



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Diseño de un libro electrónico interactivo para el apoyo
a la enseñanza y aprendizaje de la Microbiología

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO

PRESENTA

JUAN MANUEL AQUINO SÁNCHEZ

DIRECTORA: **Dra. Rosalinda Escalante Pliego**

ASESOR: **M. en C. Armando Cervantes Sandoval**



PROYECTO PAPIME PE207014

CDMX, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

« Es magnífico representar la realidad, pero es mucho mejor inventarla »

Giuseppe Verdi

Agradecimientos

Primeramente, a la Universidad Nacional Autónoma de México, y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Instituciones donde crecí de manera académica, intelectual y ante todo, personal. Por ser la mejor Universidad de este país y darme un lugar para enamorarme de la Biología.

A mi directora de tesis, la Dra. Rosalinda Escalante Pliego, por su confianza en este proyecto, el apoyo incondicional y la ayuda que me brindó los últimos tres años, gracias por mostrarme que es lo que un universitario aspira a ser.

A mi asesor, el M. en C. Armando Cervantes Sandoval, por todos sus autógrafos en tantos trámites, por enseñarme que infravaloraba este trabajo, pero, sobre todo, por enseñarme que un mal pase puede justificarse como un pase al hueco.

A la Profesora Rocío Prieto y a la Q.F.B Georgina Rosales, por todo el tiempo y esfuerzo que le brindaron a este proyecto, por enseñarme de puntualidad, compromiso, y sobre todo, por enseñarme a escribir (bien). Así como al Q.F.B. Enrique Escalera, al M. Mario Prado y al Lic. Ricardo Baltazar. Por dejarme aprender tanto durante la elaboración del libro, el cual, sin duda, sería algo muy diferente sin sus aportes, creatividad y conocimiento. Este libro es una clara muestra del trabajo multidisciplinario.

A la Dra. Patricia Rivera, por recordarme cómo se hace un buen anteproyecto y, por hacer mejor a este escrito. También al M. en C. Carlos Bautista por su amabilidad, disponibilidad y consejos.

Por otra parte, y de manera personal, Aarón, Diego, César, Manuel, Dr. Pablo, Ramiro, Alain, Diego, Jesús, Gen y Oscar Ovando. Por toda la pizza, carne asada, fútbol y videojuegos, y por todo lo que nos falta, bola de troncos y hermanos míos.

A Adriana, Miriam y Marlene, por dejarme aprender tanto de ustedes. A Kike, Luís Medellín, César Hernández y a Paquito por ser grandes amigos.

A Anita, Aldo, Sindy, Diego, Aldo y Miguel, por iniciar el mejor proyecto de mi vida, Atomic Zar, tanto como a Vianey, Uri, Monsse, Sire, Eve, Fer, José Luís, Edd, Gizhe, Dano, Ren, Ara, y todos los demás, por continuarlo. Nunca podré pagarles todo lo que han hecho por mí.

A Fernando García, por enseñarme tanto de mí, de matemáticas, Star Wars y de la vida en general. A Angy y a Fabiola, por su amistad atemporal. Por tanto tiempo que no he pasado con ustedes.

Al Coautor de este libro y compañero de mi carrera, César Augusto, por darme tantas aventuras, tantos proyectos y todo tu apoyo cuando lo he necesitado. Gracias hermano.

A Mire, por acompañarme desde el propedéutico y hasta hoy, nadie me ha hecho crecer tanto en lo personal como tú. Por motivarme y creer en mí incluso cuando yo dejaba de hacerlo. Gracias.

A mis hermanas, Daniela y Andrea, por acompañarme toda mi vida y dejarme conocer a mis sobrinos: Ángel, Fernanda, Adrián y Santiago, gracias a ustedes por ser mi fuente infinita de alegría. Por último, a los cuatro pilares de mi vida, mi madre Cecilia, mi padre Alejandro, mi tía Gabriela y mi abuela Amparo. A ustedes les debo lo que soy, lo que fui y lo que seré. Nada más necesito, teniéndolos tras de mí, en mi vida y mis recuerdos. Los amo.

Contenido

RESUMEN	1
MARCO TEÓRICO	3
La Microbiología	3
Las bacterias	4
Morfología celular	5
Bacterias y su importancia biológica	8
<i>La importancia médica de las bacterias</i>	9
<i>Relevancia de las bacterias en los ciclos biogeoquímicos</i>	12
<i>Ciclo del carbono</i>	13
<i>Ciclo del nitrógeno</i>	15
<i>Ciclo del azufre</i>	17
Las TIC en la educación	18
Sistemas multimedia e hipermedia	21
El libro electrónico	22
El libro electrónico en el aula universitaria	24
Uso del iPad y otros dispositivos móviles en el aula universitaria	26
ANTECEDENTES	28
OBJETIVO GENERAL	29
OBJETIVOS PARTICULARES	29
JUSTIFICACIÓN	30
MÉTODO	31
RESULTADOS	35
Elección de los temas	35
Redacción de textos y diseño de material multimedia	36
Video introductorio	37
Presentación	38
Introducción	38
Capítulo 1.- El origen de las Bacterias como el origen de la vida	39
Capítulo 2.- Evolución y diversidad microbiana	40
Capítulo 3.- Estructura bacteriana externa	41
Capítulo 4.- Estructura bacteriana interna	43
Capítulo 5.- Clasificación bacteriana	44

Capítulo 6.- Un mundo bacteriano.	46
Capítulo 7. - Terapéutica antimicrobiana.	48
Disponibilidad del Libro electrónico	50
Difusión del material	51
ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
Trabajos citados	58

RESUMEN

En la actualidad, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han probado tener un alto potencial en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En particular, los libros electrónicos muestran un cambio significativo en la manera de proporcionar información al estudiante. Las opciones hipermedia de los libros electrónicos permiten crear una experiencia enriquecedora, y ha mostrado ser un complemento didáctico relevante en los cursos universitarios. Por otra parte, el desarrollo de material multimedia para la enseñanza de las diversas áreas de la Biología, se muestra como una prioridad dado que, a pesar del auge de las TIC en los años recientes, el material desarrollado está lejos de ser el adecuado para brindar al estudiante una gama de opciones que se adecúen a sus necesidades.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue diseñar y desarrollar un libro electrónico interactivo, con temas relacionados a la Microbiología, como una alternativa hipermedia y virtual a los libros impresos, que permitiera al usuario consultar información actual a través de dispositivos portátiles como el iPad. El resultado se puso a disposición de la comunidad universitaria, es decir, la obra “Elementos de la estructura bacteriana: Un libro electrónico”.

Compuesto de siete unidades, a lo largo del libro se desarrollan temas relacionados con el origen, diversidad y evolución de las bacterias, así como la descripción de sus principales estructuras internas y externas. Los capítulos finales contienen información de sus interacciones con otros seres vivos, su papel ecológico y su importancia médica, biotecnológica y ambiental. Esto con la finalidad de que aporte a la formación de alumnos de la Carrera de Biología de manera novedosa, los temas relacionados con la Microbiología.

El formato en el que se desarrolló el material, iBook, permitió incorporar múltiples elementos multimedia, como podcast, animaciones, fotografías, videos, cuadros interactivos, audios e imágenes que permiten abordar de diversas maneras los temas antes expuestos. De manera complementaria, se incluyen links, lecturas y sitios relevantes para ampliar la información vertida.

Así, el libro “Elementos de la Estructura Bacteriana: Un Libro Electrónico”, se expone como una alternativa para complementar la información obtenida en el aula, para la mejor comprensión de los diversos temas de la Microbiología.

}

MARCO TEÓRICO

La Microbiología

La Microbiología deriva su nombre de tres palabras griegas: *mikros* (pequeño), *bios* (vida) y *logos* (razón, palabra, estudio). Es, entonces, una rama de la Biología que se encarga del estudio de la vida microscópica, por lo que su coherencia radica en la metodología y aproximación a los problemas, no por la relación entre los organismos que estudia (Ingraham, *et al.*, 1998).

Podemos definir a un microorganismo como aquel ser vivo con dimensiones mínimas para ser observado a detalle por una persona, sin ayuda de ningún instrumento. Por lo regular, el límite se sitúa en 1 mm (Harvey, *et al.*, 2012). Se calcula que existen 5×10^{30} células microbianas, lo que representa el 90% de la biomasa de la biósfera (Brooks *et al.*, 2010), esta definición incluye a bacterias, arqueas, hongos, protozoarios, virus y algunas algas. Su marco explicativo abarca múltiples aspectos de estos seres, como la fisiología, bioquímica, evolución, ecología, importancia médica, genética entre muchos otros.

Su estudio es relevante en dos grandes aspectos (Madigan, *et al.*, 2009):

1. Como ciencia biológica básica: Una parte importante de la información que genera la investigación microbiológica, aporta a la comprensión de los principios químicos, físicos y biológicos que hay detrás de múltiples fenómenos naturales.
2. Como ciencia biológica aplicada: Múltiples técnicas de la microbiología se relaciona a diversos problemas prácticos en medicina, agricultura, la biotecnología, la biorremediación, la ingeniería genética, entre muchas otras áreas.

Aunque la microbiología nace en el siglo XVII con las descripciones de Robert Hooke de cuerpos fructíferos de mohos, y Antonie Van Leeuwenhoek, detallando la morfología de bacterias, hongos, y protozoarios con ayuda de microscopios creados por él mismo, no ha dejado de experimentar revoluciones a causa del constante desarrollo de nuevos métodos y herramientas para el estudio de estos organismos: Microscopios de luz polarizada en el siglo XIX, electrónicos y de barrido

en el siglo XX, el avance en las técnicas moleculares como la PCR y el estudio genómico de los organismos (Brooks, *et al.*, 2010; Madigan, *et al.*, 2009 & Tortora *et al.*, 2007), por lo que la información generada con respecto a esta disciplina es muy amplia y constante¹.

Las bacterias

«La plaga es causada por un efluvio compuesto por diminutos e imperceptibles seres vivos»
Athanasius Kircher, sobre la peste bubónica.
En *Scrutinium physico-medicum pestis*, 1658.

En la actualidad, se reconocen más de 20,000 especies de bacterias (Global Biodiversity Information Facility, 2017). La categoría taxonómica en la que se agrupan es el dominio Bacteria, diferenciándose de Eukarya y Archeae (O'Donnell, *et al.*, 2013).

La mayoría de las bacterias son células individuales y autónomas, con un solo cromosoma circular, sin membrana nuclear (Singlenton, 2004). Aunque comparte estas características con las arqueas, existen algunas diferencias entre dichos grupos:

- 1) No existen bacterias productoras de metano
- 2) Las bacterias sólo cuentan con un tipo de RNA polimerasa
- 3) Sólo en las bacterias existen organismos fotosintéticos.
- 4) Los enlaces lipídicos en la membrana no son éter, sino éster
- 5) Incluye a todos los procariotas de importancia médica.

¹ Existen más de 100 revistas arbitradas donde el tema principal es la Microbiología en alguno de sus aristas. Por ejemplo, *Nature Reviews Microbiology*, publica más de 200 artículos al año.

Sin embargo, la mayor diferencia radica en la divergencia molecular entre las secuencias de DNA estos dos clados, existiendo una divergencia mayor a los 3,000 millones de años (García, 2011).

La composición química general de las bacterias es muy próxima a la de cualquier célula, de manera independiente a su origen: casi un 70% de su contenido es agua, mientras que el 30% restante consiste en sustancias que forman su peso seco. Una mayor proporción son proteínas, seguidas de los ácidos nucleicos como el DNA y el RNA, así como lipopolisacáridos, fosfolípidos, carbohidratos y trazas de otras moléculas inorgánicas (Negroni, 2009). No obstante, la composición puede variar de una especie a otra, lo que permite poder identificarlas mediante técnicas de tinción (Alarcón & Olivas, 2001).

Morfología celular

Las células bacterianas varían ampliamente en su forma, sin importar su especie, se pueden clasificar de la siguiente manera (Negroni 2009; Tortora *et al.*, 2007):

- 1) Cocos: Células redondas o esféricas. Los cuales pueden vivir de manera aislada o, en algunos casos, entrelazarse y vivir en forma de cadenas o racimos (diplococos, estreptococos, estafilococos, etc.).
- 2) Bacilos: Organismos alargados. A su vez se dividen en vibrios, si son curvados, fusiformes, si son afilados por los extremos y filamentosos, que se observan como filamentos con cortas ramificaciones. Muchas de las bacterias de importancia médica se encuentran en esta categoría, como la fiebre tifoidea, el tétanos y gangrena. Pueden encontrarse como estreptobacilos, en empalizada y diplobacilos de acuerdo a su disposición.
- 3) Cocobacilos: Bacterias intermedias entre los dos anteriores.
- 4) Formas espiraladas: Se clasifican de acuerdo al número de curvas que poseen y según la rigidez de su cuerpo. Aquellas rígidas y con una sola curvatura, se les denomina Vibrio. Si tiene dos o más curvaturas, recibe el nombre de espiroqueta y, en caso de tener flagelo, espirilo.
- 5) Bacterias angulares, cuadradas o plana o irregulares: Existen bacterias que presentan variaciones a los planos antes mencionados. Se han descrito

especies con forma de estrella, piriforme, discoidal o rectangular, sin embargo, al ser su forma un aspecto peculiar que permite su mejor identificación, se ha preferido no categorizarlas.

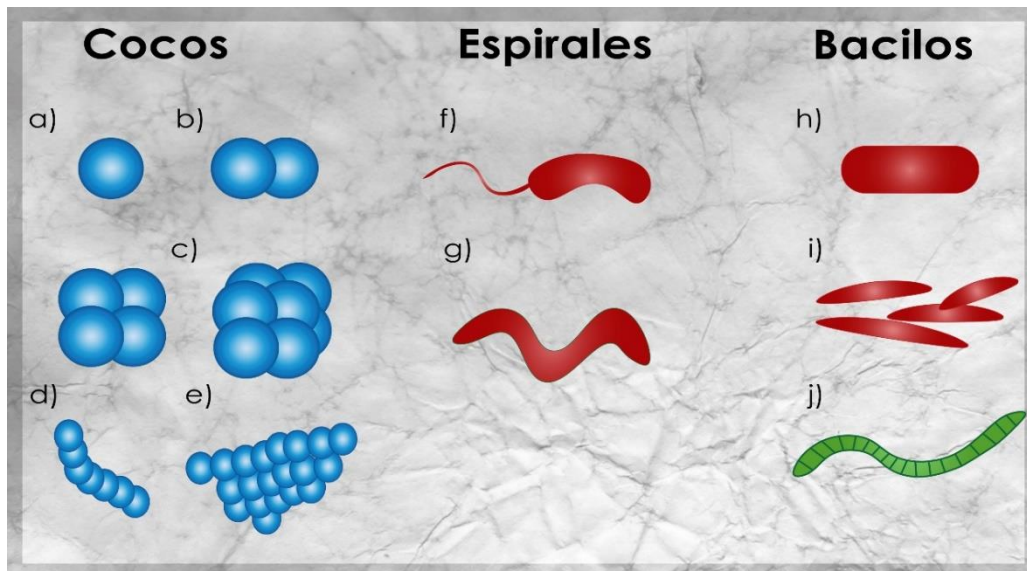


Fig. 1.- Formas principales de la morfología bacteriana: a) Coco b) Diplococo, c) Estreptococos en paquetes regulares de cuatro y ocho células d) Cocos en cadena e) Cocos en racimos f) Vibrios g) Célula espiral flexible (espiroqueta) h) Bacilo típico i) Bacilo fusiforme j) Cianobacteria filamentosas.

Aunque en cada especie, por lo regular, la forma es uniforme entre todos los individuos, existen algunas excepciones donde la forma varía de unos individuos a otros, lo que se conoce como pleomorfismo (Singlenton, 2004).

El tamaño medio de una bacteria se encuentra entre los 0.1 y 0.2 μm de ancho y 50 μm de diámetro, aunque la varianza del tamaño en diferentes especies es muy amplia (Murray, 2014)².

Genética Bacteriana

La mayor parte de la información genética de las bacterias está contenida en una única molécula de DNA circular de entre 580 y 5,220 kbp (Brooks *et al.*, 2010)³. En

² El registro de la bacteria más grande pertenece a *Thiomargarita namibensis*, por Schulz, *et al.*, (1999) publicado en *Science*, describiendo células de 750 μm de diámetro (0.75 mm).

³ Existen algunas excepciones, como *Borrelia burgdorferi* y *Streptomyces sp.*, donde el DNA es lineal. La razón de esto es desconocida (Singlenton, 2004).

ella se encuentran los genes necesarios para el desarrollo bacteriano, lo que se conoce como genes constitutivos.

La mayor parte de las bacterias contiene DNA extra cromosómico, también circular y cerrado, denominado DNA plasmídico, el cual contiene información para muchas funciones y características no esenciales para la célula en condiciones normales de crecimiento, sin embargo, sí porta genes que confieren nuevas propiedades genotípicas y que, en algunos casos, les ayudan a su adaptación en determinados ambientes (Betancor *et al.*, 2008), como se muestra en el cuadro 1.

Tabla 1. Ejemplo de funciones metabólicas determinadas por plásmidos (Modificado de Carroll <i>et al.</i> , 2016).	
Microorganismo	Actividad
<i>Pseudomonas</i> sp.	Degradación de alcanfor, tolueno, octano
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Amilasa α
<i>Alcaligenes eutrophus</i>	Utilización de H ₂ como oxidante
<i>Escherichia coli</i>	Captación y metabolismo de sacarosa
<i>Klebsiella</i> sp.	Fijación de nitrógeno
<i>Rhodospirillum rubrum</i>	Síntesis de pigmento fotosintético

La mayoría de los plásmidos codifican, además, los genes responsables de su transferencia desde un individuo a otro, por lo que la transferencia horizontal de genes⁴ puede diseminar una mutación de forma amplia, dentro de una población bacteriana, caso observado entre las poblaciones bacterianas con secuencias de resistencia a los antibióticos (Carroll *et al.*, 2016).

Dentro de las características diferenciales del material genético, las bacterias no poseen un núcleo, por lo que no existe una membrana que separe al material cromosómico del citoplasma. Así mismo, poseen las denominadas islas de patogenicidad, elementos genéticos móviles que contribuyen a la modificación y diseminación de los factores de virulencia (Forbes *et al.*, 2009).

⁴ Se conocen 3 mecanismos básicos de transferencia horizontal de genes de resistencia: conjugación, transformación y transducción. El más importante, por su frecuencia y sus consecuencias epidemiológicas, es la conjugación (Martínez-Martínez & Calvo, 2010).

Por otra parte, al igual que el material genético eucariota, en el cromosoma circular bacteriano existen transposones, los cuales son elementos genéticos que contienen diversos genes que les permiten migrar de un locus genético a otro, lo que crea variación por inserción (Carroll *et al.*, 2016). Dentro de los transposones bacterianos podemos encontrar diferentes tipos:

- a) Elementos de inserción: También conocidos como secuencias IS (*insertion sequence*) son relativamente cortos (0.75 a 2 kpb) y producen la mayor parte de las mutaciones por inserción, transportan solo genes para favorecer su transposición (Transcriptasa inversa). Son en su mayoría específicos para cada especie.
- b) Complejos: Transposones de tamaño mayor a los 2 kpb, los cuales portan genes para funciones especializadas como resistencia a antibióticos. Están rodeados por secuencias de inserción.

Otro carácter diferencial con los eucariotas, es que durante la replicación del DNA bacteriano, el cromosoma inicia su duplicación a partir de un único origen, conocido como replicón. Así mismo, la replicación en las bacterias es total, lo que significa que una vez iniciada, todo el cromosoma es duplicado y puede ser llevada a cabo en cualquier momento de su ciclo celular (Betancor *et al.*, 2008).

Durante la replicación, cada cadena de la doble hélice sirve de plantilla para la síntesis de otra cadena complementaria, por lo que cada doble cadena hija de DNA posee una copia nueva y una vieja, lo que se conoce como replicación semiconservadora (Castro, 2014). El tiempo que una bacteria como *E. coli* requiere para la replicación total del cromosoma puede llegar a ser de 40 min, mientras que el tiempo de división es de 20 minutos, por lo que debe existir un acoplamiento entre la replicación del DNA y la división celular (Carroll *et al.*, 2016; Castro, 2014).

Bacterias y su importancia biológica

La mayor parte de las bacterias son autónomas, es decir, crecen y se reproducen sin crear algún tipo de asociación con otros organismos, sin embargo, la mayor parte de los seres vivos son afectados directa o indirectamente por la actividad o existencia de estos organismos (Singlenton, 2004). Las comunidades formadas por

bacterias, o de manera mixta con hongos, algas, protozoos y otros organismos se encuentran en la totalidad de hábitats naturales, lo que se conoce como microflora (Madigan, 2009).

Aunque existen numerosas ramas de la microbiología que estudia la actividad bacteriana en diferentes contextos, para los fines de este escrito se expondrán las principales dos, que ilustran la relevancia biológica de su estudio:

- a) La importancia médica de las bacterias.
- b) La relevancia de las bacterias en los ciclos biogeoquímicos.

La importancia médica de las bacterias

Los humanos, y todas las plantas y animales por lo general, contamos con una flora microbiana tanto en la superficie como en el interior de nuestro organismo, la cual se encuentra en un continuo estado de cambio determinado por diversos factores como la dieta, la edad, el estado de salud, entre otros (Murray *et al.*, 2014). La existencia de dichos organismos nos es benéfica, en algunos casos protegiendo de ciertas enfermedades al evitar el sobre crecimiento de otras bacterias, producen sustancias útiles como vitamina K o algunas del complejo vitamínico B, entre otros aspectos benéficos (Tortora *et al.*, 2007).

Tabla 2.- Importancia y función de la microflora normal en humanos. (Modificado de Galdea & Torres, 2008).	
EFFECTOS DIRECTOS	EFFECTOS INDIRECTOS
Producción de metabolitos tóxico	Aumento en la producción de anticuerpo
Reducción del potencial de óxido reducción	Estímulo de la fagocitosis
Competencia con patógenos por nutrientes y receptores	Aumento de la producción de interferón
Consumo de nutrientes esenciales	Deconjugación de ácidos biliares

Por otra parte, la exposición de una persona a un nuevo microorganismo cualquiera puede tener tres resultados:

- 1) Colonizar a la persona de forma transitoria.
- 2) Colonizarla de forma permanente.

3) Provocar una enfermedad.

En los primeros dos casos, puede formar parte de la microflora de la persona, de manera definitiva o temporal. En el tercer caso, la interacción entre la bacteria y el ser humano ocasiona un proceso patológico que provoca daños en el anfitrión (Murray *et al.*, 2014).

El proceso patológico abarca el proceso infeccioso, los mecanismos que provocan la aparición de signos y síntomas, así como los factores bioquímicos, estructurales y genéticos que contribuyen a la respuesta del anfitrión ante la bacteria en cuestión (Carroll *et al.*, 2016).

En algunas enfermedades, la relación entre enfermedad y patógeno es específica en su totalidad, lo que significa que sólo pueden ser causadas por especies determinadas, e incluso, sólo por cepas de estas especies, tal es el caso del ántrax (*Bacillus anthracis*) o de la gangrena gaseosa (Bacterias del género *Clostridium*) (Singlenton, 2004).

Por otra parte, hay patógenos oportunistas, los cuales suelen ser inocuos en condiciones normales, pero puede tornarse patógeno cuando el anfitrión está debilitado, tiene alguna herida, su microflora se encuentra disminuida a causa de la exposición a un antibiótico o su sistema inmunitario se encuentra suprimido (Tortora *et al.*, 2007). Tal es el caso de algunas especies de *Bacteroides*, que se encuentran habitualmente en el intestino, sin embargo, pueden dar lugar a una peritonitis tras una herida en el tracto intestinal bajo (Singlenton, 2004). Se puede considerar a las bacterias oportunistas como menos infecciosas, sin embargo, son la causa de muerte más frecuente dentro de las infecciones adquiridas en pacientes hospitalizados (Galdea & Torres, 2008), siendo *Escherichia coli* la más común, (15,9%) mientras que el segundo y tercero son *Staphylococcus aureus*, (15,9%) y *Enterococcus spp.* (9,6%), respectivamente (Cantón & Ruíz-Garbajosa)

Para que se produzca una infección, las bacterias deben superar los mecanismos y barreras de defensa del organismo, por ejemplo, la piel cuenta con una gruesa capa córnea de células muertas que protege al organismo de la infección, sin embargo,

los cortes de la piel crean una entrada al tejido subyacente susceptible para las bacterias (Murray, 2014).

Tabla 3. Vías de entrada de las bacterias (Adaptado de Murray, 2014).	
Vía	Ejemplos
Tracto digestivo	<i>Salmonella sp.</i> , <i>Shigella</i> , <i>Yersenia enterocolitica</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Bacillus cereus</i>
Inhalación	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> , <i>Chlamydia psittaci</i> , <i>Chlamydia pneumoniae</i> , <i>Streptococcus sp.</i>
Traumatismo	<i>Clostridium tetani</i>
Venopunción	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>
Picadura de artrópodos	<i>Francisella sp.</i> , <i>Rickettsia sp.</i> , <i>Yersenia pestis</i>
Transmisión sexual	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> , <i>Chlamydia trachomatis</i> , <i>Treponema pallidum</i> .

Existen diferentes factores que determinan la virulencia del patógeno, como la temperatura, la disponibilidad de hierro, la osmolalidad, la fase del desarrollo, el pH y la disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, la expresión de la toxinas de *Vibrio cholerae* es mayor a un pH de seis que a un pH de ocho, mientras que para *Yersinia pestis* produce proteínas antifagocíticas de manera óptima entre los 33 y 37 °C, mientras que entre 20 y 28°C no la produce (Carroll *et al.*, 2016).

Una vez que las bacterias han ingresado al organismo, y encuentran las características físicas y químicas idóneas para su crecimiento, inician la colonización, adhesión e invasión del anfitrión (Murray *et al.*, 2014).

En la fase de adhesión, las bacterias evitan ser eliminadas por el moco y otros líquidos que bañan las superficies de los tejidos, para formar después microcolonias (Carroll *et al.*, 2016).

La interacción entre las bacterias y la superficie celular durante esta fase es compleja, dado que son diversos factores los que intervienen, como lo son la hidrofobicidad de la superficie y las interacciones de los receptores celulares del hospedador (Prats, 2012). La adhesión está mediada por moléculas específicas de

la superficie del patógeno, llamadas adhesinas (Singleton, 2004), así como pilosidades, apéndices gruesos similares a bastones o fimbrias, que son estructuras que se extienden en la superficie de la célula bacteriana y participan en dicho proceso. Estas estructuras pueden contener ácido lipoteicoico, proteínas F y M, las cuales inducen la adhesión a las células epiteliales, además de tener actividad antifagocítica (Carroll *et al.*, 2016).

La finalidad última de la adhesión es provocar cambios en el citoesqueleto de la célula que permita el ingreso de la célula, lo que logran con un conjunto de proteínas denominados invasinas (Tortora *et al.*, 2007).

Una vez dentro de la célula hospedadora, inicia la fase de invasión, caracterizada por la utilización de nutrientes, multiplicación, así como generar residuos, producir toxinas e iniciar el proceso de virulencia, provocando un daño en la célula y, en la mayoría de los casos, la muerte de la misma para liberar a las bacterias que se reprodujeron dentro de ella (Negroni, 2009).

La colonización bacteriana consiste en la reproducción de la población dentro del tejido infectado (Ryan & Ray, 2010). Una adaptación bacteriana que facilita esta etapa la generación de una membrana viscosa de polisacáridos que mantiene a las células unidas entre sí y a la superficie, la cual las protege de las defensas del organismo y la acción de los antibióticos (Murray *et al.*, 2009).

Relevancia de las bacterias en los ciclos biogeoquímicos

Las bacterias han sido objeto de numerosos estudios por su participación en los ciclos biogeoquímicos de los elementos esenciales para la vida, así como por su capacidad para transformar compuestos no esenciales, que eventualmente pueden representar una amenaza para el ambiente, como los xenobióticos de difícil biodegradación, debido a la presencia de enlaces éter en las moléculas que los componen (Singleton, 2004; Suárez & Reyes, 2002). Su principal participación se lleva a cabo en los ciclos del carbono, nitrógeno y azufre.

Ciclo del carbono

El carbono, además de ser el cuarto elemento más abundante en el universo, es la base estructural de todas las moléculas orgánicas que sustentan la vida (Koolman & Röhm, 2004). Por lo anterior, es el ciclo biogeoquímico que se realiza a mayor escala y de diferentes maneras. Una de ellas, el ciclo inorgánico, se encarga de disminuir la carga de carbono en la atmósfera, sirviéndose de la producción de carbonato de calcio por parte de organismos marinos, para su posterior precipitación y contención en rocas sedimentarias, donde el carbono queda fuera de su ciclación orgánica miles o incluso millones de años. A pesar de que algunas bacterias presentes en el plancton pueden ser partícipes en este proceso, es el ciclo orgánico donde desarrollan un papel fundamental (Singlenton, 2004).

A diferencia de otros elementos, el carbono no tiene un papel fundamental en su estado elemental. Para fines prácticos, se considera al CO₂ como su forma principal, y a los organismos que lo asimilan, productores primarios (Madigan, 2009). La fuente de CO₂ es su forma gaseosa en la atmósfera, su disolución acuosa o su presencia en diversos medios orgánicos.

A las bacterias que metabolizan el CO₂ como fuente de carbono, se les conoce como autótrofas, pudiendo ser obligadas (donde es su única fuente), o facultativas, cuando pueden obtener carbono de otros compuestos de mayor complejidad (Castillo *et al.*, 2005). Dentro de este grupo, el carbono puede ser incorporado principalmente por dos vías:

- a) Procesos energizados por radiación (fotoautotrofia)
- b) Procesos energizados por reacciones redox (quimioautotrofia)

En ambos casos, la asimilación se realiza a través del ciclo de Calvin y, en algunas excepciones, por una modificación del ciclo de los ácidos tricarbóxicos (TCA), llamado ciclo TCA reductivo (McKee & McKee, 2009).

En cuanto a la fotoautotrofia, también llamada fotosíntesis bacteriana, los principales representantes son las cianobacterias, grupo surgido hace más de 2,500

millones de años que se encuentran en sistemas marinos y continentales, semiacuáticos o terrestres. Se caracterizan por usar clorofila como pigmento fotosintético. Otros grupos de bacterias fotosintéticas, las bacterias púrpuras y verdes, utilizan pigmentos de estructuras derivadas de la clorofila, llamadas bacterioclorofilas. Estos organismos no tienen como producto al oxígeno en el proceso, lo que se denomina Fotosíntesis anoxigénica (Singlenton, 2004).

Por otra parte, los organismos quimioautotróficos, como *Acidiobacillus ferrooxidans*, son incapaces de descomponer materia orgánica, cuya presencia, incluso, limita su adecuado desarrollo. En cambio, requieren la presencia de compuestos inorgánicos cuya oxidación brinde la energía para el proceso de fijación del carbono (Madigan *et al.*, 2009). Entre las fuentes energéticas que utilizan se encuentran:

- Compuestos nitrogenados.
- Azufre y derivados.
- Hidrógeno.

Una vez que el carbono es parte de la cadena trófica por productores primarios, puede seguir tres rutas.

- a) Ser consumido.
- b) Entrar en el proceso de descomposición.
- c) Ser expulsado en forma de CO₂ como producto de la respiración.

Si los organismos fotosintéticos mueren, sus compuestos estructurales son reducidos por procesos físicos, químicos o biológicos. Por otra parte, si son asimilados por seres herbívoros, carnívoros, etc., esto no es más que un paso intermedio antes de entrar a la descomposición, ya sea en forma de excretas o por una descomposición posterior con la muerte de los consumidores (Castillo *et al.*, 2005). Es en la descomposición donde las bacterias juegan un rol como organismos saprófitos.

La asimilación de moléculas orgánicas como fuente de carbono, como la glucosa o la celulosa, es conocida como heterotrofia (McKee & McKee, 2009).

En cuanto a la respiración, el carbono es devuelto a su forma original, el CO₂, para dar inicio nuevamente al ciclo.

Una ruta paralela del CO₂, donde también se involucran las bacterias, es en la asimilación del metano. Algunas arqueas, llamadas comúnmente como metanógenas, metabolizan el CO₂. Los principales géneros son: *Methanobacteria*, *Methanococci*, *Methanomicrobiota*, *Methanopyri* y *Methanosarcinales*, transformando dicho compuesto en CH₄, compuesto que puede ser utilizado por un conjunto de bacterias, denominadas metilótrofos, de géneros como *Metylococcus*, *Methylocella* y *Methylomonas* (Singlenton, 2004). Se calcula que los depósitos oceánicos contienen alrededor de diez billones de toneladas de metano, lo que representa cerca del doble de los depósitos terrestres de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo (Tortora *et al.*, 2007).

Ciclo del nitrógeno

En la atmósfera, el nitrógeno constituye más del 75 % de los elementos presentes, sin embargo, el alótropo en el que se encuentra (N₂) no puede ser usado directamente para la mayoría de los organismos a causa del triple enlace entre los átomos, por lo cual la molécula es prácticamente inerte. Para ser utilizado, se requiere de un cambio en dicha molécula, lo que resulta en la producción de nitrato (NO₃⁻) si es una oxidación, o iones amonio (NH₄⁺), resultado de una reducción (Tortora, 2007). Una porción del nitrógeno es fijado por procesos fisicoquímicos como las tormentas UV o descomposición por radiación UV, sin embargo, la mayor parte es resultado de un proceso biológico realizado por bacterias, ya sea asociadas simbióticamente con plantas o como organismos de vida libre en el suelo (Singlenton, 2004). Esta parte del ciclo se conoce como fijación.

Aunque son muy diversas, las principales bacterias fijadoras de nitrógeno, o diazótrofos, como también se les conoce, pueden encontrarse como organismos de vida libre, o como simbioses alojados en nódulos de las raíces de diversas plantas (Madigan *et al.*, 2009).

Tabla 4.- Principales bacterias fijadoras de Nitrógeno (modificado de Madigan *et al.*, 2009).

Vida libre	Tipo de respiración	Bacterias simbiotes	Simbionte
<i>Clostridium spp.</i>	Anaerobia	<i>Azospirillum spp</i>	Gramíneas
<i>Trichodesmium spp</i>	Anaerobia	<i>Bradyrhizobium spp</i>	Soya
<i>Rodospirillum spp</i>	Anaerobia facultativo	<i>Frankia spp</i>	plantas actinorricas
<i>Azotobacter sp.</i>	Aerobia	<i>Rhizobium spp.</i>	Leguminosas

Las fases por las cuales el nitrógeno circula por las cadenas tróficas y en las cuales intervienen las bacterias, son asimilación, respiración del nitrato y desnitrificación (Singleton, 2004):

1. Asimilación: Las plantas absorben el nitrógeno en forma de nitrato, transformándolo en amonio (que también pueden absorber directamente en pequeñas cantidades), que es incorporado a su estructura e inician así su distribución en la cadena alimenticia. Por otra parte, algunas bacterias anaerobias facultativas con ayuda de las enzimas glutaminasintasa y glutamatosintasa, forman glutamina y glutamato, respectivamente, compuesto que pueden utilizar para sintetizar L-alanina y L-aspartato; así como para ser parte de la síntesis de bases nitrogenadas en la replicación del DNA.
2. Respiración del nitrato: Como parte del proceso de respiración anaeróbica de algunas especies, tales como *Alcaligenes faecalis* y *Paracoccus denitrificans*, se utiliza el nitrato como aceptor terminal de electrones, por lo que éste puede ser reducido (dependiendo de la especie) en nitrito, amonio, óxido nitroso o nitrógeno molecular (estos últimos dos casos serían parte de la desnitrificación).
3. Desnitrificación: Géneros de bacterias como *Bacillus*, *Hyphomicrobium*, *Thiobacillus* y *Paracoccus*, tienen como producto de su respiración el óxido nitroso y nitrógeno molecular. Así mismo, bacterias saprófitas, las cuales se alimentan de animales y plantas en descomposición, se encargan de

transformar los desechos nitrogenados, y los tejidos corporales, en nitrógeno molecular.

Ciclo del azufre

La mayoría de las plantas y bacterias asimilan el azufre en forma de sulfato SO_4^{2-} sin embargo, antes de su incorporación, debe ser reducido a algún compuesto como el sulfuro de hidrógeno, H_2S , mediante el proceso llamado reducción asimilatoria de sulfato (Singlenton, 2004). Estos compuestos representan una fuente de energía para las bacterias autótrofas anaeróbicas, que convierten los sulfuros en gránulos de azufre elemental u oxidarlo a sulfitos y sulfatos (Tortora *et al.*, 2007).

Bacterias como *Thiobacillus thiooxidans* y *T. ferrooxidans*, utilizan el azufre elemental formando matrices filamentosas con las que se adhieren a partículas de azufre cuando se encuentran en fases acuosas, tal es el caso de las aguas residuales (Castillo *et al.*, 2005). Otra fuente de azufre son los sulfuros metálicos, como la pirita, los cuales oxidan para producir tiosulfatos, politionatos.

Una vez asimilado el azufre en compuestos orgánicos de los que forma parte como los aminoácidos cisteína y metionina, así como cofactores como la coenzima A, se le conoce como azufre orgánico (Singlenton, 2004). Al descomponerse las proteínas, un proceso llamado desasimilación, el azufre se libera como sulfuro de hidrógeno y reingresa en el ciclo (Tortora *et al.*, 2007)

En conclusión, las bacterias desempeñan múltiples funciones en prácticamente todos los procesos relacionados a la vida, además de tener una relevancia mayor en la salud de los seres humanos.

Las TIC en la educación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación se han extendido a los espacios sociales públicos y privados de las personas (Bosco, 2012). La dimensión social de las TIC se vislumbra atendiendo a la fuerza e influencia que tiene en los diferentes ámbitos y a las nuevas estructuras sociales que están emergiendo, produciéndose una interacción constante y bidireccional entre la tecnología y la sociedad (Belloch, 2012), fundamental para la transición hacia las sociedades de la información⁵ en diferentes aspectos del desarrollo (la educación, la salud, el medio ambiente, etc.); dicha perspectiva representa la tendencia actual; aprovechar el potencial de estas tecnologías para enfrentar los grandes desafíos del desarrollo (Sunkel, 2011).

Las TIC han ido integrándose en los sistemas de educación formal de manera paulatina, propiciando uno de los mayores cambios en el ámbito de la Educación, multiplicando el acceso a recursos, información y brindando nuevas opciones de comunicación, así como determinando la aparición de nuevos roles para las instituciones educativas, los docentes y los estudiantes, y estimulando el desarrollo de materiales de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje (Belloch, 2012, Prieto et al., 2010).

De acuerdo a Marqués (2012), existen tres razones primordiales para el uso de las TIC en la educación:

1. Innovación metodológica: Haciendo uso de las nuevas posibilidades didácticas que ofrecen las TIC, para apoyar la mejora en el aprendizaje.
2. Alfabetización digital: Incentivar la adquisición de competencias básicas en el uso de las TIC en múltiples sectores de la sociedad.
3. Aumento de la productividad educativa. Aprovechando las ventajas que proporciona la realización sistemática de: búsqueda, gestión y difusión de la información, comunicación, etc.

⁵ Término que hace referencia a sociedades donde la producción y transferencia del conocimiento resultan primordiales, donde el aprovechamiento sostenible y compartido del saber es la fuente principal del desarrollo humano (Ruíz *et al.*, 2010)

Estas razones han sido estimuladas por el desarrollo de cada vez más un número mayor de recursos multimedia y productos hipermediales⁶. Las laptops, el celular, las tabletas electrónicas y los dispositivos de audio son de uso común entre la población y hacen de estos materiales una opción de consulta casi en cualquier instante y lugar (Quiroga, 2011).

Es así que el buen uso y la adecuada integración de las TIC en los centros educativos debe tomarse como una herramienta más al servicio de los objetivos de aprendizaje, fortaleciendo la comunicación, creatividad y colaboración en el proceso de enseñanza aprendizaje, para alumnos, docentes e instituciones educativas. De acuerdo a Cabero (2007), los aportes de las TIC en el centro educativo pueden agruparse en dos áreas:

- **Educativas:** Interacción del alumno con la información, continúa actividad intelectual, flujo de información en ambas direcciones emisor-receptor, aprendizaje flexible, favorece el aprendizaje interactivo y la educación a distancia, como nuevas formas de enseñanza, pero de manera principal como complemento.
- **Tecnológicas:** Estimulación de las competencias de expresión y creatividad, debido a la flexibilidad y a la gran variedad de recursos y canales en los procesos para el manejo de acceso a mucha información de todo tipo, en diferentes formatos, video, voz, imágenes, texto en grandes cantidades, con elevados parámetros de calidad y eliminando las barreras de localización y tiempo.

La implicación de estas tecnologías en el ámbito educativo han aumentado de manera significativa: programas para diseñar y administrar experiencias de aprendizaje, bases de datos referenciales, creación de aulas virtuales, y

⁶ Los sistemas hipermedia pueden contener textos, gráficos, animación, sonido o vídeo todo ello de manera no lineal. Aunque puede referirse como sinónimo del término multimedia, existe la discusión sobre sus diferencias y usos definidos (Lamarca, 2013). Se revisa de una manera más amplia ambos terminos en la página cinco.

principalmente, recursos electrónicos de texto completo como artículos y libros (Hernández et al, 2009).

Sin embargo, también existen factores que limitan el uso e impacto de estos medios en la educación (Marqués, 2012; Romero & Araujo, 2012), dentro de las que destacan:

- Exigencia de hardware y software específico
- Ausencia o deficiencia de controles de calidad.
- Cambios continuos en la tecnología de los instrumentos electrónicos.
- Competencias digitales previas necesarias para su uso.
- Aprendizajes incompletos y superficiales.
- Múltiples fuentes de distracción, dispersión y pérdida de tiempo.
- Saturación de información por la gran cantidad de fuentes disponibles.

Por último, cabe señalar que dentro de las TIC, cuatro han sobresalido en su uso dentro del aula universitaria (Bosco, 2009):

1. **Los campus virtuales:** conocidos también como entornos virtuales, *e-learning* o plataformas tecnológicas, los campus virtuales tienen variantes presenciales, semipresenciales o a distancia; siendo espacios virtuales donde se brindan materiales didácticos, herramientas hipermedia, se tiene contacto con compañeros y profesores, así como permite evaluaciones continuas y sumativas durante el curso (Área-Moreira et al., 2010).
2. **Web docente:** Web temáticas de autoformación, donde se puede acceder a amplia información y procesos sofisticados de búsqueda, así como ejercer facultades de comunicación con los profesores, regulados por normas de acceso. Sus principales contenidos son: Noticias de interés relacionados con la asignatura, ejemplos de ejercicios y exámenes, así como información descriptiva de los temas a tratar (Bosco, 2009).
3. **Repositorios:** Espacio virtual donde se pone a disposición de los alumnos una colección de materiales digitales alojados, reunidos y controlados por la institución o docente.

4. **El libro electrónico:** La integración del libro electrónico dentro del ámbito educativo ha presentado la oportunidad de adaptación a nuevos contextos de aprendizaje en el sistema presencial, donde lo digital cada vez adquiere mayor importancia (Arévalo et al., 2011).

Tres de estas herramientas, con la excepción de los repositorios, se apoyan en sistemas multimedia, mediante los recursos informáticos que brindan las computadoras, tabletas electrónicas y teléfonos inteligentes y que, además, incluye la posibilidad de acceder este conjunto de elementos a través de la interactividad (Torreblanca, 2010).

Sistemas multimedia e hipermedia.

Cebrián (2005) define el multimedia como la integración de sistemas expresivos escritos, sonoros, visuales, gráficos y audiovisuales en su sentido plano, además de otros elementos específicos como la interactividad, navegación e hipertextualidad. Además, los diferentes lenguajes no sólo deben estar yuxtapuestos, sino que tienen que integrarse adecuadamente.

Así mismo, Lamarca (2013) acota que el término multimedia sigue siendo confuso pues todavía no ha sido bien definido y sus límites son difusos, resultado de la integración de voz, texto, datos y gráficos, a estos elementos se suman los gráficos interactivos, las imágenes en movimiento, las secuencias de audio y video, las imágenes en tres dimensiones, la composición de documentos digitales y la realidad virtual gracias a la gama de elementos tecnológicos actuales.

Por otra parte, los sistemas hipermedia son un tipo de Ambientes de Aprendizaje Basados en Computador (AABC), que consisten en bases de conocimiento conectadas a través de nodos de información no lineales, donde el aprendiz puede acceder a la información desde cualquier nodo y el número de veces que desee. La información contenida en estos nodos puede ser representada en varios formatos, como texto, gráficos, video, sonido y animación (López y Hederich, 2010). La estructura de estos ambientes le permite al estudiante un mayor control sobre los contenidos y mejores niveles de interactividad (Handal y Herrington, 2004).

Una manera de diferenciar ambos conceptos es entendiendo a los sistemas hipermedia como resultado de la combinación de hipertexto y multimedia, donde hipertexto se entiende como la organización de una base de información en bloques discretos de contenido llamados nodos, conectados a través de enlaces cuya selección genera distintas formas de recuperar la información de la base, controlados por un usuario, siendo este el componente interactivo (Lamarca, 2013).



Figura 1.- Hipermedia, hipertexto y multimedia.

El hipermedia está cerca a la interactividad de tipo arbóreo, los elementos multimedia que componen un documento están conectados por medio de hipervínculos, de manera que son independientes de la estructura en vez de quedar definidos de un modo inamovible, como en los medios tradicionales (Manovich, 2005).

El libro electrónico

Es difícil dar una definición exacta de libro electrónico, ya que existe una amplia confusión sobre el uso de este término. Dicho problema nace de la amplia gama de opciones y formatos que aportan las nuevas tecnologías, lo que se traduce en múltiples variantes de los libros electrónicos (Camargo, 2008).

Ávila (2009) distingue seis sistemas digitales dentro de lo que se reconoce como libros electrónicos:

- 1) La publicación electrónica de libros impresos existentes, denominado también *page turners*.
- 2) Rollos electrónicos o *scrolling books*, en los cuales la página como tal no existe, si bien es posible definirla en forma arbitraria de acuerdo al dispositivo electrónico de lectura.
- 3) Libros electrónicos portátiles, *portable books*, o *e-books*, que imitan a los libros impresos. Debe distinguirse el artefacto tecnológico, el lector y el contenido.
- 4) Los libros multimedia, *multimedia books*, diferenciados de los anteriores por la integración de imágenes, sonidos, animaciones y textos en una infinidad de formatos.
- 5) Libros electrónicos hipermedia, *hipermedia books*, que, además de los elementos del libro multimedia, permiten secuencias alternativas para la lectura, las cuales requieren decisiones por parte del lector.
- 6) Ciberlibros o *cyberbooks*, que carecen de referencia alguna a textos impresos y se registran totalmente en medios electrónicos. Permiten además una conectividad casi total entre el medio, el lector e, incluso, el autor.

En contraparte, algunos autores reconocen el término para cualquier libro en formato digital que pueda descargarse en dispositivos electrónicos, y que tienen la opción de incorporar elementos multimedia (Cordón-García, 2011). Otras clasificaciones hacen hincapié en el origen del material: la reproducción digital de un manuscrito o libro impreso (mediante escaneo), la creación de textos generados de manera nativa en entorno electrónico (mediante procesadores de texto) y el texto digital puro pensado específicamente para ser consumido a través de la pantalla (Lucia, 2012).

Sin embargo, y de manera independiente a la clasificación o definición que se use, los libros electrónicos presentan un conjunto de características ventajosas ante su contraparte impresa (Camargo, 2008):

- **Velocidad de transmisión:** Puede ser transferido de un lugar a otro de manera inmediata, con ayuda del hardware adecuado y/o conexión a internet.
- **Accesibilidad a múltiple información:** Brinda la posibilidad de contener más información y da la posibilidad de acceder a datos externos.
- **Transportabilidad:** Salvo las restricciones como disponibilidad eléctrica, duración de batería o acceso a internet, el transporte de los libros electrónicos es más sencillo que los ejemplares impresos, no teniendo limitación en llevar almacenados múltiples títulos sin que ello resulte en una dificultad práctica.
- **Costo de producción y adquisición:** La producción del material digital elimina los costes de imprenta, distribución, almacenamiento y envío de los ejemplares físicos. Sin embargo, es importante recordar que se requiere la compra de hardware y software para su uso.
- **Manipulación del contenido:** Mientras que en un texto impreso se pueden hacer anotaciones en los márgenes más fáciles que en un libro electrónico, los dispositivos lectores permiten realizar apuntes sin dañar el material original. Además, el usuario tiene la opción de manipular su contenido, como copiar, borrar, cambiar y eliminar algunos elementos, así como encontrar de manera rápida palabras específicas del texto.

El libro electrónico en el aula universitaria

En el ámbito universitario, el uso de libros electrónicos ha tenido un fuerte auge en los últimos años (Almaguer *et al.*, 2006; Salazar *et al.*, 2009; Doering *et al.*, 2012; Rockkinson *et al.*, 2013). Sin embargo, ha mostrado su mejor funcionamiento como material complementario a otros recursos didácticos, como el libro impreso, las aulas virtuales, y elementos multimedia como videos, audios y animaciones que clarifiquen temas específicos en diferentes asignaturas (Hernández, 2009). Si bien,

en la actualidad no existe un uso generalizado de esta nueva forma de edición, la integración de libros electrónicos en las bibliotecas científicas y académicas ha evolucionado muy favorablemente en los últimos años (Pérez-Arranz y Moscoso, 2007).

Uno de los aspectos en los que el uso de los libros electrónicos repercute, es en la reducción de costos en las prácticas, paliar las afecciones debido a la escasez de material biológico y reactivos, así como la insuficiencia de clases prácticas en carreras como Biología, Medicina o Medicina Veterinaria (Almaguer *et al.*, 2006; D'Alessandro-Martínez *et al.*, 2013). Todo ello mediante elementos multimedia que recreen en el alumno experiencias cercanas a las reales. En este sentido se toma al libro electrónico como herramienta innovadora como alternativa para fomentar nuevos estilos de aprendizaje que puedan trasladarse tanto dentro como fuera del aula (Pérez-Arranz y Moscoso, 2007).

En virtud de las características antes mencionadas, los libros electrónicos tienen un alto potencial para la investigación, estudio y aprendizaje, aunque hay una serie de cuestiones que se tienen que solucionar favorablemente para su plena incorporación, como el hecho de que aún existen importantes lagunas de contenidos relevantes, y poco material disponible en idiomas distintos del inglés (Arévalo *et al.*, 2011).

Se estima que de cada tres publicaciones que se editan en México, una se hace por personal de la UNAM, y que, en promedio, cada día hábil se editan seis libros en dicha universidad (<http://www.estadistica.unam.mx/numeralia>). Dentro de estas publicaciones, el número de libros electrónicos ha crecido durante los últimos años. Hasta representar más del 20% del tiraje, y en lo que respecta únicamente a los libros, cerca del 30%. Lo que denota un creciente interés por la producción de material en dicho formato (Tabla 1).

Tabla 5.- Producción editorial de la UNAM 2009-2015 (fuente http://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2016/disco/)								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TOTAL DE TÍTULOS PUBLICADOS		2088	2341	2633	2712	2224	20 63	3015
LIBROS		1195	1408	1192	1348	1174	1483	1555
LIBROS ELECTRÓNICOS		353	353	344	633	495	495	641
PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS		540	580	1097	731	555	580	819

Uso del iPad y otros dispositivos móviles en el aula universitaria

Aunque el iPad no se trate específicamente de un lector de libros electrónicos, sino de un dispositivo pensado para el entretenimiento y el uso de aplicaciones multitareas, se ha erigido en un competidor muy serio de los lectores de libros electrónicos más convencionales, al aunar imágenes en movimiento, sonido, videos, sonido, navegabilidad, etc. (Cordón-García, 2010).

Existen casos donde universidades y colegios han experimentado con el uso de dispositivos móviles, tanto en proyectos integrales como en proyectos piloto a pequeña escala, como la *Seton Hill University*, en Pennsylvania, donde a los alumnos de nuevo ingreso se les proporcionó un iPad en otoño de 2010, con la idea de que usaran libros electrónicos, además de tomar notas, compartir archivos y experiencias de aprendizaje (Morphy y Williams, 2011). El *Trinity College of the University of Melbourne* implementó un programa llamado “Step Forward” con el uso del iPad en sus alumnos, donde más del 80% de los alumnos manifestaron recomendar el uso del iPad de manera permanente, y donde el informe de programa tiene, entre otras, las conclusiones siguientes:

- Su uso admite de igual manera diferentes estilos de aprendizaje.
- Permite alcanzar más rápidamente sus objetivos de aprendizaje.

- Tiene una mayor eficacia que otros dispositivos electrónicos como *netbooks* y *laptops*.

Sin embargo también apoyan la idea de que no puede funcionar como reemplazo a computadoras, libros impresos y computadoras de escritorio, sino como aporte complementario a dichas herramientas (Jenin et al., 2011).

Por otra parte, *The Reed College*, puso a prueba Kindle en las clases en el otoño de 2009, y el iPad desde 2010. Los iPads fueron cargados con los libros de texto con la finalidad de comprobar si los estudiantes prefieren el papel o la versión digital. El iPad también proporciona herramientas de apoyo, incluyendo un lector de audio para personas con discapacidad visual y apoyo a contenidos con subtítulos para dar cabida a personas con dificultades auditivas (Alonso-Arévalo et al., 2012).

En España el programa Territorio *Ebook* de la Fundación Germán Sánchez Ruiperez (FGSR) está desarrollando una experiencia de uso de iPad con profesores y alumnos en Institutos de la provincia de Salamanca con resultados muy satisfactorios por parte de ambos. En el caso del *Center for Instructional Development & Distance Education* de la Universidad de Pittsburg, ha iniciado un proyecto para la creación, distribución y utilización de libros electrónicos a través de plataformas para ofrecer material multimedia mejorado para cursos, que sirvan como sustitutos o suplementos de los tradicionales libros de texto (Alonso-Arévalo y Cordón-García 2013).

ANTECEDENTES

Como antecedentes directos al presente trabajo, en la FES Zaragoza se han desarrollado trabajos similares. Primeramente, Ramírez (2016), desarrolló un libro electrónico específico a la familia Enterobacteriaceae y su importancia clínica, en el cuál se anexaron fotografías de cultivos y pruebas bioquímicas para el estudio de dicho grupo de microorganismos. Por otra parte, Guzmán (2012) diseñó un libro electrónico de Virología Médica, complementada con imágenes y gráficas relacionadas a los temas desarrollados. Así mismo, Orduña (2011), Gutiérrez (2009) y Reyes (2008), elaboraron libros electrónicos para el apoyo de la asignatura de Bromatología de la carrera de QFB. Todos ellos fueron trabajos para la obtención de grado de licenciatura. En cuanto a la Microbiología, Salgado (2010), elaboró un manual de prácticas de Microbiología general II, que incluye un conjunto de imágenes ilustrando los procedimientos, materiales y resultados probables de las prácticas vertidas en el Programa de Estudio de la asignatura del mismo nombre.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un libro electrónico interactivo de temas relacionados a la Microbiología, que pueda colaborar en la enseñanza y aprendizaje de dicha disciplina, contribuyendo a la formación de los alumnos de la carrera de Biología, impartida en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Redactar siete textos, correspondientes a las unidades del libro, en un orden lógico, con información actualizada y relevante para el estudio de la Microbiología, donde se desarrolle con un lenguaje accesible la información relacionada al origen, estructura, importancia y clasificación bacteriana.
- Diseño y desarrollo de material multimedia complementario a las unidades del libro: podcast, imágenes, videos, animaciones e interactivos, afines a la Microbiología, que complementen y faciliten la comprensión de los textos elaborados.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de la Carrera de Biología, impartida en la FES Zaragoza, los temas relacionados a la Microbiología se imparten en múltiples asignaturas: Virus, Bacterias, Algas y Hongos, y Biología Molecular de la Célula II, principalmente. De manera complementaria, repercute en las asignaturas Laboratorio de Investigación Formativa II, donde se les asigna un módulo completo; (Bacterias, Algas y Hongos) así como Biología Molecular de la Célula I (Temas 1.2 Origen, evolución y estructura; 3.1 Organización u características del material genético, bacterias., 3.3.2 Replicación en células bacterianas, 3.4.2 Transcripción en procariontes), y en menor medida, en las asignaturas optativas, Biología Molecular de la Célula II, Biología Molecular de la Célula III, y Ciclo Celular, por lo que un material complementario a estos temas pudiera tener una amplia cantidad de usuarios dentro de esta Licenciatura.

Es por ello que, aprovechando las ventajas que tiene el uso de las TIC, específicamente de los libros electrónicos, tales como la disponibilidad de la información, el fácil transporte en múltiples dispositivos y el uso de material hipermedia, entre otros, se propone el diseño y desarrollo de un libro electrónico como material didáctico que proporcione información reciente, escrito con un lenguaje accesible a los alumnos sin dejar de lado el rigor académico y complementado con imágenes, videos, podcast, animaciones y cuadros interactivos.

Así, se produce un material que contribuya a la mejora de la calidad educativa, abasteciendo de información complementaria a los alumnos de la carrera de Biología, para su mejor formación académica, presentando el estudio de la Microbiología desde una perspectiva integral, tomando en cuenta aspectos evolutivos, ecológicos, médicos y biotecnológicos, de estos organismos.

MÉTODO

Se recopiló información actual, tomando como fuente libros y artículos científicos de reciente publicación relacionados a la microbiología (2010 en adelante). El material obtenido se organizó, seleccionó y jerarquizó.

Con la información obtenida, se definió un conjunto de temas principales a incluir dentro del libro. Una vez establecido los temas, se seleccionó la información acorde para la estructuración de cada uno, así como los subtemas de cada apartado.

La escritura de cada capítulo se realizó en el editor de texto Google Docs (<https://docs.google.com/document>), el cual permite la disponibilidad del documento en cualquier equipo de cómputo con acceso a la internet, no requiere la instalación de software, es independiente del sistema operativo, permite la edición por múltiples usuarios incluso al mismo tiempo y, además, cuenta con una interfaz amigable y múltiples herramientas para la edición de archivos de texto.

A la par de la escritura de cada unidad, se realizó propuestas de diseño de material multimedia que complementara la información vertida en los textos. De acuerdo a la afinidad a cada tema, se seleccionó uno o más de los siguientes elementos para acompañar el texto, dichos elementos se definen de acuerdo a las posibilidades de iBook Author:

- 1) Imagen digital: Elaborada en Adobe Phothoshop o Adobe Illustrator para Mac.
- 2) Interactivo: Elemento que puede componerse de una imagen o animación que permite la interacción con el usuario, en el cual al sobreponer el apuntador se despliega información, cuadros de texto emergentes, o se produce un cambio en la animación. Elaborado con las herramientas de iBook Author.
- 3) Animación: Elemento realizado en Adobe Flash para Mac, el cual consiste en elementos diseñados en Adobe Illustrator que muestran movimiento, además pueden ir acompañados de un audio.

- 4) Galería de imágenes: Herramienta de iBook Author que permite agrupar imágenes relacionadas que se deslizan con el apuntador o se desliza con el dedo (En equipos touch).
- 5) Tablas: Herramienta de iBook Author que permite agrupar información en diferentes formatos de tablas, las cuales pueden agrandarse o resaltar información deseada.
- 6) Cuadro de texto: Herramienta de iBook Author que permite insertar un cuadro de texto, con información referente al tema tratado pero que no corresponde a la línea de argumentación principal. Dicho cuadro puede deslizarse con ayuda del scroll para una mejor lectura.
- 7) Fotografía digital: Elemento utilizado para ilustrar información del texto. Dichas fotografías serán tomadas con una cámara réflex Nikon 5200.
- 8) Podcast: Audio no mayor a tres minutos, que explicará artículos o información relevante a modo de narrativa, con un lenguaje accesible para su mejor entendimiento.

La realización de cada elemento consistió en desarrollar la idea, justificar su uso en cada caso particular, desarrollar la escaleta o *step outline*, su revisión de forma y contenido por parte de especialistas, y su posterior producción. Por último, y dependiendo del material desarrollado, se procedió a un proceso de postproducción que a continuación se detalla.

- En el caso de las imágenes, interactivos, animaciones y galerías de imágenes, cada uno de los elementos principales se realizó con los software Adobe Illustrator CC para Mac, y Adobe Photoshop CC para Mac. Las animaciones fueron realizadas con el programa Adobe Flash CC para Mac.
- La producción de los audios que acompañan a cada animación, así como aquellos que se grabaron en formato de podcast consistió en la escritura de un guion, su posterior revisión de contenido y sintaxis por profesores de la FES Zaragoza, para su posterior grabación, edición y posproducción en el programa de licencia libre Audacity 2.0.6 para Mac y Adobe audition CC 2015 para Mac. Dicho proceso consistió en insertar una melodía de libre acceso

de fondo, eliminar ruido de fondo, mejorar la calidad y ajustar a un tiempo determinado.

Una vez que se contó con el material de cada capítulo, se procedió a su integración con el programa iBooks Author para Mac.

Por último, como presentación del libro se elaboró un video explicando el desarrollo del material. Para lo cual se procedió a la grabación del material con dos cámaras Réflex, Nikon D5200 y Canon, para su posterior postproducción en el programa Adobe Premiere Pro CC para Mac.

Al contar con el material terminado, se procedió a su colocación en la WEB. En el servidor de la FES Zaragoza: Campus Virtual Zaragoza (<http://www.zaragoza.unam.mx/ceta/ebooks/>).

Así mismo, se diseñó un poster y un tríptico donde se resume el contenido del libro, se manifiesta su utilidad y practicidad, y permite brindar información para su descarga. Dicho póster fue pegado dentro de la Facultad, mientras que los trípticos fueron repartidos dentro de la comunidad universitaria, así como su difusión vía electrónica.

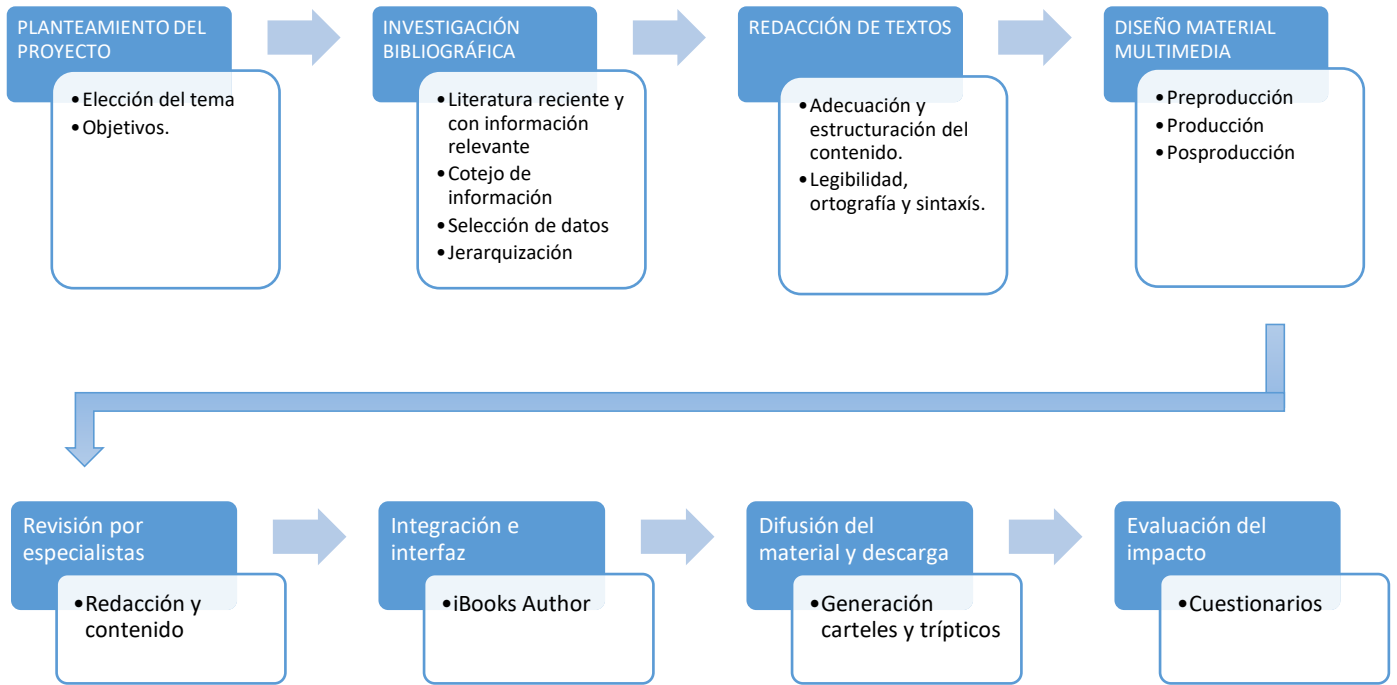


Figura 2. Diagrama de flujo correspondiente al desarrollo del proyecto

RESULTADOS

Elección de los temas

De acuerdo a la información recolectada, y con base en los temas de mayor relevancia y complementariedad, se determinaron tres ejes principales:

1. Origen y clasificación: Temas 1, 2 y 5
2. Estructura bacteriana: Temas 3 y 4
3. Importancia biológica de las bacterias: Temas 6 y 7.

De tal manera que el libro se realizó a lo largo de 115 páginas virtuales, siete unidades y tres apartados complementarios:

- **Video introductorio**
- **Presentación**
- **Introducción**
- **Capítulo 1.- *El origen de las bacterias como el origen de la vida*:** En este capítulo se describe los diferentes sucesos que acontecieron desde el origen del universo y que permitieron, en último término, el origen de la vida en el planeta tierra. Constituye el marco de referencia para el conocimiento químico-biológico de las bacterias, desarrollado con un enfoque multidisciplinario, fundamentado en información de Física, Química y Biología.
- **Capítulo 2.- *Evolución y diversidad microbiana*:** Se expone la división de la vida en Archea, Eukarya y Bacteria. Se presentan dos enfoques: el histórico, donde se narran los sucesos que formaron el conocimiento actual de la diversidad biológica y el químico biológico, donde se explican las bases científicas del tema, para explicar la base del conocimiento de la diversidad bacteriana.
- **Capítulo 3.- *Estructura bacteriana externa*:** Capítulo dedicado a la descripción de los elementos externos de la bacteria, la importancia de las biomoléculas en la composición de estos organismos, así como el papel de estas estructuras en los factores de patogenicidad bacteriana.
- **Capítulo 4.- *Estructura bacteriana interna*:** Como complemento al apartado anterior, a lo largo de esta sección se describen los elementos

internos de la anatomía bacteriana, así como la biografía de los personajes históricos que han influido en el estudio de los microorganismos.

- **Capítulo 5.- Clasificación bacteriana:** La cantidad de diferencias metabólicas, de adecuación, morfológica y de sus múltiples interacciones con el ser humano, han resultado en diversas clasificaciones. A lo largo de este capítulo se exponen las clasificaciones más comunes, entre ellas la clasificación filogenética, acorde a su historia evolutiva.
- **Capítulo 6.- Un mundo bacteriano:** Se describe la importancia ecológica de las bacterias, tanto con respecto a otros organismos como su papel en el reciclamiento de diferentes elementos abióticos. Así mismo, se describe su función para la obtención de productos de interés humano, de manera específica en los campos médico y alimenticio.
- **Capítulo 7. - Terapéutica antimicrobiana:** De acuerdo a los enfoques histórico, biológico y químico, se describe el aspecto farmacéutico de la relación patológica de las bacterias, la evolución de la resistencia bacteriana y los mecanismos de acción de los medicamentos utilizados para el tratamiento de enfermedades de origen bacteriano.

Redacción de textos y diseño de material multimedia.

La estructuración de cada capítulo se realizó de la siguiente manera:

1. **Cita introductoria relacionada al tema a desarrollar:** Se elegía una frase menor a las 20 palabras que ejemplificara la relevancia del contenido.
2. **Texto introductorio:** La primera página de cada capítulo inicia con un texto menor a los cuatro párrafos con el objetivo de explicar el contexto de la información vertida, así como el enfoque con el cual se desarrolló.
3. **Desarrollo del tema:** Con una extensión variable acorde a la amplitud de cada tema, se elaboró un texto vertiendo la información recabada con anterioridad. La escritura se realizó con un lenguaje accesible a cualquier lector, y en caso de hacer uso de lenguaje técnico, se explica dentro del mismo texto o con una definición a modo de glosario.

4. Diseño de los elementos multimedia: Cada página del libro se acompaña de un elemento multimedia, acorde a la naturaleza del tema.

Video introductorio

Video de 3 min 47 s de duración, donde se explica al usuario los objetivos del libro, las bondades del formato, sugerencias para su consulta y detalles sobre su realización. Además se explica el contexto institucional, el uso de las herramientas como animaciones, podcast, hipervínculos, videos, cuadros dinámicos y el glosario interactivo (Figuras 3 y 4).

El video se reproduce automáticamente cuando el usuario consulta por primera vez el libro electrónico, aunque se mantiene disponible de manera permanente.



Figura 3.- Explicación las ventajas del formato del libro electrónico.

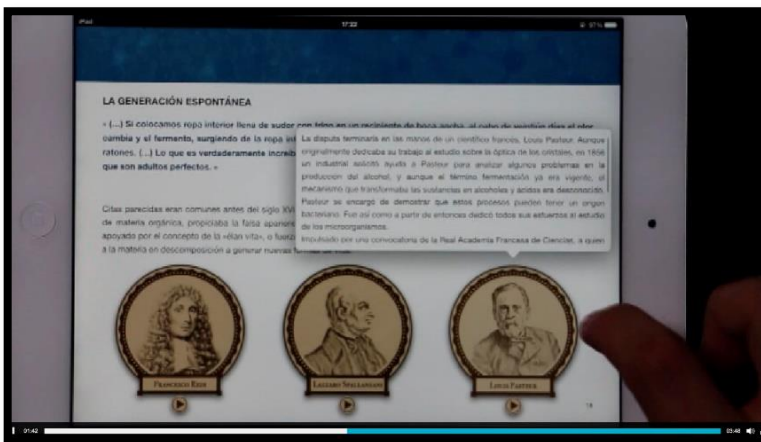


Figura 4.- Explicación del uso de cuadros dinámicos en el libro.

Presentación

Este apartado consta de un breve texto de dos páginas, redactado por la Dra. Rosalinda Escalante Pliego, a modo de prólogo (Figura 5).

En la parte superior de cada página se muestra una cintilla con un fragmento de la obra *Leyenda de la Creación* de Ignacio Zapata Avenas y Eduardo Nesta Luna.



Figura 5.- Primera página de la presentación del libro electrónico.

Introducción

Apartado compuesto de tres páginas, donde se explica la importancia del estudio de los microorganismos, la justificación de la elaboración de un nuevo material desarrollado para el alumno universitario, así como el origen del proyecto.

La portada del apartado, así como la cintilla superior de las páginas, muestra un fragmento de *La leyenda de la Creación*, de Ignacio Zapata Avenas y Eduardo Nesta Luna (Figura 6).

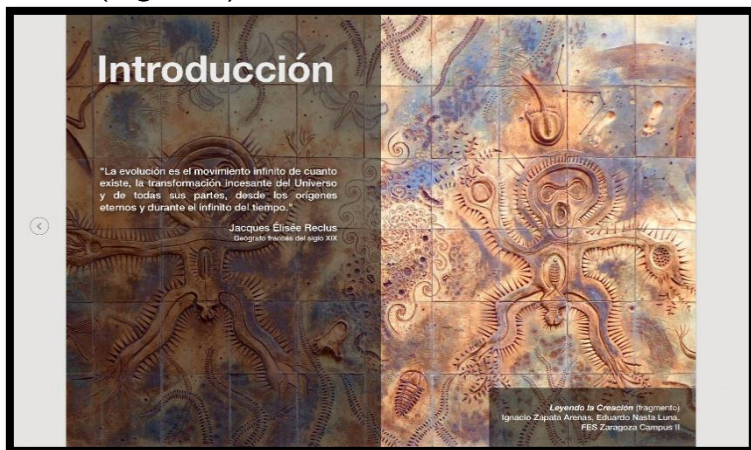


Figura 6.- Portada del apartado de Introducción.

Capítulo 1.- El origen de las Bacterias como el origen de la vida.

Durante este capítulo se aborda de manera breve la historia del universo, la evolución química del mismo, el origen del Sistema Solar y de la vida en el Planeta Tierra. Al final del capítulo se anexa una síntesis de la historia de la Microbiología, desde Redi hasta Spallanzani. Consta de 19 páginas, de acuerdo a la siguiente estructura:

- Portada.
- El Big Bang y la evolución química del Universo.
- Alquimia estelas: Estrellas y supernovas.
- De la formación del sistema solar a la Tierra primitiva: Un paso antes del origen de la vida.
- El surgimiento de la vida en la Tierra.
- Las características de la vida.
- Historia mínima de la microbiología previa al siglo XX.
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 7 y 8):

Elemento	Número
Animaciones	5
Podcast	1
Fotografías	1
Cuadros dinámicos	3
Interactivos	3
Tablas	1
Imágenes digitales	5

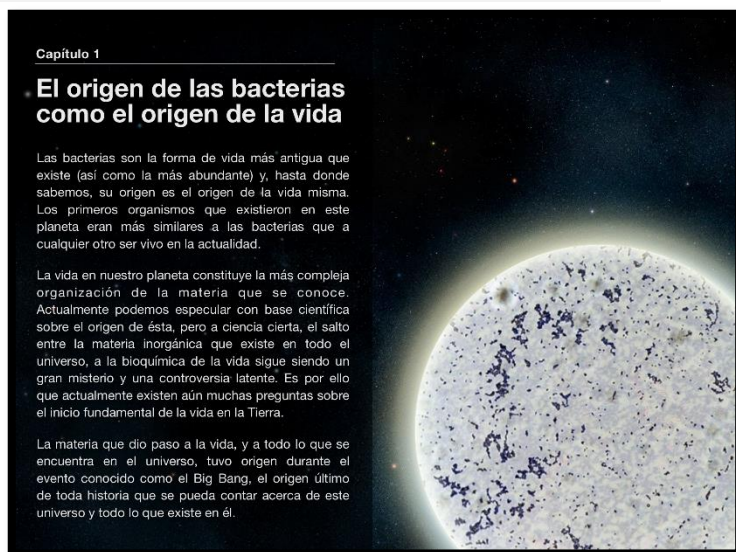


Figura 7.- Portada del capítulo uno, se observa el texto introductorio, así como una fotografía de una tinción de Gram y un montaje a manera de Luna.

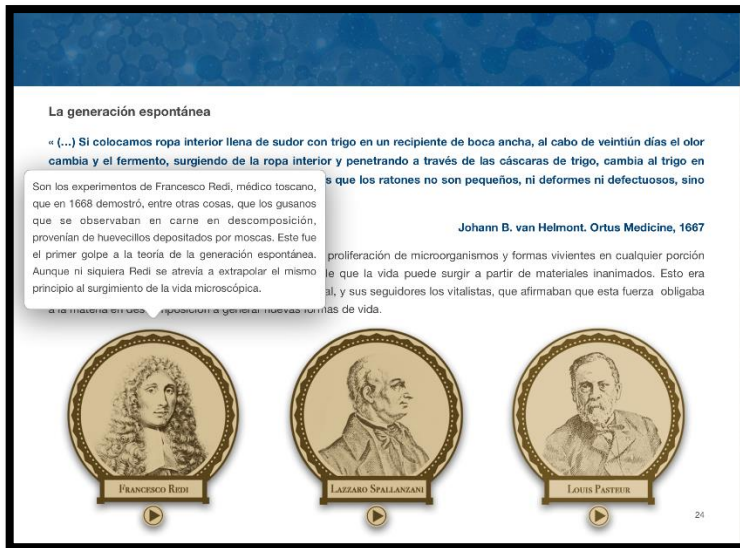


Figura 8.- Se observa un elemento interactivo del capítulo 1, titulado “Historia mínima de la Microbiología: Francesco Redi”.

Capítulo 2.- Evolución y diversidad microbiana

En el texto correspondiente a este apartado, se desarrolla las características de los tres grandes reinos en los que se clasifica la diversidad biológica: Archea, Bacteria y Eucarya, dado que existen representantes microbianos de todos. Se da una síntesis de las hipótesis del origen de estos y de las controversias existentes en cuanto a dicha división. Consta de 10 páginas, de acuerdo a la siguiente estructura:

- Portada
- Diversidad microbiana
- Procariotas: arqueas y bacterias
- La teoría endosimbiótica
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 9 y 10):

Elemento	Número
Animaciones	2
Podcast	1
Fotografías	3 ⁷
Cuadros dinámicos	1
Tablas	1
Imágenes digitales	3

⁷ Una fotografía fue obtenida de la Red (2.2 Carl Woese). Se constató que dicha fotografía tuviera licencia Creative Commons para poder utilizarse.



Figura 9.- Portada del capítulo 2. Montaje de Carl Woese y Lynn Margulis, así como el texto introductorio.



Figura 10.- Se observa un fragmento de la obra "Origen de la vida en la Tierra", de Diego Rivera.

Capítulo 3.- Estructura bacteriana externa

La introducción a esta unidad consta de la descripción de las biomoléculas que forman parte de la estructura bacteriana. Así mismo se describen diferentes componentes externos de dichos microorganismos. Consta de 11 páginas, de acuerdo a la siguiente estructura

- Portada
- Biomoléculas: un panorama general de la estructura bacteriana
 - Proteínas
 - Polisacáridos
 - Lípidos
- Estructuras celulares procariontes externas
 - Cápsulas y capas mucosas
 - Fimbrias y pelos

- El flagelo
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 11 y 12):

Elemento	Número
Animaciones	4
Podcast	1
Fotografías	1
Cuadros dinámicos	3
Interactivos	2
Imágenes digitales	5

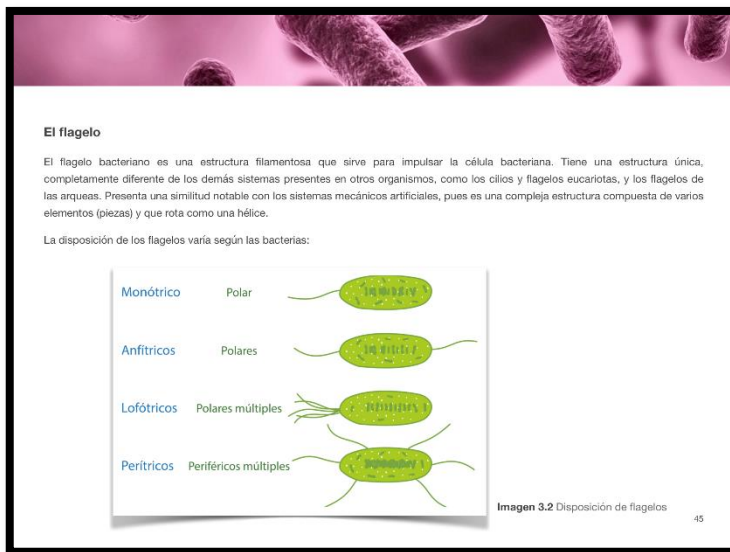


Figura 11. Se observa un fragmento del texto del apartado “El Flagelo”, así como una imagen descriptiva de los tipos de flagelo.

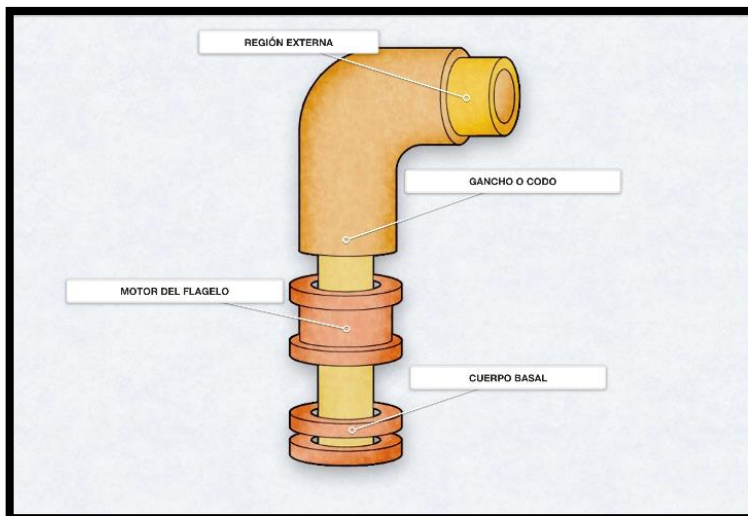


Figura 12.- Interactivo “Flagelo Bacteriano”.

Capítulo 4.- Estructura bacteriana interna

A manera complementaria de la unidad pasada, se describen los elementos estructurales internos de las bacterias. En un segundo apartado se entabla la relación existente entre la microbiota y su relevancia con respecto a la calidad de vida y la conservación de la salud humana. Este capítulo abarca un total de 10 páginas, divididas por los siguientes apartados:

- Estructura interna
 - Pared celular
 - La membrana citoplasmática
 - Nucleoide
- Microbiota normal
 - Importancia de la microbiota
 - ¿Cómo nos enferman las bacterias?
 - Toxinas

Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 13 y 14):

Elemento	Número
Animaciones	1
Podcast	1
Fotografías	1
Interactivos	3
Tablas	2
Imágenes digitales	1

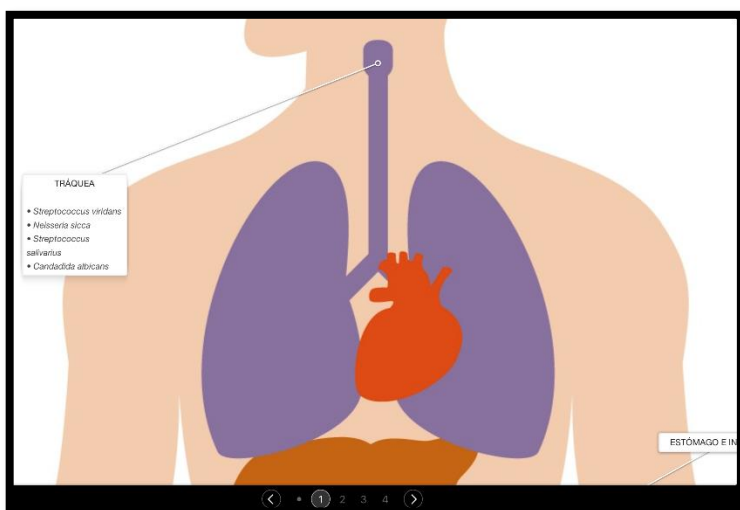


Figura 13.- Interactivo “Microbiota humana”.

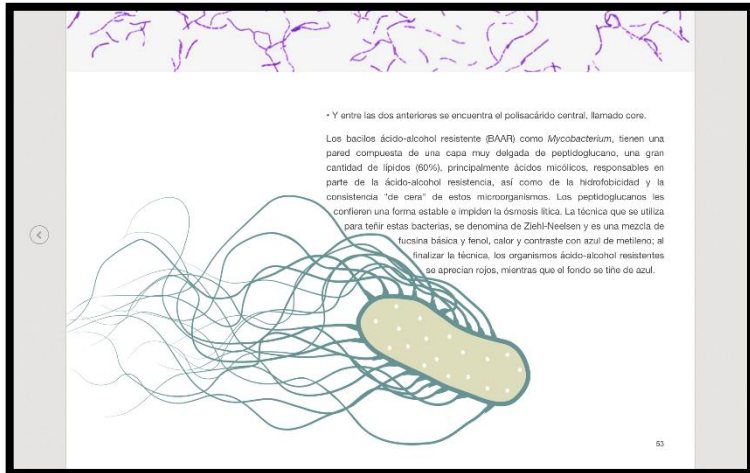


Figura 14.- Se observa un fragmento del texto, así como una imagen digital de una bacteria.

Capítulo 5.- Clasificación bacteriana

Aunque el trabajo de la Sistemática actual es la clasificación de los seres vivos de acuerdo a su historia evolutiva, en el caso de las bacterias existen diferentes características por las cuales es útil el agrupamiento de dichos organismos. Es por ello que en este capítulo se resumen diversos criterios de clasificación bacteriana. Consta de 10 páginas de acuerdo a los siguientes apartados:

- Portada.
- Taxonomía bacteriana: el manual Bergey
- Clasificación bacteriana de acuerdo a su forma
- Bacterias de acuerdo al pH
- Las bacterias en cuanto a la temperatura
- Agua, salinidad y presión osmótica
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 15, 16 y 17):

Elemento	Número
Podcast	1
Fotografías	1
Cuadros dinámicos	3
Interactivos	3
Tablas	1
Imágenes digitales	5

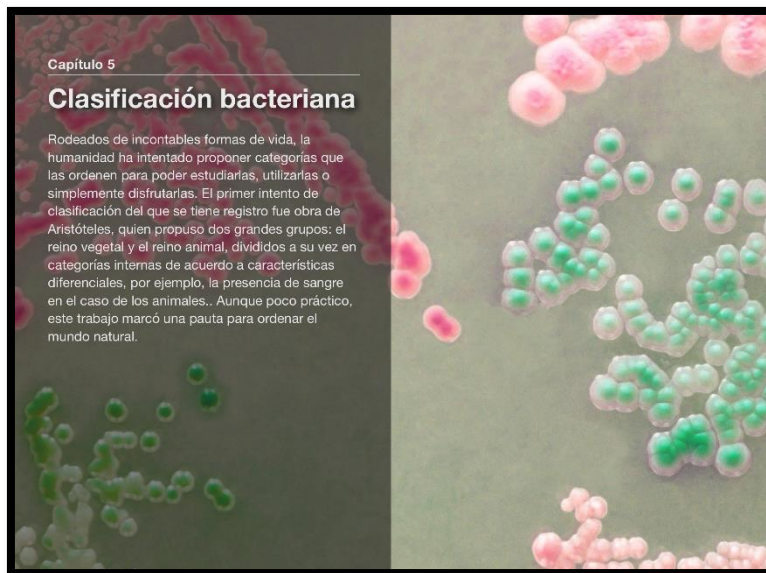


Figura 15. Portada del capítulo 5, así como el texto introductorio.

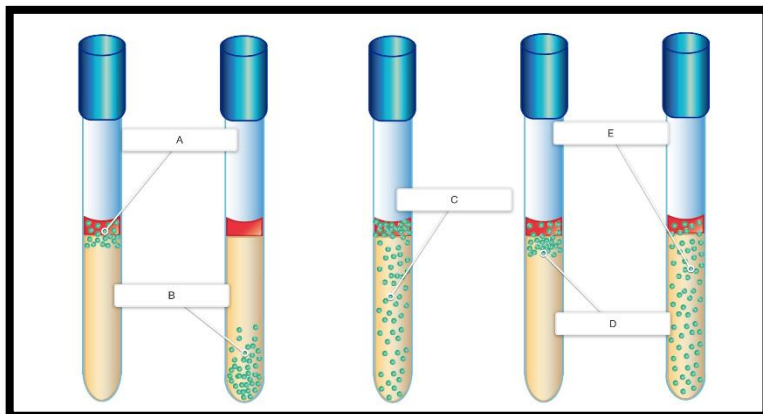


Figura 16.- Interactivo "Requerimientos de oxígeno".

¿Cómo nos enferman las bacterias?

Las bacterias poseen mecanismos de patogenicidad específicos que emergen al superar las defensas del hospedero. Un patógeno tiene la capacidad de producir daño, a cualquier nivel, en hospedero que sea susceptible. Debido a la eficiencia de estos mecanismos una bacteria puede ser poco o muy virulenta (**virulencia**).

Podemos definir a la enfermedad infecciosa bacteriana como el desequilibrio que existe entre los factores de virulencia de una cepa de bacteria y los mecanismos de defensa del hospedero.

Evolución del proceso infeccioso

Se denomina infección a la multiplicación en el interior del huésped de la bacteria patógena. La mayor parte de las infecciones bacterianas se diferencian las siguientes fases:

Interactivo 4.3 Evolución del proceso infeccioso

Figura 17.- Interactivo “Proceso infeccioso”.

Capítulo 6.- Un mundo bacteriano.

En esa unidad se desarrolla el conjunto de relaciones ecológicas que las bacterias forman con otros organismos, así como algunas de sus funciones ecológicas, su utilización de manera industrial para diferentes fines y sus usos como biorremediadores en la restauración ecológica y el procesamiento de desechos industriales. Consta de 21 páginas, de acuerdo a la siguiente estructura:

- Portada.
- Relaciones de las bacterias con otros organismos
 - Saprotrofia
 - Comensalismo
 - Parasitismo
- El papel de las bacterias en los ciclos biogeoquímicos
 - Ciclo del nitrógeno
 - Fijación
 - Asimilación
 - Respiración del nitrato
 - Desnitrificación
 - Metabolismo bacteriano del nitrógeno
 - Ciclo del carbono
 - Ciclo del hierro
- Biotecnología bacteriana
 - Bacteriología en los alimentos
 - Biotecnología bacteriana dirigida a la salud.

- Biotecnología microbiana y medio ambiente
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 18, 19 y 20):

Elemento	Número
Animaciones	1
Podcast	1
Fotografías	1
Interactivos	6
Tablas	2
Imágenes digitales	2



Figura 18.- Portada capítulo 6 y texto introductorio. Fotografía de una caja Petri y un montaje de cultivos a forma de continente americano.

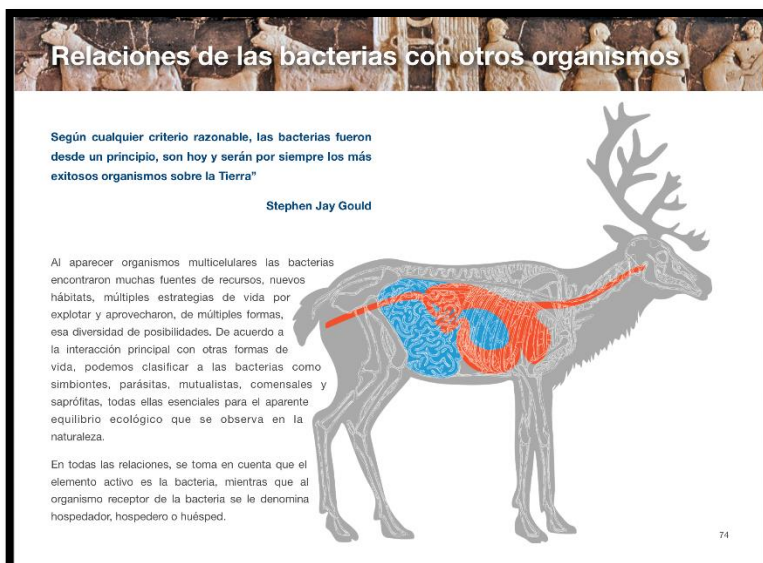


Figura 19.- Primer apartado del capítulo 6, se observa una imagen digital del tracto digestivo de un Alce.

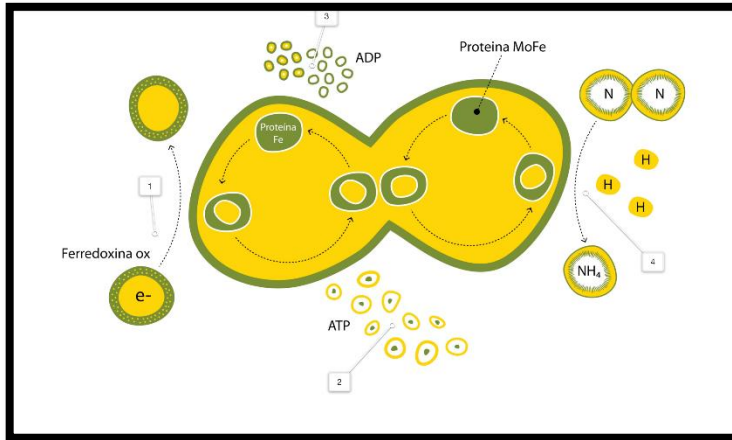


Figura 20.- Fragmento del interactivo “Nitrogenasa”.

Capítulo 7. - Terapéutica antimicrobiana.

A lo largo del último capítulo se desarrolla la importancia médica de las bacterias, específicamente cuando son agentes infecciosos. Se resume la clasificación de antibióticos de acuerdo a diferentes criterios, así como una introducción a la resistencia por parte de las bacterias a dichos fármacos. Por último se explica cómo es que las bacterias pueden desarrollar dicha resistencia. Esta unidad consta de 20 páginas, y se divide en los siguientes temas:

- Un vistazo a la historia de los antimicrobianos
- Clasificación de los antibióticos
 - Efecto
 - Mecanismos de acción
 - Espectro
- Aspectos a considerar en la prescripción de un antibiótico
- Resistencia bacteriana
 - Tipos de resistencia
 - Mecanismos de resistencia
- Ligas de interés, artículos y lecturas recomendadas.

El capítulo contiene los siguientes elementos multimedia (Figuras 21, 22 y 23):

Elemento	Número
Animaciones	9
Podcast	2
Fotografías	1
Cuadros dinámicos	3
Interactivos	3
Imágenes digitales	3

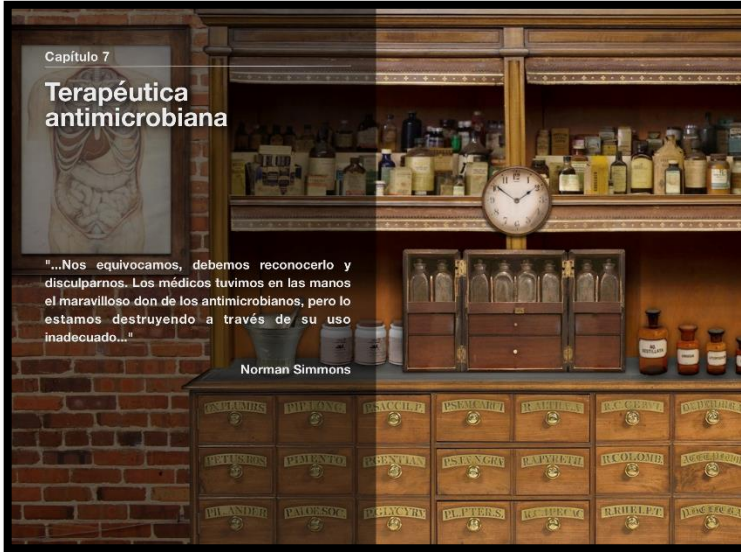


Figura 21.- Portada del capítulo 7 y texto introductorio

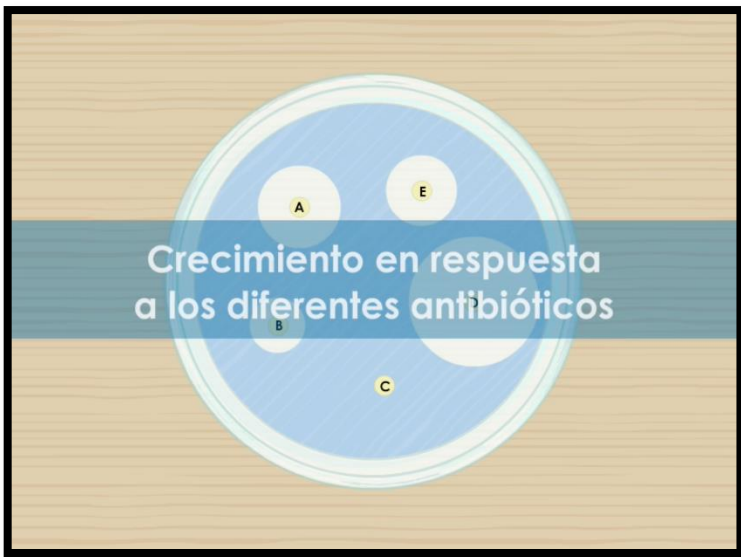


Figura 22.- Fragmento animación "antibiograma".

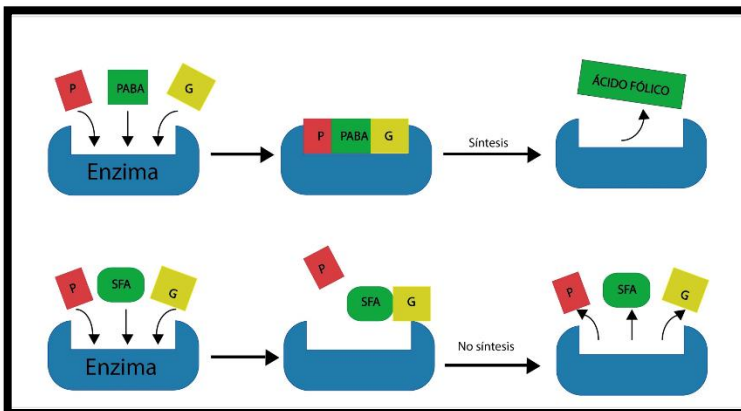


Figura 23.- Interactivo "Síntesis del ácido fólico".

Disponibilidad del Libro electrónico

El material fue puesto a disposición de la comunidad estudiantil en el Campus Virtual de la FES Zaragoza (<http://www.zaragoza.unam.mx/ceta/ebooks/>). Clasificado en la sección Recursos » Ebooks » Del universo microscópico: elementos de la estructura bacteriana. Un libro electrónico (Figura 24). En dicha página se encuentran las indicaciones necesarias para poder visualizar el material en cualquier dispositivo con plataforma Apple Machintosh o iOS. Así mismo, se incluye un cuestionario de 10 preguntas, para responderse durante la consulta del material.

Al finalizar la lectura del libro también se tiene acceso a este cuestionario que permite recabar información de acuerdo a la disponibilidad, facilidad de uso y problemas asociados al uso del archivo de descarga (Figura 25). Dicho cuestionario está soportado por Google forms. Dentro de las características de este formato está que al responder este cuestionario, la información generada se guarda automáticamente en una base de datos que genera estadísticos básicos, así como gráficas de tendencia central actualizadas en tiempo real.



The screenshot shows the 'CAMPUS VIRTUAL • FES ZARAGOZA' website. At the top, there are logos for FES Zaragoza and CETA, along with a navigation menu: INICIO, CETA, ACERVO DIGITAL, RECURSOS, EVENTOS ACADÉMICOS, SOLICITUDES, MAPA DEL SITIO, and PAPROTUL. The main content area is titled 'EBOOKS' and features a book cover for 'Del Universo Microscópico: elementos de la estructura bacteriana. Un libro electrónico.' The book is associated with 'Proyecto PAPIIME PE207014'. A 'Descargar libro' button is present, with a note: 'Para descargarlo utilice el navegador Firefox'. Below the book information, there is a paragraph describing the book's content and an 'AVISO IMPORTANTE' section. The 'AVISO IMPORTANTE' states: 'Para visualizar el libro debe TENER INSTALADA LA APLICACIÓN gratuita iBooks (plataforma Apple Macintosh o IOS) en su versión más reciente 3.2 y de esta forma PODER ABRIRLO EN iPad, iPhone, iPod touch y computadoras Mac.' It also includes links for 'Descargar aplicación iBooks', 'Descargar cartel informativo', and 'Descargar tríptico informativo'.

Fig. 24.- Visualización del material en el campus virtual de la FES Zaragoza

Tipo de usuario (a): *

- Alumno
- Profesor

En qué Carrera se encuentra adscrito (a): *

- Biología
- Cirujano Dentista
- Médico Cirujano
- Química Farmacéutica Biológica

La descarga fué *

- Fácil
- Complicada

Dispositivo en el que hizo la lectura: *

Se pueden marcar varios dispositivos

- iPad
- iPod
- iPhone
- Mac

¿La navegación e interacción del libro le resultó amigable? *

- Si
- No

Considera el tratamiento de cada capítulo del libro: *

- Completo
- Pertinente
- Básico

Los elementos multimedia (animaciones, audios, interactivos) que contiene, considera que: *

- Apoyan el aprendizaje
- No son necesarios
- Distraen la lectura

¿Considera usted pertinente su transformación a pdf, aunque el libro pierda parte de sus elementos interactivos, pero gane accesibilidad?: *

- Si
- No

¿Usaría este libro como apoyo a su aprendizaje o enseñanza?: *

- Si
- No

¿Qué sugerencia haría para mejorar el libro?

Figura 25. Cuestionario de consulta del libro electrónico.

Difusión del material

Se diseñó un tríptico y un cartel que resumen los temas contenidos, las características del material producido, esto para difundir el uso del libro electrónico (Figuras 26 y 27).

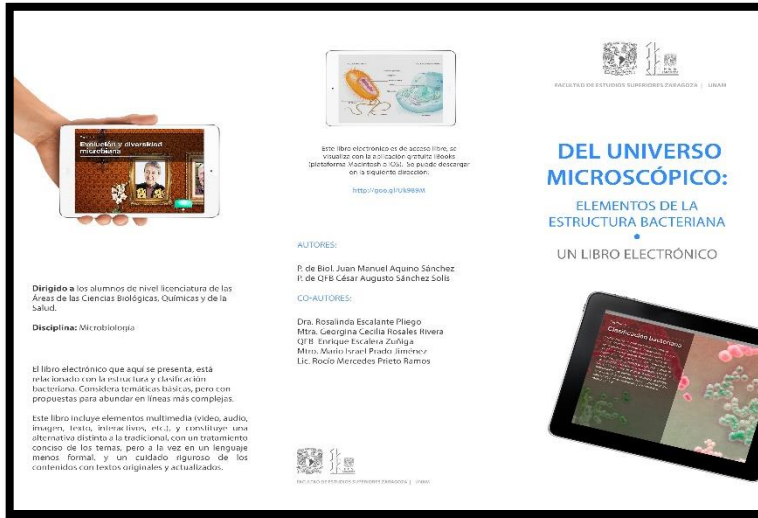


Figura 26.- Página N° 1 del tríptico de difusión



Figura 27.- Página N° 2 del tríptico de difusión

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A causa de a las ventajas de costo, transporte y consulta del ejemplar, se decidió elaborar el material de formato electrónico. Se utilizó el software iBooks Author, debido a que es una herramienta fácil uso, no requiere la utilización de códigos de programación. El producto elaborado es un material hipermedia, de acuerdo a la definición de Lamarca (2013), a causa del contenido de elementos multimedia y el uso de hipertexto.

Además de que, a diferencia de otros materiales del mismo tipo, permite la actualización constante del material para todos los usuarios que previamente lo han descargado, dado que la plataforma de libros de Mac da aviso a los usuarios de que existen actualizaciones del libro, sin que ello requiera una descarga completa del material.

El proceso de elaboración de cada capítulo del libro consistió en dos etapas:

1. **Desarrollo del contenido:** Abarca la recopilación de la información de las diferentes fuentes de origen, filtrando por criterios de calidad de información, profundización del tema e interconexión con la el resto del contenido.

En cuanto a la información consultada, se realizó una revisión bibliográfica acorde a los temas tratados en la carrera de Biología, se realizó un temario de siete unidades y se jerarquizó la información, pretendiendo realizar una visión amplia de unidad.

La elección de los temas resultó de la evaluación de los siguientes parámetros: a) Relevancia de estudio en la Biología, b) Complejidad del tema c) Disponibilidad de información actualizada disponible en español, d) Integración y relación del tema con el resto de las unidades.. Se priorizó aquellos en los cuales la información es muy diversa, existen pocas documentos actualizados en español y que resulten de relevancia para su estudio en la carrera de Biología que, en conjunto se desarrollara pensando en las necesidades de los estudiantes de la carrera de Biología de la FES Zaragoza.

Así mismo durante la escritura de los textos se corrigió la elección de los temas, agregando o eliminando apartados con base en las necesidades propias de cada tema, con variables como la complejidad, el uso de imágenes y las múltiples formas de representación de información con ayuda de los elementos multimedia.

Por otra parte, durante la elaboración de los elementos multimedia, se mejoró de manera continua los elementos presentados, para mejorar el entendimiento de la información presentada, la calidad visual, auditiva y de interacción, así como la originalidad de los elementos presentados.

2. **Integración del contenido.** Con la ayuda del programa iBook Author, se procedió a integrar, acomodar e interconectar los elementos generados. Una vez colocada la información, se detectó la necesidad de crear nuevos elementos multimedia, corregir información, redactor de otra manera los textos o reordenar la información. Por ejemplo, se procure que cada página tuviera por lo menos un elemento multimedia, para facilitar la consulta del libro.

Palacios, (2006) sugiere que la mejor forma de construir representaciones de conocimiento científico es introducir información interconectada, con ayuda de un lenguaje claro y conciso, además, Lamarca (2013) concluye que el adecuado uso de los materiales multimedia creados para equipos electrónicos requiere la estructuración hipermedial del mismo, así como la complementariedad de la información con otras fuentes, tal es el caso de otras fuentes en la WEB, es por ello que durante la elaboración se procuró que la interface del Libro electrónico multimedia es amigable con el usuario, por lo que permite su utilización sin que para ello se requiera aprender el uso de características específicas del software. Por otra parte, permite al usuario la consulta hipermedial del contenido; así como el agregar notas personales al texto. En caso de que la información vertida no satisfaga la necesidad del alumno, se incluyen vínculos a páginas WEB, artículos académicos, así como referencias a libros impresos, que permitan profundizar en temas específicos.

Por otra parte, cada tema se desarrolló a lo largo de, en promedio de 16 páginas, además de contar con 14.6 elementos multimedia, esto con la finalidad de que el alumno disponga de múltiples herramientas para el mejor entendimiento de cada tema. Se desarrolló cada capítulo con un lenguaje accesible al lector, con un enfoque biológico y que permite presentar la información con múltiples elementos para mayor claridad. Además, se proporciona un material con información confiable y de alta calidad, dado que fue revisado y corregido por profesores y especialistas relacionados a la Microbiología.

Como señala Pesantes (2014), un libro digital nos permite acercarnos a los alumnos adaptándonos a su forma de consumo de información creando mejores experiencias de estudio en las aulas de clase, además abrimos nuevas puertas que nos permiten divulgar mayor información académica y cultural, que incentiven a los alumnos a indagar en este nuevo medio, por lo que se procura al material como complemento a las herramientas ya utilizadas en el aula de clase, no como sustituto. Además, este material, al ser escrito por alumnos, procura presentar información que cubra las necesidades de aprendizaje del alumno, así como utilizar un enfoque adecuado a los diversos estilos de aprendizaje.

CONCLUSIONES

1. El material producido fue elaborado para alumnos de la Carrera de Biología, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, como una alternativa para la mejora y complemento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas relacionados a la Microbiología, que se imparten en diferentes asignaturas de la carrera de Biología, por lo que se realiza con la meta de brindarle una herramienta para el reforzamiento del conocimiento adquirido durante las diferentes asignaturas que incluyen temas de Microbiología con un enfoque biológico, para contribuir a su formación académica. Por otra parte, la reducción en el uso del lenguaje especializado, así como el uso del glosario para explicar términos técnicos, permite que el material sea comprensible para cualquier persona interesada en el tema.
2. Los elementos distintivos de este material son el uso de lenguaje claro, la integración de elementos multimedia para ilustrar cada tema, así como la compilación de múltiples temas en un solo material, todos con un enfoque biológico, lo que permite complementar la información recibida en el aula con elementos multimedia que le permita tener un acercamiento diferente a la información relacionada a la Microbiología
3. El formato en el que se elaboró el material permite al alumno contar con la libro en todo momento, sin la necesidad de contar con conexión a internet. Además le permite recibir actualizaciones posteriores, por lo que puede ser mejorado de manera continua, por ejemplo, agregando información adicional, nuevas imágenes o videos.

RECOMENDACIONES

- Promover el uso entre la plantilla docente, así como de los alumnos de la carrera de Biología de la FES Zaragoza.
- Poner a prueba el Libro Electrónico Interactivo en las diferentes asignaturas de la carrera de Biología, donde se incluyen temas de Microbiología, como material de apoyo.
- Evaluar la calidad, utilidad, eficiencia y usabilidad del material de acuerdo a la opinión de profesores y alumnos.

Una de las ventajas que tiene la utilización de los programas de iBook, es que permiten la actualización del material incluso en los usuarios que han descargado el libro con anterioridad.

Es por ello que se debe implementar las sugerencias antes mencionadas, es importante corregir, aumentar y rediseñar las características que lo requieran.

Trabajos citados

- Alarcón, R., & Olivas, E. (2001). *Manual de prácticas de Microbiología y Microbiología de alimentos*. Ciudad Juárez: Academia de Microbiología y Parasitología de la UACJ.
- Almaguer, H., Yanara, S., Zaldivar, R., & Valdés, P. (2006). Libro multimedia para clases prácticas de Anatomía Patológica General. Un medio de enseñanza alternativo. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. VII, núm. 2, 1-12.
- Alonso-Arévalo, J., & Cordón-García, J. (2013). Lectura digital y aprendizaje: las nuevas alfabetizaciones. *SCOPEO n° 96*, 2-9.
- Alonso-Arévalo, J., Gómez, R., & Cordón, J. (2012). Libros de Texto Electrónicos: un potencial de futuro. *Infoconexión: Revista Chilena de Bibliotecología*, 2-8.
- Área Moreira, M., San Nicolás Santos, M., & Fariña Vargas, E. (2010). Nuevas prácticas de aulas virtuales en la docencia universitaria semipresencial. *Teoría de la Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, TESI*, 7-31.
- Arévalo, J. A., Cordón-García, J., & Gómez, R. (2011). El libro electrónico en la biblioteca universitaria y de investigación. *Biblios*, núm 52, enero-marzo, 15-35.
- Ávila, A. (2009). El libro electrónico. *Boletín Económico de Ice N° 2978*, 13-22.
- Belloch, C. (2012). Las tecnologías de la información y comunicación en el aprendizaje. *Material Docente. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Valencia*.
- Betancor, L., Gadea, M., & Flores, K. (2008). Genética bacteriana. En D. d. República, *TEMas de Bacteriología y Virología Médica* (págs. 59-80). Montevideo: FEFMUR.
- Bosco Paniagua, A. (2009). Las TIC en los procesos de convergencia europea y la innovación en la Universidad oportunidades y limitaciones. *Aula Abierta* 86, 3-28.
- Bosco Paniagua, A. (2013). Las TIC y la educación escolar: tiempo y espacio como obstáculos o aliados de la innovación. *Investigación en la escuela*, 45-53.
- Brooks, G., Carroll, K., Morse, S., & Mietzner, T. (2010). *Microbiología Médica. Jawetz, Melnick y Adelberg*. México DF.: Editorial Mc Graw Hill.
- Cabero, J. (2007). *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. Madrid, España.: McGraw Hill.
- Camargo, J. (2008). *El libro electrónico: La industria editorial en la era de la revolución digital. 2da Edición*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cantón, R., & Ruiz-Garbajosa, P. (2013). Infecciones causadas por bacterias grampositivas multirresistentes (*Staphylococcus aureus* y *Enterococcus* spp.). *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. volumen 31, número 8*, 543-551.
- Castillo, F., Roldán, M., Blasco, R., Huertas, M., Caballero, F., Moreno-Vivián, C., & Luque-Romero, M. (2005). *Bioteología ambiental*. Madrid: Tébar S.L.
- Castro, A. (2014). *Bacteriología Médica basada en problemas*. México: El manual moderno.

- Cebrian Herreros , M. (2005). *Información multimedia. Soportes, lenguaje y aplicaciones empresariales*. Madrid, España: Pearson.
- Cordon-García, J. A. (2011). *La revolución del libro electrónico*. Barcelona, España: Editorial UOC.
- Cordón-García, J.-A. (2010). El final del libro y el principio de la lectura: los libros electrónicos y el fenómeno iPad. *Notas ThinkEPI*, 23-28.
- D´Alessandro-Martínez, A., Rivas, M., Hernández, N., Crespo-Armas, A., Azavache, V., Peña, V., & Lew, M. (2013). Fundamentos para la elaboración de un libro electrónico de fisiología humana para estudiantes de medicina. *Vitae*, 3-13.
- Escandell, D. (2014). El libro en la pantalla: hacia un nuevo ensayo en el siglo XXI con la escritura y la edición digital. *Humanidades digitales una aproximación transdisciplinar: Janus*, 73-83.
- Forbes , B., Sahm , D., & Weissfeld, A. (2009). *Diagnóstico Microbiológico Bailey & Scott 12a edición*. Buenos Aires, Argentina: Panamericana.
- Galdea, M., & Torres, M. (2008). Interacciones huesped-parásito- Infeccion y enfermedad. Flora normal. En D. d. *Virología, Bacteriología y Virología Médica* (págs. 111-129). Montevideo: FEFMUR.
- García, L. (2011). Genes y evolución. El delgado hilo que nos conecta por miles de millones de años. *Acta biológica Colombia Vol. 16 n°3*, 71-88.
- Global Biodiversity Information Facility*. (27 de febrero de 2017). Obtenido de Bacteria: <http://www.gbif.org/species/3>
- González Serrano, M. (2015). *Guí para la edición de un libro académico universitario de la especialidad de ARqueología*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Handal, B., & Herrington, T. (2004). On being Dependent and independent in computer based learning evironments. *e-Journal of Instructional Science and Technology*, 7.
- Harvey, R., Nau Cornelissen, C., & Fisher, B. (2012). *Microbiology*. Baltimore: Wolters Kluwer editions.
- Hernández, S. P., Nicholas, D., & Rowland, I. (2009). Acceso y uso de libros electrónicos por comunidades universitarias del Reino Unido. *REvista Interamericana de Bibliotecología*, vol. 32, julio-diciemnbre, 2009, pp 13-58, *Universidad de Antioquia, Colombia*, 13-58.
- Jennings, G., Anderson, T., Dorset , M., & Mitchell, J. (2011). *Report on the Step Forward iPad Pilot Projet*. Australia: Trinity College The University of Melbourne.
- Koolman, J., & Röhm, K. (2004). *Bioquímica: texto y atlas*. Madrid: Médica Panamericana.
- Lamarca Lapuente, M. (2013). *Hipertexto, el nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen. Tesis que para obtener el grado de Doctor en Fundamentos, Metodología y Aplicaciones de las Tecnologías Documentales y Procesamiento de la Información*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

- López Vargas, O., & Hederick Martínez, C. (2010). Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia. *Revista Colombiana de Educación* núm. 58 enero-junio, 12-39.
- López Vargas, O., & Hederick Martínez, C. (2010). Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia. *Revista Colombiana de Educación*, 14-39.
- Lucía Megías, J. M. (2012). *Elogio del texto digital*. Madrid, España: Fórcola.
- Madigan, M., Martinko, J., Dunlap, P., & Clark, D. (2009). *Brock, Biología de los microorganismos. 12 edición*. Pearson Educación.
- Manovich, L. (2005). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación*. Barcelona, España: Paidós.
- Marqués, G. P. (2012). Impacto en las TICs en Educación: Funciones y limitaciones. *3Ciencias*.
- Martínez-Martínez, L., & Calvo, J. (2010). Desarrollo de las resistencias a los antibióticos: causa, consecuencias y su importancia para la salud pública. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 4-9.
- Mayz-Figueroa, J. (2004). Fijación biológica de nitrógeno. *Revista Científica UDO Agrícola Vol. 4 N° 1*, 1-20.
- McKee, T., & McKee, J. (2009). *Bioquímica: las bases moleculares de la vida*. México DF: Mc Graw Hill.
- Murphy, T., & Williams, C. (2011). The iPad as Class Presentation Platform. *ASEE Southesast Section Conference*.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2014). *Microbiología Médica*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Negróni, M. (2009). *Microbiología estomatológica: fundamentos y guía práctica. 2a edición*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- O'Donnell, M., Langston, L., & Stillman, B. (2013). Principes and Concepts of DNA Replication in Bacteria, ARcheae, and Eukarya. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 1-14.
- Pérez-Arranz, F., & Moscoso, P. (2007). El libro electrónico y su incidencia en las bibliotecas universitarias y científicas españolas. *Revista Española de Documentación científica* 30,3, 343-363.
- Pesantes, A. (2014). Diseño de interfaces y usabilidad de ibook UCG. Trabajo Final para la obtención del Título Licenciado en Diseño. *Facultad de Comunicación Mónica Herrera*.
- Prats, G. (2012). *Microbiología y Parasitología Médicas*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Prieto Díaz, V., Quiñones La Rosa, I., Raírez Durán, G., Fuentes Gil, Z., Labrada, T., & Pérez Hecheverría, O. (2010). Impacto de las tecnologías de la información y las ccomunicaciones en la educación y nuevos paradigmas del enfoque educativo. *Educación Media Superior* 25 (1), 95-102.

- Quiroga Sichacá, L. (2011). Posibilidades y limitaciones de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la docencia. *Actualidades Pedagógicas*, 67-79.
- Reyes, P. (2008). *Material Multimedia de apoyo al aprendizaje del tema: los alimentos, sus componentes y funciones, de la asignatura de Bromatología*. México, DF: Facultad de Estudios Superiores Zaragoza; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Romero, S., & Araujo, D. (2012). Uso de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje. Universidad de Guajira colombiana. *Telematique Vol. 11, N°1*.
- Ryan, K., & Ray, G. (2010). *Sherris Microbiología Médica*. México: Mc Graw Hill.
- Salinas Ibañez, J. (1994). Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria. *Revista de Medios y Educación*, 1908.
- Schulz, H., Brinkhoff, T., Ferdelman, G., Hernández-Mariné, M., Teske, A., & Jorgensen, B. (1999). Dense Population of Giant Sulfur Bacterium in Namibian Shelf Sediments. *Science Vol 284*, 493-495.
- Singlenton, P. (2004). *Bacterias, en Biología, Biotecnología y Medicina*. Zaragoza, España: Acribia.
- Suárez, P., & Reyes, R. (2002). La incorporación de metales pesados en las bacterias y su importancia para el ambiente. *Interciencia Vol. 27 N°4*, 160-164.
- Sunkel, G. (2011). TIC para la educación en América Latina. *Presentación escrita de la conferencia realizada en el Congreso Iberoamericano de Educación. Buenos Aires, 2010* (págs. 1-3). Buenos Aires, Argentina: Fediap.
- Torreblanca Navarro, O. (2010). *Tesis que para obtener el grado de Doctor en Psicología. Desarrollo de habilidades complejas en estudiantes de psicología en un entorno tecnológico: una aproximación sociocultural*. México, Distrito Federal: UNAM.
- Tortora, B., Funke, B., & Case, C. (2007). *Introducción a la Microbiología*. Buenos Aires: México Panamericana.
- Valencia, S. (2014). *Introducción a las embriofitas*. DF, México: UNAM.
- Valverde Rodríguez, C. (2013). *La química de la vida. Yodo y hormonas tiroideas en la evolución de la humanidad*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.