estudiante para NOS de Dobzhansky y actividad de la evolución

Introducción:

Teodosio Dobzhansky fue uno de los científicos más influyentes en el desarrollo de la síntesis moderna. Gracias a su trabajo y el de otros investigadores, la evolución se redefinió como "cambios en la frecuencia de los genes que se producen en las poblaciones a través del tiempo". Sin embargo, ¿hay evidencia de cambios en el tiempo en la frecuencia de genes en poblaciones naturales?

Actividades

1: Mire la lámina 1 (Monte San Jacinto, California) y describa el ambiente donde vive *Drosophila pseudoobscura* y proponga una adaptación de la especie a este hábitat.

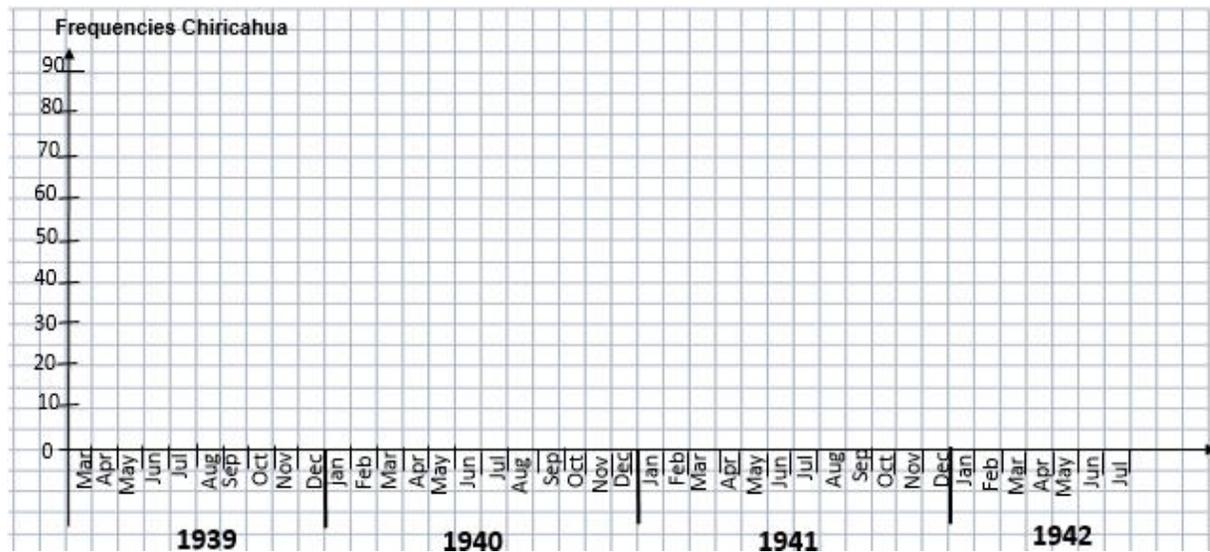
2: Observe el cromosoma 3 de *Drosophila pseudoobscura* en la lámina 2 (lámina I en Dobzhansky & Sturtevant 1938). Como se sabe, algunas moscas naturalmente tenían versiones mutadas de este cromosoma. Por ejemplo, las mutaciones Arrowhead, Santa Cruz y Chiricahua. Ahora mire la mutante Chiricahua y describa qué es distintivo en ella. Para su descripción tenga en cuenta las inversiones o deleciones que pueden haber en relación al cromosoma estandar que se encuentra de forma lineal).

3: Cuando T. Dobzhansky encontró estos diferentes mutantes en poblaciones naturales, se preguntó: ¿La proporción de moscas mutantes dentro de las poblaciones cambiará con el tiempo? En la Tabla 1 se pueden encontrar los datos de frecuencia génica obtenidos por Dobzhansky, para el mutante Chiricahua. Ahora, haga un gráfico con estos datos y luego responda a la pregunta de Dobzhansky.

Tabla 1. Datos mensuales durante cuatro años de las frecuencias de los arreglos del gen Chiricahua en el tercer cromosoma, en las poblaciones de Andreas Canyon (Modificado de Dobzhansky 1943).

Years	Months/ day	Freq.	n	Years	Months/ day	Freq.	n	Years	Months / day	Freq.	n
1939	apr-24	6,6	106	1940	apr-20	26,0	100	1941	oct-04	15,4	26
1939	may-13	11,3	62	1940	may-19	28,3	60	1941	nov-08	11,0	100
1939	jun-04	36,8	38	1940	oct-19	6,0	100	1941	dec-6	15,0	100
1939	sep-21	20,6	102	1940	nov-20	9,1	37	1942	jan-11	0,6	146
1939	oct-28	10,8	102	1940	dec-31	6,2	32	1942	feb-02	15,0	100
1939	dec-9	19,2	104	1941	feb-10	13,8	93	1942	mar-14	6,8	44
1940	jan-13	14,4	104	1941	mar-08	14,0	114	1942	apr-2	9,6	104
1940	feb-10	6,1	114	1941	apr-19	12,0	100	1942	may-02	20,7	116
1940	mar-28	12	126	1941	sep-06	14,8	122	1942	jun-12	38,5	104

Figura 1. Gráfico de las frecuencias de los arreglos de genes Chiricahua en las poblaciones de Andreas Canyon.



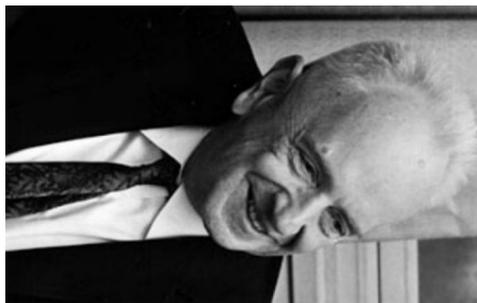
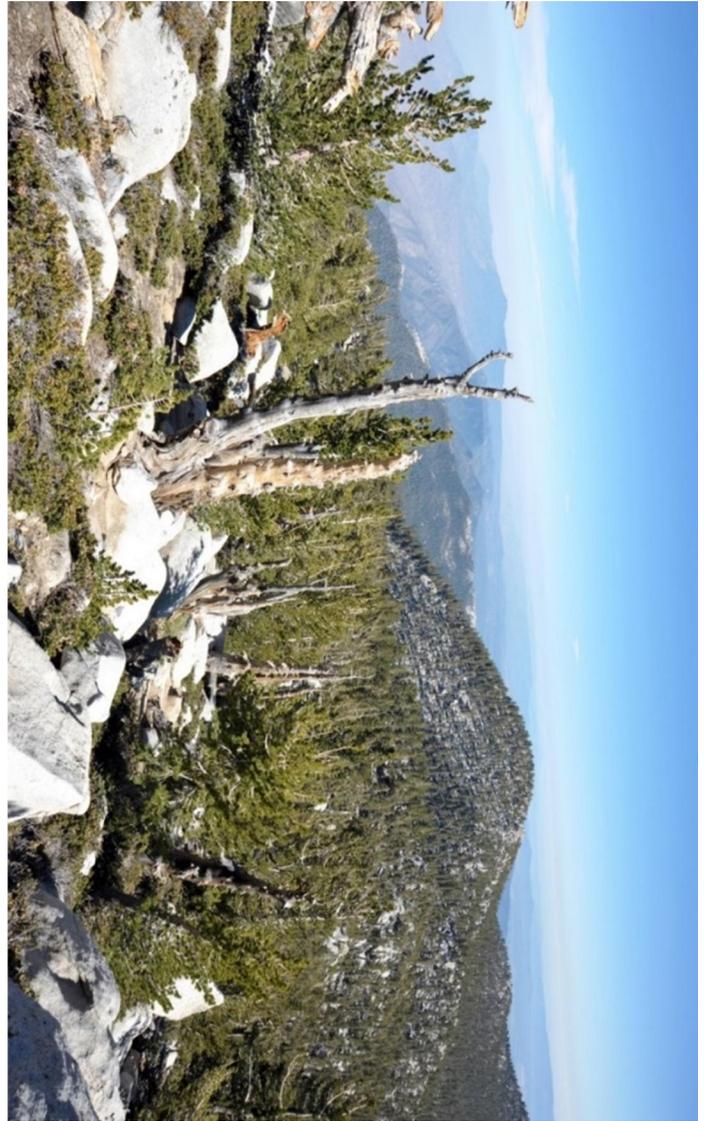
4: Según el gráfico, ¿cree que es posible decir que hay evidencia empírica para la evolución en las poblaciones naturales? Explique.

5: Lea la siguiente declaración y explique si está de acuerdo con ella o no, basando su respuesta en lo que funcionó en la sesión de hoy. "La teoría de la evolución, propuesta por Darwin hace más de 100 años, ha permanecido como un conocimiento sin cambios hasta hoy".

6: Si debido al calentamiento actual del clima, la temperatura del verano en los años 40 en el cañón de Andreas se puede observar actualmente todo el año. Explique, por el mecanismo de la selección natural, cómo esta nueva presión de selección podría resultar en una nueva subespecie de *D. pseudoobscura*.

Apéndice 2. Láminas usadas junto a la guía del estudiante

La lamina 1 muestra el hábitat donde se encuentra la especie de mosca de la fruta, un individuo de la especie y la foto del investigador T. Dobzhansky.



T. Dobzhansky



Apéndice 2 (continuación). La lamina 2 muestra el cromosoma 3 estirado con las secciones reconocidas en él y una serie de morfologías mutantes del cromosoma, las cuales difieren de la versión estándar y cambian de proporción en la población dependiendo del lugar y la estación.

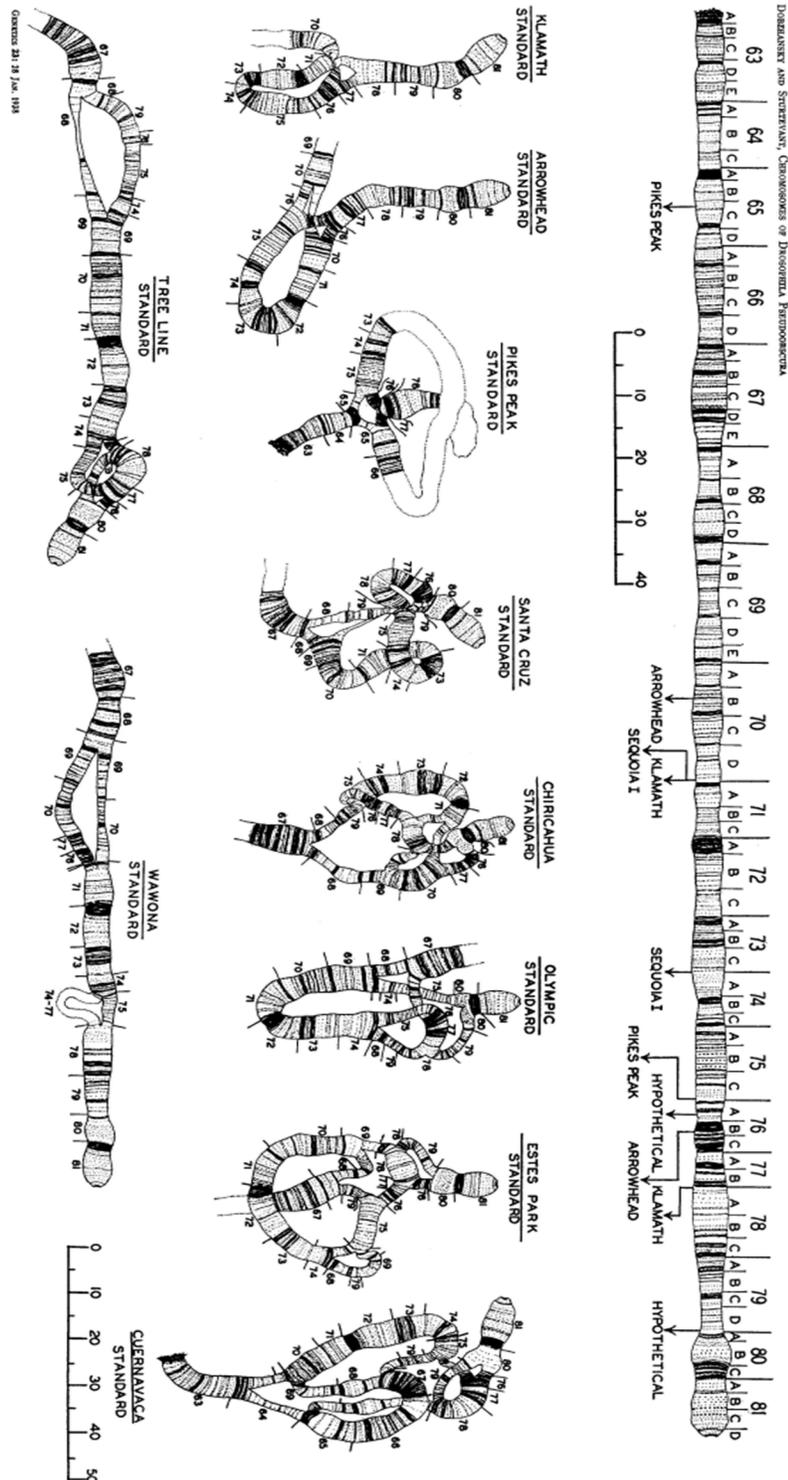


Lámina 2