



ORIGINAL

Evaluación de la asimilación cognitiva de conceptos básicos de microbiología en alumnos de Bioquímica y Farmacia^{☆☆}



María Alejandra Soloaga^{a,*}, Patricia Alejandra Córdoba^a y Sergio Rodolfo Torres-Ochoa^b

^a Laboratorio de Microbiología, Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja, Argentina

^b Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, México

Recibido el 18 de septiembre de 2017; aceptado el 8 de noviembre de 2017

Disponible en Internet el 7 de abril de 2018

PALABRAS CLAVE

Cognoscitivism;
Valoración cognitiva;
Enseñanza de las ciencias;
Microbiología

KEYWORDS

Cognoscitivism;
Cognitive evaluation;
Teaching science;
Microbiology

Resumen El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la asimilación cognitiva de conceptos básicos sobre microbiología en estudiantes universitarios de Bioquímica y Farmacia. La asimilación cognitiva fue estimada con la aplicación de un instrumento de valoración cognitiva con 19 reactivos, aplicado al iniciar y al finalizar el cursado de la materia Microbiología General. Los reactivos se basan en el reconocimiento de estructuras lógicas del discurso científico, por el Modelo de Análisis Proposicional. Se estableció 0,79, como valor crítico indicativo de concepciones previas. El análisis estadístico se realizó por la prueba de distribución t de Student para cada reactivo. Los valores de diferencia de media con $p < 0,05$ fueron considerados como indicador de asimilación cognitiva. Valores con $p > 0,05$ fueron considerados refractarios a la instrucción. Doce reactivos indicaron una asimilación cognitiva correspondiente al 60% para el grupo estudiado, después de la intervención docente. Los resultados muestran que el modelo aplicado fue capaz de evaluar la asimilación cognitiva para inducir un cambio cognitivo en este grupo de alumnos.

© 2018 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Assessment of cognitive assimilation of basic concepts of microbiology at biochemistry and pharmacy students

Abstract The aim of this study was to evaluate cognitive assimilation of basic concepts of microbiology in college students of Biochemistry and Pharmacy. Cognitive assimilation was

[☆] Datos parciales de este trabajo fueron presentados en las XI Jornadas Nacionales y el VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología «Afianzando el vínculo entre la formación del profesorado, la investigación en didáctica de las ciencias y la innovación en las aulas». 09, 10 y 11 de octubre. General Roca. Río Negro. Argentina. Formato póster.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: soloagaa@gmail.com (M.A. Soloaga).

determined applying a cognitive assessment instrument with 19 reagents obtained at the beginning and end of the course General Microbiology. The reagents are based in the recognition of logical structures of scientific discourse by the propositional model analysis. The critical value 0.79 as an indicator of previous conceptions was established. Statistical analysis was performed by test Student's t distribution for each reagent. Differences between means with $p < 0.05$ were considered as an indicator of cognitive assimilation. P values > 0.05 were considered refractory to cognitive assimilation. Twelve reagents indicated a cognitive assimilation corresponding to 60% for group studied, after the educational intervention. The results show that the method applied was able to assess cognitive cognitive assimilation inducing a change in this group of students.

© 2018 Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Los planes de estudios de las carreras de Bioquímica y Farmacia que se dictan en la Universidad Nacional de La Rioja, Argentina, adoptan un diseño basado en el paradigma flexneriano¹, organizándose en 2 grandes áreas: la de las ciencias básicas biomédicas y la del ciclo profesional (o clínico). En este contexto, la materia Microbiología General como asignatura de formación biomédica proporciona los conocimientos científicos y las competencias que sustentarán la práctica profesional futura, pertinente al uso o manipulación de microorganismos, por lo que su contenido curricular está relacionado con la comprensión de los conceptos básicos sobre microbiología.

La microbiología es la ciencia que estudia el diverso grupo de microorganismos procariotas y eucariotas, mayormente unicelulares y microscópicos, capaces de realizar diferentes procesos metabólicos que surgieron tempranamente en la evolución, pero que están adaptados a las condiciones ambientales actuales. Estas características, especialmente la de sus dimensiones imperceptibles al ojo humano, representan un obstáculo durante el proceso de su enseñanza y aprendizaje^{2,3}. Sin embargo son escasos los antecedentes encontrados de publicaciones sobre estrategias metodológicas orientadas a facilitar y cuantificar su asimilación cognitiva, especialmente en el ámbito de la educación superior.

El caso presentado se refiere a la valoración cognitiva, a través del análisis cuantitativo de los contenidos básicos de la microbiología enseñados en el nivel universitario. La investigación tuvo como objetivo evaluar la asimilación cognitiva de estos conceptos a partir de la estrategia didáctica aplicada, facilitadora del cambio conceptual.

Se consideró el aprendizaje significativo de la microbiología desde una perspectiva constructivista. El proceso metodológico usado sigue los planteamientos teóricos del cognoscitivism. Desde este marco conceptual se asumió que previo al conocimiento científicamente válido existen en los sujetos conceptos alternativos denominados concepciones alternativas, entre otras denominaciones que reciben.

Estas concepciones alternativas son representaciones que los sujetos elaboran para explicar y controlar los

acontecimientos, pero que están en contraposición con los conceptos científicos. Según Pozo y Gómez Crespo⁴, son producto de la experiencia personal, sensorial y perceptiva y del contacto social, donde la escolarización es una fuente importante de estas concepciones; generan un conocimiento empírico de la ciencia, con una función explicativa que permite no solo describir los hechos sino también predecirlos y controlarlos y se organizan jerárquicamente, esto es que los conceptos más generales ocupan niveles superiores de esta estructura y condicionan los conceptos subordinados. Estas características las hace persistentes y resistentes al cambio, representando un obstáculo epistemológico que dificulta la asimilación de los conceptos científicos, es decir, su aprendizaje. Aunque también son necesarias porque sirven de base para la construcción del nuevo conocimiento.

A los fines de este trabajo, se utilizó la definición de concepciones alternativas como el conjunto de representaciones sin organización lógica que los sujetos elaboran para la interpretación de los fenómenos naturales, pero que están en contradicción con lo establecido científicamente. Mientras que las representaciones que poseen organización lógica son las concepciones previas, es decir las equivalentes a los conceptos científicamente válidos incluidas en la estructura cognitiva de un sujeto como producto de su formación previa y, en esos términos, el cambio representacional ocurre cuando el sujeto jerarquiza lógicamente la información.

Las concepciones alternativas son diferentes de los conceptos científicos y pueden persistir durante la formación académica, presentando un obstáculo epistemológico para la adquisición de los contenidos nuevos. En consecuencia, se deben buscar estrategias didácticas que contemplen estas concepciones alternativas y que faciliten su cambio a conceptos (conocimiento científico). Las estrategias didácticas basadas en este criterio se denominan modelos de cambio conceptual. Estos modelos didácticos consideran este cambio como el proceso de aprendizaje ya que el sujeto que aprende modifica sus concepciones sobre un hecho, mediante el acomodamiento y la asimilación de la nueva información en sus propias estructuras cognitivas preexistentes. Están basados en el análisis de las concepciones alternativas siendo el conflicto cognitivo su principal motor de cambio.

Si se asume como posible el cambio conceptual, cabe entonces la probabilidad de determinarlo en términos de evaluación de la asimilación cognitiva, como paso necesario para el diseño instruccional que facilite el aprendizaje significativo.

Como modelo constructivista de intervención docente se diseñó una estrategia didáctica basada en el modelo de cambio conceptual de Posner⁵. Si bien existen diversas críticas al modelo de cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias, aquí se considera la posibilidad de valoración cognitiva basándonos en el reconocimiento de estructuras lógicas del discurso científico, a través de las herramientas metodológicas del Modelo de Análisis Proposicional⁶, en adelante MAP.

Este modelo se sustenta en teorías que analizan el papel del lenguaje en la enseñanza y en la comunicación del conocimiento científico. Es un abordaje teórico y metodológico para estudiar el contenido lógico y epistemológico de la estructura cognitiva en la memoria de un sujeto mediante el análisis proposicional de su discurso. Se enfoca al estudio del conocimiento aprendido en el contexto formal y permite establecer 2 tipos de análisis: de discurso y de correspondencia. El análisis del discurso se centra en las estructuras lógico-conceptuales del texto con el propósito de analizarlo. El análisis de correspondencia revisa el contenido científico presente en el primero. Asimismo el MAP permite el análisis de proceso de aprendizaje de conocimiento y de cambio conceptual. Como resultado se pueden establecer validez epistemológica, potencial explicativo, estructura de razonamiento, análisis de demanda cognoscitivo y potencial comunicativo.

En la revisión bibliográfica se observa una relativa tendencia al uso del MAP en algunas investigaciones sobre enseñanza de las ciencias biológicas, especialmente en países de habla hispana^{7,8}. Aplicado en este trabajo pretende establecer una clasificación de la organización conceptual de la población en estudio como análisis del proceso de aprendizaje y de cambio conceptual de conceptos básicos de microbiología.

Método

Población

La muestra inicial estuvo constituida por 56 de estudiantes de grado de Bioquímica y Farmacia que cursaron la materia Microbiología General durante el año lectivo. A todos los participantes se les informó sobre esta investigación y se les solicitó su consentimiento por escrito previo al inicio, tal y como plantea la Declaración de Helsinki⁹.

Diseño y elaboración del instrumento de evaluación cognitiva

El diseño metodológico buscó lograr una interacción entre la metodología de acercamiento al problema y la epistemología de la ciencia objeto de estudio, a través del uso del MAP, para lo cual fue necesario acotar los conceptos fundamentales de microbiología en relación con la población estudiada.

Tabla 1 Número de reactivo perteneciente a las categorías conceptuales fundamentales de la microbiología

Categoría conceptual	N.º de reactivo correspondiente
Características estructurales de los microorganismos	1, 2, 3, 4 y 5
Diversidad microbiana	12, 15 y 16
Distinción básica entre bacterias	6, 7 y 8
Metabolismo microbiano	14, 15 y 16
Dinámica poblacional	9, 10 y 11
Relación de los microorganismos con el ambiente	13, 17, 18 y 19

El conjunto teórico construido abarcó los principales conceptos para la comprensión de la microbiología. A partir del criterio de selección aplicado se consideraron las siguientes como categorías conceptuales fundamentales de la microbiología:

- Características estructurales de los microorganismos que abarca desde su estructura celular hasta sus dimensiones.
- Diversidad microbiana, de procariota y de eucariotas.
- Distinción básica entre bacterias, es decir, estructura de pared variable (tinción de Gram) y morfotipos celulares (cocos, bacilos y agrupaciones celulares).
- Metabolismo microbiano, categorías nutricionales según la fuente de energía y de biomasa.
- Dinámica poblacional, en términos de reproducción logarítmica lo cual incluye mutaciones aceleradas, como resistencia a antibióticos, especiación extensiva e intensiva.
- Relación de los microorganismos con el ambiente, esto es, el rol de los microorganismos como descomponedores de materia orgánica, como productores para diversas industrias (alimentaria, farmacológica, etc.) y como patógenos.

Los reactivos constituyentes del instrumento de evaluación de la cognición se elaboraron según estas categorías conceptuales, estableciéndose la siguiente concordancia que se muestra en la [tabla 1](#).

El conjunto de conceptos seleccionados constituyeron el criterio teórico a partir del cual se elaboraron las proposiciones lógicas de los reactivos del instrumento de evaluación de la cognición, según se explica a continuación.

El instrumento diseñado contó con un número limitado de reactivos (conceptos) referidos a conceptos básicos de la microbiología. Los mismos fueron redactados bajo la forma de proposiciones lógicas teniendo en cuenta criterios específicos de expertos en la ciencia microbiología ([Anexo 1](#)).

En este modelo, cada reactivo fuerza a los alumnos al reconocimiento de estructuras lógicas. Esto quiere decir que cada reactivo es una afirmación que se completa, a manera de respuesta dicotómica excluyente (el estudiante elige la que considera como lógicamente estructurada). El instrumento tiene como fin valorar la capacidad del estudiante para reconocer estructuras lógicas discursivas epistemológicamente delimitadas (microbiología) en enunciados proposicionales, es decir, no califica el grado de aprendizaje.

Se cuidó que la redacción de cada reactivo no interfiriera con su interpretación. La estructura de la oración cumplió con reglas gramaticales, pero además se ajustó a una organización lógica formal, es decir, acorde con las reglas de inferencias, pudiendo ser estas explícitas o implícitas en el texto. En tercer lugar se procuró que los componentes conceptuales no fuesen excluyentes, según lo establecido en la microbiología (consistencia epistemológica).

Como prueba de validez y confiabilidad, los instrumentos diseñados fueron ensayados en grupos pilotos de alumnos y se aplicó la prueba de validación de instrumento alfa de Cronbach¹⁰. A partir del análisis estadístico, se obtuvieron 19 reactivos propicios para el manejo del instrumento, con una validación de 0,75.

El instrumento validado se aplicó, al iniciar –preprueba– y al finalizar –posprueba– el cursado de la materia Microbiología General, a los grupos de alumnos de las carreras de Bioquímica y Farmacia. Durante el desarrollo del curso se aplicó una propuesta de intervención docente basada en el modelo de cambio conceptual.

En la instancia de preprueba se identificaron y describieron las concepciones que los alumnos tienen sobre los conceptos básicos de la microbiología. Se asumió como concepciones previas, por relación inferencial, aquellos reactivos cuyas respuestas, por parte de los alumnos en preprueba, coinciden con la proposición de estructura lógica. Por exclusión, la no selección de la proposición con estructura lógica señaló la existencia de concepción(es) alternativa(s). Lo importante no fue definir estas concepciones alternativas sino valorar, luego de la intervención docente, la modificación conceptual como indicador de acomodación y asimilación cognitivas. El modelo didáctico procuró intervenir aportando el conflicto cognitivo.

En la instancia de posprueba se estimó el cambio conceptual específico por cada reactivo, validado estadísticamente. Es decir, conceptos alternativos observados en preprueba y que muestran modificación, luego de la intervención docente, hacia conceptos con estructuración lógica de orden científico.

De esta manera se obtuvo 2 tipos de reactivos en la preprueba: las concepciones previas y las concepciones alternativas. En la posprueba serán: conceptos (científicos) y concepciones alternas refractarias a la instrucción.

Análisis de los datos

La clasificación de la organización conceptual se estableció de acuerdo al MAP modificado.

Según este modelo, se asigna:

- Valor de $-0,5$, para respuestas sin estructura lógica;
- Valor de 1 , para las respuestas con estructura lógica.

Se consideró como reactivo con carácter de reconocimiento de estructura lógica aquel cuyo valor promedio obtenido por alumno (instrumento), superó el valor crítico de expresión ($0,79$). El $0,79$ es el valor de la media cuadrática entre 1 punto y $-0,5$ puntos, que se aplica cuando la variable toma valores positivos y negativos.

La media de un reactivo que supera el valor crítico ($0,79$) en la preprueba se identifica como conocimiento previo.

La media que supera el valor crítico ($0,79$) en la posprueba se identifica como indicador de cambio cognitivo durante la intervención docente.

La media menor a $0,79$, en la posprueba, es indicador de un reactivo (concepto) refractario a la intervención docente.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la utilización de la prueba de distribución t de Student para cada reactivo, con el fin de establecer la significación de las diferencias de valoración de la asimilación cognitiva de conceptos de microbiología antes y después de la intervención docente.

Los valores de t de Student y del coeficiente alfa de Cronbach fueron calculados con la paquete estadístico IBM SPSS®.

Resultados

Resultados del análisis estadístico en pre- y posprueba para el promedio obtenido por alumno (instrumento)

El análisis estadístico mediante la prueba de distribución t de Student para el promedio obtenido por alumno (instrumento), mostró diferencias estadísticamente significativas entre los promedios generales obtenidos en la preprueba y posprueba para el grupo evaluado, y obteniéndose un valor promedio de $0,1524$ en la preprueba y de $0,5297$ en la posprueba, con un valor de $p < 0,05$.

Resultados del análisis estadístico en pre- y posprueba para cada reactivo

Los resultados analizados de la preprueba muestran que los estudiantes de este grupo no manifiestan tener concepciones previas para los conceptos abordados en la mayoría de los reactivos del instrumento. Con excepción del reactivo n.º 1 cuyo valor de media fue superior al valor crítico aceptado de $0,79$ como indicativo de información previamente codificada por parte de los estudiantes (tabla 2).

El concepto que se aborda en este reactivo (reactivo n.º 1) es relativo a la categoría conceptual Características estructurales de los microorganismos.

En la posprueba, 12 reactivos del total del instrumento aplicado, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias obtenidas en la preprueba para el mismo reactivo, confirmando un cambio en el reconocimiento de estructuras lógicas. Esto indica que la intervención docente fue suficiente para inducir un cambio cognitivo en este grupo de alumnos. Contrariamente, 6 reactivos se mostraron refractarios a evidenciar un cambio cognitivo. Estos reactivos son los n.ºs 3, 10, 13, 15, 16 y 19 (tabla 3).

El análisis del contenido de estas concepciones alternativas refractarias orientará la reestructuración metodológica de intervención docente tendente a lograr el cambio conceptual en las mismas.

Tabla 2 Prueba t para medias de 2 muestras emparejadas de alumnos de Bioquímica y Farmacia correspondientes al año lectivo (t de tabla = 2,0281)

Reactivo	Media		p
	Preprueba	Posprueba	
1	0,8378 ^l	1,0000	0,0438
2	0,4324	0,7368	0,0187 [†]
3	0,4324	0,6757	0,1098
4	0,4324	0,7368	0,0305 [†]
5	0,4324	-0,5000	0,0000 [†]
6	-0,1757	0,3919	0,0009 [†]
7	-0,1757	0,7368	0,0000 [†]
8	-0,1351	0,5946	0,0000 [†]
9	-0,3378	0,4324	0,0000 [†]
10	0,5135	0,6351	0,4988
11	-0,2162	0,3919	0,0017 [†]
12	0,4730	0,8784	0,0026 [†]
13	0,5946	0,6757	0,5998
14	-0,2851	0,3108	0,0002 [†]
15	0,0676	0,1892	0,4988
16	0,3514	0,5541	0,2569
17	0,1081	0,5946	0,0086 [†]
18	-0,1757	0,5541	0,0001 [†]
19	0,6351	0,6757	0,7858

^w Concepción previa (promedio > 0,79)

[†] Diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05).

Tabla 3 Resultado del análisis estadístico entre las medias obtenidos en pre- y posprueba para cada reactivo

N.º de reactivo	Resultado
1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 17 y 18	Evidencia de cambio cognitivo p (< 0,05)
3, 10, 13, 15, 16 y 19	Sin evidencia de cambio cognitivo p (> 0,05)

Resultado del análisis de las concepciones alternativas refractarias al cambio conceptual.

Al menos un reactivo de cada categoría conceptual, antes definidas, mostraron concepciones alternativas refractarias. Estos reactivos se detallan a continuación en la [tabla 4](#).

Discusión

A partir de las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre los resultados obtenidos en preprueba y posprueba en este grupo de alumnos universitarios, se pudo valorar cuantitativamente la asimilación cognitiva de conceptos básicos de microbiología. A partir de este análisis se pudieron identificar concepciones previas que pudieron contrastarse con los resultados obtenidos del modelo didáctico aplicado, concepciones alternativas que se modificaron con la intervención docente y concepciones alternativas refractarias a la misma.

Tabla 4 Número de reactivo perteneciente a las categorías conceptuales fundamentales de la microbiología

Categoría conceptual	N.º de reactivo refractario a la instrucción
Características generales de los microorganismos	3
Diversidad microbiana	15 y 16
Distinción básica entre bacterias	—
Metabolismo microbiano	15 y 16
Dinámica poblacional	10
Relación de los microorganismos con el ambiente	13 y 19

El 60% de los reactivos evidenciaron asimilación cognitiva luego de la intervención docente, lo que se pudo interpretar como cambio conceptual. Es decir, se observó un cambio de las concepciones previas al concepto, entendiendo como concepto el conocimiento científicamente válido. Esto indica que la intervención docente, a través del diseño didáctico aplicado, fue suficiente para inducir un cambio cognitivo en este grupo de alumnos.

La falta de concepciones previas detectada en el grupo dificultó la asimilación de conceptos de microbiología, como por ejemplo, la definición de microorganismo, el reconocimiento de su estructura, su función celular, su diversidad, entre otros.

Al menos un reactivo de cada categoría conceptual antes definida mostró concepciones alternativas refractarias. Los alumnos de las carreras de Bioquímica y Farmacia mostraron dificultad en relacionar el concepto de pluricelularidad con el de microorganismo, en reconocer el origen biológico de los microorganismos, así como reconocer su participación en la transformación de los elementos químicos como parte de su metabolismo. Estos resultados apoyan el hecho de que las concepciones alternativas son resistentes al cambio, ya que similares resultados se obtuvieron en estudios con alumnos de niveles inferiores de educación¹¹⁻¹³. Es decir, estos alumnos universitarios demostraron tener concepciones alternativas refractarias relativas al rol de los microorganismos en la naturaleza, su función en los ciclos biogeoquímicos, especialmente como descomponedores y su relación con la población humana, de acuerdo con lo publicado por otros autores sobre el tema¹⁴.

Para finalizar, los resultados presentados en este trabajo indican que la intervención docente favoreció el cambio cognitivo en cuanto a reconocimiento de estructuras lógicas de conceptos básicos de microbiología. Cambio que pudo ser valorado cuantitativamente a través del instrumento empleado, pudiendo considerarse como un modelo de innovación educativa, específico y sistemático de evaluación de la asimilación cognitiva sobre conceptos básicos de microbiología en el nivel universitario.

Esta valoración cognitiva servirá de base para el diseño de propuestas de intervención docente que resuelvan los problemas epistemológicos propios de la microbiología y de otras ciencias, aproximando y facilitando este conocimiento a los estudiantes en el nivel superior.

Sin embargo, estos resultados no podrán considerarse para su aplicación como aislados. Habrá que encontrar

correspondencias con otros modelos que abordan otros aspectos importantes del aprendizaje. En este sentido, se reconoce la incidencia de la metacognición y de las estrategias metacognitivas en aspectos como el cambio conceptual, pero también en el aprendizaje autorregulado, la resolución de problemas, los criterios de comprensión y explicación que utilizan los alumnos, sus concepciones sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje, la formulación de preguntas y la motivación¹⁵. Por otro lado, el estudio de los marcos teóricos, entendidos como conceptualización cognitiva generalizada que es útil para ayudar a dar sentido a muchos aspectos del mundo que nos rodea (como los fenómenos biológicos), puede proporcionar una explicación subyacente para una variedad de conceptos erróneos biológicos aparentemente no relacionados. Sin embargo, son escasamente abordados en la literatura sobre la enseñanza de la biología, con pocas excepciones^{16,17}. Se encuentra en

este campo la continuidad de la línea de investigación iniciada en el estudio.

Ffinanciación

Universidad Nacional de La Rioja. Resolución CICYT n.º 005/2013.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Anexo 1. Instrumento de valoración cognitiva de conceptos básicos de microbiología.

1- Un organismo procariota es:

- a. Una célula que carece de un núcleo delimitado por una membrana nuclear y de otros orgánulos
- b. Una célula con núcleo delimitado por una membrana y que en general presenta otros orgánulos

2- Los microorganismos del dominio *Bacteria*:

- a. Constituyen la mayor proporción de biomasa sobre la Tierra
- b. Constituyen la menor proporción de biomasa sobre la Tierra

3- Un microorganismo es:

- a. Un organismo microscópico, generalmente unicelular
- b. Un organismo microscópico, generalmente pluricelular

4- Las bacterias son en general:

- a. Más grandes que un microorganismo eucariota
- b. Más pequeñas que un microorganismo eucariota

5- Las paredes celulares de los organismos procariotas:

- a. Otorgan resistencia contra la presión de turgencia y son responsables de la forma y rigidez de la célula
- b. Funcionan como una barrera de permeabilidad selectiva, son el sitio de unión de muchas proteínas y son el sitio donde se produce la energía de la célula

6- Las bacterias grampositivas, vistas en el microscopio se observan de color:

- a. Rosado
- b. Violeta

7- La disposición característica de los estreptococos es:

- a. Cocos en cadenas
- b. Cocos en racimos

8- A un paciente con amigdalitis se le realizó un frotis faríngeo para identificar la bacteria responsable de esta inflamación. Al colocar el frotis al microscopio después de una tinción de Gram se observa una formación de cadenas de color violeta. Estos resultados nos indican que el microorganismo causante de la inflamación es:

- a. *Streptococo grampositivo*
- b. *Streptococo gramnegativo*

9- La variabilidad genética en los procariotas es debida a:

- a. La transferencia vertical de genes
- b. La transferencia horizontal de genes

10- Los microorganismos que causan pudrición de alimentos se originan:

- a. Espontáneamente a partir del material inerte
- b. De semillas o gérmenes que llegan al alimento a través del aire

11- La selección de un organismo resistente a los antibióticos se basa en un cambio en su:

- a. Fenotipo
- b. Genotipo

12- Un virus es:

- a. Una partícula infecciosa microscópica que solo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos
- b. Un organismo acelular que tiene un metabolismo completo

13- La fermentación alcohólica, que produce etanol y dióxido de carbono, es:

- a. Un proceso industrial artificial
- b. Un proceso metabólico natural de algunas especies de microorganismos

14- Los microorganismos autótrofos:

- a. Utilizan carbono inorgánico como fuente de carbono
- b. Utilizan carbono orgánico como fuente de carbono

15- Los hongos son:

- a. Microorganismos eucariotas heterótrofos
- b. Microorganismos eucariotas autótrofos

16- Las algas son microorganismos autótrofos que:

- a. No poseen pigmentos fotosintéticos
- b. Poseen pigmentos fotosintéticos

17- La esterilización:

- a. Elimina toda forma de vida microbiana, incluida las esporas, de una superficie u objeto
- b. Reduce la cantidad de microorganismos de una superficie u objeto

18- Los antimicrobianos son:

- a. Sustancias producidas por síntesis química, que controlan el crecimiento de determinados microorganismos
- b. Sustancias producidas por algunas especies de microorganismos, o por síntesis química, que controlan el crecimiento de determinados microorganismos

19- En la naturaleza los microorganismos:

- a. Participan en las transformaciones de los elementos químicos para obtener energía y subunidades para sus macromoléculas
- b. No participan en las transformaciones de los elementos químicos para obtener energía y subunidades para sus macromoléculas

Bibliografía

- Flexner A. Medical education in the United States and Canada. New York: The Carnegie Foundation for Advancement of Teaching. [Internet]. 1972 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: http://archive.carnegiefoundation.org/pdfs/elibrary/Carnegie_Flexner_Report.pdf
- Khalil M, Lazarowitz R. Learning microorganisms: Science content, pedagogical methods and students' affective domain. *Creat Educ*. [Internet]. 2014;5:822–34 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: http://file.scirp.org/Html/13-6302097_47005.htm doi.org/10.4236/ce.2014.510096.
- Stevens AM, Smith AC, Marbach-Ad G, Balcom SA, Buchner J, Daniel SL, et al. Using a concept inventory to reveal student thinking associated with common misconceptions about antibiotic resistance. *J Microbiol Biol Educ*. [Internet]. 2017; 18:18.1.1 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: <http://www.asmscience.org/content/journal/jmbe/10.1128/jmbe.v18i1.1281> doi:10.1128/jmbe.v18i1.1281.
- Pozo JI, Gómez Crespo MA. Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. España: Editorial Morata; 2001. p. 84–125.
- Posner GJ, Kenneth A, Strike P, Hewson W, Gertzog WA. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci Educ*. 1982;66:211–27.
- Campos MA, Gaspar S. El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual del conocimiento. En: Campos MA, Ruiz RG, editores. *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*. México: UNAM; 1996.
- Torres Ochoa SR, Chávez Aguilar JF, Romero Alegre A. Modelo de análisis proposicional (MAP) para el concepto evolución en estudiantes del bachillerato tecnológico. *RIE* [Internet]. 2003 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/496Torres.PDF>
- Torres Ochoa SR, Cuevas Novoa LA. Evaluación de adquisición de conocimientos de conceptos de ecología en estudiantes de bachillerato tecnológico de México. *RIE*. [Internet]. 2011; 2: 130-151 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: <http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/80>
- World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310:2191–4.
- Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*. 1951;16:297–334.
- Serrano T. Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las ciencias*. 1987;5:181–8.
- Pozo JI. Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid, España. Editorial Antonio Machado. 1994:271p.
- Trinidad Velasco R, Garritz A. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Edu. Quím*. 2003;14:92–105.
- Gelman SA, Rhodes M. Two-thousand years of stasis: hoy psychological essentialism impedes evolutionary understanding. En: Rosengren KS, Brem S, Evans EM, Sinatra G, editores. *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. New York: Oxford University Press; 2012. p. 3-21.
- Campanario JM. El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*. 2000;18:369–80.
- Rosengren KS, Brem SK, Evans EM, Sinatra GM. Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution. Oxford University Press. [Internet]. 2012; 504 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199730421.001.0001/acprof-9780199730421> doi:10.1093/acprof:oso/9780199730421.001.0001.
- Coley JD, Tanner KD. Common origins of diverse misconceptions: Cognitive principles and the development of biology thinking. *CBE Life Sciences Education*. [Internet]. 2012; 11:209-215 [citada 5 Jun 2017]. Disponible en: <http://www.lifescied.org/content/11/3/209> <https://dx.doi.org/10.1187%2Fcbbe.12-06-0074> doi: 10.1187/cbe.12-06-007.