



EL CONOCIMIENTO ESCOLAR SOBRE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DE LOS PROFESORES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA, UN ENFOQUE NUMÉRICO OBSTÁCULOS EPISTÉMICOS

Vicente Paz Ruiz

Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 094, CDMX, Centro

María de la Luz Martínez Hernández

Coordinación Sectorial de Educación Secundaria SEP- UPN, Unidad 094, CDMX, Centro

Área temática: 6) Educación en campos disciplinares.

Línea temática: 5. Las implicaciones del saber disciplinar en la gestión escolar, en la formación inicial y permanente de profesores y, en la práctica y los saberes docentes.

Tipo de ponencia: Reporte final de investigación.

Resumen:

Se hace una evaluación del conocimiento escolar de los maestros de educación secundaria que imparten Biología, específicamente sobre la teoría de la evolución, con la finalidad de conocer la profundidad en el manejo de esta información y su relación con su formación profesional, toda vez que la teoría evolutiva es una de las bases para dar sentido científico a la enseñanza de la Biología en este nivel educativo (Ledezma, 2002). Se diserta sobre la diferencia entre el saber teórico disciplinar científico y el escolar, la referencia para evaluar el manejo de profundidad de la teoría de la evolución fue el contenido de los libros de texto que sobre el tema se usan. Se empleó un cuestionario de 20 ítems con tres alternativas de respuesta sobre las teorías de la evolución -Lamarck, Darwin y Sintética-, se aplicó a 58 profesores de secundaria en servicio del oriente de la Ciudad de México en 2017, la muestra fue aleatoria y probabilística. Se llegó a que la antigüedad y formación profesional inicial de los docentes inciden de manera significativa en la elección de la teoría que tuvo mayor frecuencia (Lamarck). Las razones de la elección mayoritaria pueden aludir a lo que González-Galli y Meinardi (2015) denomina obstáculos epistemológicos: teleología de sentido común, razonamiento causal lineal y el centrado en el individuo, aspectos superados en los docentes con formación en Biología. Las implicaciones que tiene lo anterior para la enseñanza de la ciencia aluden dificultades para la consecución de los propósitos educativos del nivel.

Palabras clave: evolución biológica, profesores, secundaria, conocimiento escolar

Introducción

Los profesores que imparten biología en secundarias de la Ciudad de México históricamente han sido de diversos en sus perfiles y procesos de formación. La formación ha sido simultánea en los profesores normalistas y consecutiva con docentes universitarios sin estudios pedagógicos previos, pero con formación disciplinar terminal o inconclusa, el mayor porcentaje siempre ha correspondido a los de formación consecutiva (Martínez y Rodríguez, 2015). La diversidad de los perfiles de formación inicial de los docentes que imparten Biología en secundaria se regula por la autoridad con un profesiograma, Martínez, Mas y Paz (2014), reportan cinco perfiles dominantes, además de otros 18 perfiles con poca frecuencia. La diversidad de los perfiles de los profesores que imparten Biología en secundaria hace suponer que existe una gradiente diferencial en el manejo del contenido de la teoría de la evolución en este nivel.

Las principales teorías evolucionistas

La teoría de la evolución da sentido de unidad a la Biología, su primer autor fue Lamarck en 1802, su aporte principal fue sistematizar el conocimiento de la filosofía de la naturaleza de ese momento y dar una teoría que explicara los cambios de las formas de vida a partir de cambios adaptativos, estos rasgos adquiridos en vida se heredan a la siguiente generación, contraponiéndose al fijismo y creacionismo. Un segundo autor fue Darwin quien en 1859 publica una teoría de la evolución por selección natural de variaciones aleatorias, que recupera aspectos del gradualismo y adaptación de Lamarck. En el siglo XX se da la corriente neodarwinista que funda la teoría sintética de la evolución, según Mayr esta consta de cinco teorías: 1. La evolución como modo de desenvolverse la vida en el tiempo, 2. El origen común de las especies, 3. La diversificación de estas especies por cambios genéticos y geográficos, 4. El gradualismo del cambio evolutivo y, 5 La selección natural (Mayr, 1998). La comprensión de la variabilidad intraespecífica como motor de la evolución y la direccionalidad que da el ambiente a la selección del fenotipo forma los dos niveles de esta.

Referentes curriculares

La teoría de la evolución, su sistematización durante el siglo XIX y consolidación en el XX la colocan como el referente principal para explicar el devenir de la vida en su historia, diversidad y distribución geográfica. La teoría llegó a México principios del siglo XX, la labor de Carl Reich, Alfonso Luis Herrera y Enrique Beltrán permitieron su difusión incluyéndola en los programas educativos de todos los niveles de las ciencias biológicas. La escuela socialista de 1936 tuvo un enfoque materialista que se reflejó en su contenido para la enseñanza de la Biología en la escuela secundaria, pero será hasta 1993 con el proyecto del Acuerdo Nacional para la Modernización Educativa (ANMEB), que emerge la teoría de la evolución con fuerza en los contenidos obligatorios, los cuales se conservan hasta la actualidad.

El contenido en los libros de texto oficiales para la escuela secundaria da importancia a la enseñanza de la teoría de la evolución con el *Bloque específico I, "La biodiversidad, resultado de la evolución"*, en ella se tratan: Aspectos fundamentales de la teoría de Darwin, reconocimiento de algunas evidencias a partir de las cuales Darwin explicó la evolución de la vida, evidencias paleontológicas, los fósiles, evidencias anatómicas o morfológicas, evidencias biogeográficas y relación entre adaptación y la sobrevivencia diferencial de los seres vivos (Allier, 2012). En el contenido de la teoría de la evolución de secundaria se da prioridad a la teoría de Darwin por selección natural, así como a la evidencia fósil, relaciones filogenéticas y distribución biogeográfica, lo que implica que como conocimiento escolar es demandante y dejando en un nivel secundario a la teoría de la evolución según Lamarck (SEP, 2011).

Otro aspecto que es importante resaltar es el perfil de egreso de las ciencias naturales para la educación básica, en donde se destaca que el alumno reconozca la ciencia como actividad humana, desarrolle habilidades asociadas al conocimiento científico y sus niveles de representación e interpretación acerca de los fenómenos naturales, comprenda desde la perspectiva de la ciencia escolar procesos y fenómenos biológicos, físicos, químicos. Además de que integre los conocimientos de las ciencias naturales a sus explicaciones sobre fenómenos y procesos naturales (SEP, 2011).

En tanto que específicamente para la educación secundaria, Ciencias I con énfasis en Biología, además de lo que se menciona en el párrafo anterior, busca que el alumno amplíe su conocimiento de los seres vivos en términos de su unidad, diversidad y evolución. Este se ancla en el *Bloque I, la biodiversidad, resultado de la evolución* (SEP, 2011) y que, en los libros de texto se rescata como aspectos fundamentales de la teoría de Darwin, así la enseñanza de la ciencia destaca que el nivel de logro de los alumnos debe de centrarse en búsqueda de información en fuentes diversas, emplear el conocimiento adquirido para explicarse los fenómenos naturales como el de la unidad y diversidad de la vida desde la evolución en un nivel de ciencias escolar. Por ello la enseñanza de la Biología debe partir de ese principio de diferenciar el conocimiento científico creado por profesionales, del conocimiento de la ciencia escolar, que necesariamente pasa por procesos de conversión de objetos teóricos a objetos de enseñanza (Chevallard, 1997).

De ahí que el propósito de la enseñanza de la evolución biológica en secundaria tenga que ver con los procesos de pensamiento a desarrollar, aceptar ideas de otras personas para enriquecer las propias, comprender los fenómenos naturales, explicarlos, interpretarlos y representarlos. Esto requiere del desarrollo cognitivo en el alumno que favorezca la construcción teórica de las explicaciones del mundo natural, un pensamiento científico que debe de tener su contraparte en el desarrollo similar de esas habilidades en los docentes que enseñan Ciencias I con énfasis en Biología en la escuela secundaria (SEP, 2011).

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta ¿qué implicaciones tiene para el logro de los propósitos educativos de la asignatura Ciencias I con énfasis en Biología, la diversidad de perfiles profesionales de docentes que imparten esta asignatura en la Secundaria y una petición curricular específica que requiere profundidad disciplinar de un perfil particular (Biólogo)? De tal manera que se busca conocer el conocimiento

escolar sobre la teoría de la evolución biológica que tiene el docente de Biología de la escuela secundaria, y su relación entre sus condiciones de formación profesional y manejo conceptual acorde a lo requerido curricularmente en la escuela secundaria.

Desarrollo

Estrategia metodológica

El trabajo de investigación se dividió en dos fases el trabajo de campo y análisis de datos. En la primera fase se ubicó la zona de trabajo que fue la Ciudad de México en la zona oriente, se diseñó un cuestionario con 20 ítems cada uno de ellos con tres opciones cerradas para elegir ya fuese un rasgo de la teoría de la evolución según Lamarck, Darwin o Sintética. Así no había una respuesta correcta, sino sólo una triada de posibilidades todas factibles según la teoría que nos permitiera interpretar el enunciado base. Se tomó como criterio de respuesta el contenido de evolución de los libros de texto autorizados para secundaria, a manera de ejemplo una de las preguntas planteadas fue: *Una población de pinos vive en un área que ha tenido varios años de verano calientes y secos, si los veranos continuarán así, en el futuro, se esperaría que: a). La necesidad de sobrevivir a los veranos cálidos causará que los pinos desarrollen formas de evitar la sequía. b). Algunos pinos mutarán para conservar mejor el agua y así podrá cubrir su necesidad de sobrevivir a la sequía. c). Algunos pinos lograrán soportar el clima cálido y seco y sobrevivir a la sequía, dejando descendencia.*

Con respecto al instrumento, validez es lograr que al tocar una variable se refiera a la variable misma y no a otra, en tanto que precisión es la reproductibilidad de un resultado medido. Una de las fuentes de error es el sujeto que participa pues puede sesgar la información, al trabajar muestras probabilísticas y aleatorias esto se atenúa. Otra fuente de error es el instrumento mismo pues su estructura de reactivo cerrado y de opción múltiple permite que se pueda contestar aleatoriamente.

En la segunda fase se sistematizaron y analizaron los datos por puntos de interés de relaciones entre formación, antigüedad y manejo conceptual por frecuencias. Se hizo una prueba de hipótesis para aceptar o no la aleatoriedad de las respuestas del instrumento, se realizaron correlaciones y finalmente a partir del análisis se infiere efectos en la enseñanza de la teoría de la evolución biológica en la escuela secundaria.

Resultados y análisis

El sistema educativo de la Ciudad de México es de los mayores del país, cuenta con 18948 profesores para la escuela secundaria general, de ellos 4030 se ubican en la alcaldía de Iztapalapa, repartidos en 98 escuelas secundarias generales (Martínez, Mas y Paz, 2014) Se hizo una muestra probabilística al 95% de confiabilidad con un error máximo del 10% quedando 49 de ellas. El número total de docentes de esas secundarias fue de 145, al calcular una muestra al 95% de confianza y 10% como error máximo se obtuvo una muestra de 59 sujetos.

El instrumento se aplicó a una muestra de 58 docentes que impartían Biología en secundaria, en ella se contabilizaron 18 perfiles, cuatro resultaron con alta dominancia: biólogo, ciencias naturales, médico y químico farmacobiólogo -QFB- con 23, 7, 4 y 4 sujetos respectivamente. Las escuelas formadoras con mayores frecuencias fueron UNAM, UAM, ENS, IPN con 23, 12, 5 y 5 egresados respectivamente. El rango de años de servicio fue de 01 a 30 años, con una media de 12.15 años, una moda de 10. El año de egreso de sus escuelas de formación fue de 1982 a 2016 (Ver Tablas 1 y 2).

Los resultados de las respuestas del cuestionario tuvieron mayor frecuencia absoluta con opciones de teoría de Lamarck (504), siguió las opciones de teoría de Darwin (419) y Sintética (143) quedando al final la creacionista (36), se puede decir que en general la muestra manifestó una tendencia a las opciones de la teoría de Lamarck con un total del 47% del total dejando abajo a Darwin (38%), Sintética (13%) y hubo otros con ideas Creacionistas (3.3%).

Del total de la muestra, cuatro perfiles cubren el 65% de la misma y 77.5% de las instituciones de egreso (UNAM, UNAM, ENS, IPN), debido a ese peso específico se enfatiza en ellos para observar la distribución particular de frecuencia de respuestas para cada perfil dominante. El de mayor frecuencia fue el de biólogos en ellos se observó el 47% del total de las respuestas de opción en la teoría de Darwin, los profesores de ciencias naturales tuvieron un 12% del total en esa opción, en tanto que médicos y QFB 4.7% y 4.2% respectivamente. La opción en teoría de Lamarck tuvo en ese mismo orden 36.5%, 11.7%, 9.5% y 9.7% para biólogos, profesores normalistas, médicos y QFB respectivamente. Los valores de frecuencias para la opción de teoría sintética fueron 48%, 13%, 7% y 6% para biólogos, normalistas, médicos y QFB respectivamente (ver Tabla 3).

Internamente los perfiles dominantes no fueron homogéneos en sus repuestas con respecto a una opción específica, por ello se empleó la hipótesis de que lo eran, así se usó el valor promedio de sus respuestas por opción de una teoría para calcular las posibles relaciones: los promedios de respuestas para la opción de Lamarck fueron de 7.8, 8.4, 12 y 12.5 respectivamente para biólogos, normalistas, medicina y QFB. En el caso de respuestas con opción de Darwin los perfiles dominantes promediaron: biólogos 8.61, normalistas 7.4, médicos 5 y QFB 4.5, por último, para opción en teoría sintética quedaron: 2.1, 1.9, 1.8, 1.5 respectivamente para biólogos, normalistas, médicos y QFB respectivamente (ver Tabla 4). Con estos datos se puede apreciar que los biólogos tienen valores promedio más cercanos al valor ideal esperado de opción en Darwin (19). A menor valor promedio en una opción, más alejado del valor ideal es decir de cercanía a responder respecto a una teoría específica. Así los biólogos son los más cercanos a las opciones de Darwin, en tanto que QFB, médicos y normalistas son cercanos al valor ideal de opciones de Lamarck con 12.5, 12, y 8.43 respectivamente.

Al calcular la desviación estándar, la cual refleja qué tanto se aleja un dato de un punto central promedio esperado, para las respuestas con opción de Darwin sus valores son; 7.3, 8.1, 9.9, 10.2 respectivamente para biólogos, normalistas, médicos y QFB. Lo que implica que los biólogos son los que están más cerca del valor central promedio dentro de su propio grupo, de las respuestas referidas a teoría de Darwin y los más alejados -menos darwinistas- son los QFB.

Sin embargo, internamente dentro de los biólogos sus respuestas referidas a la opción de Darwin tienen una desviación estándar alta (4.2) su rango va de 2 respuestas con opción de Darwin en su punto bajo y 16 en su punto alto con media de 8.61. Para los normalistas su desviación es menor (3.2) para la misma opción darwinista pues su rango va de 3 a 13 con una media de 7.4, para los médicos fue de 1.4 el más bajo y los QFB con 2.1 es decir tuvieron más homogeneidad en sus respuestas con opción de Darwin. Debido a que los valores son complementarios en todos los casos pues sólo tienen 3 opciones, existe una relación inversa entre los valores de las frecuencias de respuestas con opción en Darwin y Lamarck.

La correlación dentro de los biólogos entre la antigüedad y opción darwinista es de 0.2 y entre plan de estudios de egreso y opción darwinista es de 0.1 muy bajo. Implica que hay relación entre la opción darwinista y los años de servicio, es más baja la relación entre la escuela de egreso y su frecuencia en la opción darwinista. Ambas son directas, es decir a mayor antigüedad y haber egresado de una escuela de biólogos, mayor selección de opciones de respuesta de Darwin.

Para la frecuencia de respuestas de opción de Lamarck y estudios normalistas, existe correlación fuerte entre antigüedad y frecuencia de respuesta (0.48) y escuela de egreso (0.34), es decir a mayor antigüedad siendo egresada de una normal mayor frecuencia de respuesta en opción de Lamarck, en relación inversa con frecuencias de opción de Darwin (-0.009). El mismo efecto se ve con menos intensidad en médicos y QFB en su correlación con la antigüedad y su opción de Lamarck, 0.0 y 0.25 respectivamente (ver Tabla 5).

Conclusiones

Con respecto a la diversidad de la muestra, esta es una realidad del sistema educativo mexicano que desde el origen de la escuela secundaria en 1925 dependió de docentes sin formación pedagógica previa, es decir con formación consecutiva en mayor grado y en menor de profesores formados en sistema simultáneo (normalistas), Martínez y Pineda (2015) reportan que los primeros están en un porcentaje del 60% respecto del 40% de los segundos en la Ciudad de México. En tanto que el profesiograma vigente (SEP, 2012) acepta más de 60 perfiles para impartir Biología en el nivel de secundaria.

Con respecto al instrumento para optimizar la validez, su reproductibilidad, aleatoriedad se validó en una muestra al 30% de la empleada en extenso corrigiéndose el fenómeno de respuesta aleatoria. Se emplearon tres opciones por reactivo cada uno con orientación por Lamarck, Darwin o Sintética, y una más con ideas creacionistas, la probabilidad de que se respondiera al azar cada pregunta es de 1/3. En una teoría en específico el valor máximo es de 19 respuestas pues una pregunta fue creacionista y reflejaría total apego a una sola forma de pensar. El total de respuestas para opciones de Lamarck por ejemplo fue de 504, si fuese aleatorio sería de 367 o cercano, para precisar se realizó una prueba de hipótesis. La prueba nos arrojó un valor de 15.5 > 6.63 su valor tabular, por lo que se rechaza H_0 que dice que las respuestas de los profesores puedan ser al azar con una probabilidad del 95% de certeza, aceptando que no fueron al azar.

Con referencia a las respuestas obtenidas 47% fueron con opción en Lamarck (504), siguieron las opciones de teoría de Darwin 38% (419), Sintética 13% (143) y 3% la creacionista (36). Esta tendencia se ha observado en trabajos previos similares como lo resumen González–Galli y Meinardi (2015). En nuestro caso los normalistas, médicos y QFB presentaron mayor frecuencia de respuestas con elección en Lamarck. Las implicaciones las explican González–Galli y Meinardi, las dificultades que tienen los sujetos para comprender la teoría de la evolución son obstáculos (*sensu* Bachelard), uno de ellos es la teleología de sentido común o el programa adaptacionista, esto se refiere a que las especies se adaptan de acuerdo con sus necesidades de forma intencionada. Otro obstáculo es la causalidad lineal a una modificación del medio corresponde una respuesta adaptativa directa. Por último, mencionan el razonamiento centrado en el individuo una particularización de los procesos evolutivos en un organismo y no en una población.

Las respuestas con opción de Lamarck tienen en común la teleología de sentido común y la causalidad lineal que explican la adaptación `necesaria´ y la herencia de estas características, que así contestarán preferentemente los docentes sin formación biológica hacen evidente que ellos requieren desarrollar una epistemología especial para comprender el tiempo vertical, a la población como unidad evolutiva, a la separación en dos fases de la evolución, la azarosa y la dirigida esta última al percibirse como algo físico y tangible es la base de lo que se explica de forma lineal o intencionada. Son obstáculos que impiden pasar del conocimiento de lo inmediato, de lo concreto a lo abstracto, a lo teórico (Bachelard, 1985).

Las respuestas con opción en Darwin que fueron en mayoría elegidas por biólogos aluden de forma constante un enfoque o bien evolutivo o fisiologista, una noción de lo individual en lo poblacional, la construcción de relatos históricos para explicar la diversidad de la vida actual, formas de pensar propias de los biólogos, y por cierto también tienen los más bajos en la opción de Lamarck.

Lo anterior tiene implicaciones educativas para la enseñanza de la Biología en secundaria, los docentes con opciones en Lamarck tendrán dificultades para que el alumno reconozca la ciencia como actividad humana, una obra del intelecto y no del sentido común, que logre desarrollar habilidades asociadas al conocimiento científico el cual se caracteriza por bordar en las teorías y abstracciones del mundo para representar e interpretar según su nivel de desarrollo y conocimiento los fenómenos naturales.

No se busca que el maestro de Biología sea un especialista de la Biología evolutiva sino un docente que pueda promover el pensamiento relacional, desprender al alumno del conocimiento concreto, inmediato (sensible) y que pueda explicar y representar una teoría desde la perspectiva de la ciencia escolar, esto es desde los objetos de enseñanza no de la ciencia pura.

Si el propio maestro carece de estos elementos deberá de desarrollarlos para poder abordar una teoría como un objeto de enseñanza, luego debe de conocer su forma de pensar y limitaciones para superarlas y aportar en una mejor educación, este es el sentido de este trabajo, no hurgar en el conocimiento disciplinar del docente *per se*.

Tablas y figuras

Tabla 1: Frecuencia de perfiles profesionales de egreso.

CARRERA	Frecuencia	Porcentaje	institución	Fecuencia	Porcentaje
Biología	23	39.66	UNAM	23	39.66
Ciencias naturales	7	12.07	UAM	12	20.69
Medicina	4	6.90	ENSM	5	8.62
QFB	4	6.90	IPN	5	8.62
QUIMICA	3	5.17	ENSEM	3	5.17
TARN	3	5.17	CEMC	2	3.45
Geografía	2	3.45	ENSNZ	2	3.45
Pedagogía	2	3.45	BENM	1	1.72
Biología Marina	1	1.72	CCUJS	1	1.72
Educación	1	1.72	ENSCH	1	1.72
Enfermería	1	1.72	TARN	1	1.72
Español	1	1.72	UAEG	1	1.72
Estomatología	1	1.72	UPN	1	1.72
Ingeniero Ambiental	1	1.72	13 instituciones		
Laboratorista	1	1.72			
Matemáticas	1	1.72			
Psicología	1	1.72			
Veterinaria	1	1.72			
18 perfiles	58				

Tabla 2: Años de servicio de los docentes de la muestra, promedio 12.5.

Rango 1 a 30	Vic	No IC	Frecuencia	% Frecuencia
Recorrido 30	1 a 6	1	18	31.03
IC = 5	7 a 12	2	16	27.59
Vic = 6	13 a 18	3	9	15.52
Media = 12.15	19 a 24	4	6	10.34
Moda = 10	25 a 30	5	9	15.52

Tabla 3: Frecuencias absolutas y relativas de las respuestas en los perfiles dominantes

Formación	Porcentaje relativo de respuestas		
	Lamarck	Darwin	Sintética
Biólogos	36.5	47	33.3
Ciencias Nat	11.7	12.4	9
Medicina	9.5	4.7	4.8
QFB	9.7	4.2	4
Datos absolutos de frecuencia			
Totales	Lamarck	Darwin	Sintética
	504	419	143
Biólogos	180	198	48
Ciencias Nat	59	52	13
Medicina	48	27	7
QFB	49	18	6

Tabla 4: Promedio de los resultados de las respuestas en los perfiles dominantes según la teoría elegida. L = Lamarck, D = Darwin, S = Sintética, C = Creacionista.

Perfil profesional	L	D	S	C
Biología	7.83	8.61	2.1	0.5
Ciencias Naturales	8.43	7.43	1.9	1
Medicina	12	5	1.8	0
QFB	12.25	4.5	1.5	1

Tabla 5: Correlación entre respuestas, perfil y años de servicio, así como con plan de estudio.

Rango 1 a 30	Vic	No IC	Frecuencia	% Frecuencia
Recorrido 30	1 a 6	1	18	31.03
IC = 5	7 a 12	2	16	27.59
Vic = 6	13 a 18	3	9	15.52
Media = 12.15	19 a 24	4	6	10.34
Moda = 10	25 a 30	5	9	15.52

Referencias

- Allier, R. (2012). *Biología 1, La magia de la ciencia*. México: Mc Graw Hill.
- Bachelard, G. (1985). *La formación del espíritu científico. Contribución al psico análisis del conocimiento objetivo*. México: Siglo XXI.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica, del saber sabio al saber enseñado*. Argentina: Aique.
- González–Galli, L. y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Cienc. Educ. Bauru*, 21 (1), pp. 101 – 122.

Ledesma, I. (2002). Introducción a los paradigmas de la Biología en México y la obra de Alfonso L. Herrera. *Historia Mexicana*, 52(1), pp. 201- 240.

Martínez, M. y Rodríguez, D. (2015). La formación profesional de los profesores de secundaria que enseñan Biología en México: El caso de Distrito Federal. *Biografías, escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Edición extraordinaria, pp. 970-981.

Martínez, M., Mas, A., Paz, V. (2014). Quiénes enseñan biología en las escuelas secundarias generales de México. Un caso Iztapalapa, Ciudad de México. (2014). *Ponencia*. VI Congreso internacional de formación de profesores de ciencias. Bogotá, Colombia.

Mayr, E. (1998). *Así es la Biología*. España: Debate.

SEP (2011). *Programas de estudio 2011 guía para el maestro. Educación básica, Ciencias*. México: SEP

SEP (2012). *Profesiograma SEP – SNTE*. México.