



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos

**Nucleic acids teaching and their relation with
the evolution of hominids**

Sonia Cristina Gil Giraldo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2022

Enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos

Sonia Cristina Gil Giraldo

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Juan Bautista López Ortiz, M. Sc. Genética

Profesor asociado Facultad de Ciencias

Escuela de Biociencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2022

Dedicatoria

A mi madre

*Ese ser maravilloso que acompañó
y llenó de amor y ternura mi vida y
que ahora desde el cielo ve cumplir
este sueño.*

Agradecimientos

A Dios por mostrarme siempre su cercanía y permitir que aún en una situación difícil este proyecto de vida fuese realizado.

A mi hijo Matías, por entender que tuve que robar un poco de su tiempo para llevar a cabo este trabajo y porque con su dulzura y ternura llena mi vida de alegría.

Al amor de mi vida Yovany por su entrega, paciencia y apoyo incondicional. Hemos finalizado con éxito un proyecto de los muchos que nos esperan.

A mi hermana y gran amiga Yecenia, por sus consejos, su motivación en momentos en los que parecía desistir y su acompañamiento permanente en todos los procesos de mi vida.

A mi familia, por seguir de cerca este sueño y brindarme su apoyo emocional y económico.

A mis amigos Vanessa Rondón Berrío, Miguel Fernando Franco Mesa y Luz Damary Gómez Ramírez por sus valiosos aportes y contribuciones en el desarrollo de este trabajo.

A mi director, Juan Bautista López Ortiz, por apoyar y orientar este trabajo de grado y por hacer que en sus clases me enamorara de la genética.

Resumen

En este trabajo, se presenta una estrategia didáctica para la enseñanza de los ácidos nucleicos orientada a establecer su relación con el proceso evolutivo de los homínidos. Para ello, se diseñan una serie de actividades que se encuentra orientadas bajo principios del aprendizaje significativo crítico de Marco Antonio Moreira y las situaciones problema para conducir al desarrollo del pensamiento científico.

Se proponen ocho guías de trabajo que parten de los conceptos y procesos de los ácidos nucleicos, seguidos de las fuentes de variación (mutaciones y epigenética), continúa con las generalidades sobre la evolución y el proceso de evolución de los homínidos para finalmente dar lugar al encuentro de las relaciones entre ácidos nucleicos y evolución homínida.

Palabras claves: ácidos nucleicos, evolución, homínidos, expresión génica, aprendizaje significativo crítico, situaciones problema

Abstract

In this paper, it presents a didactic strategy for teaching about nucleic acids; it is guided through their relation to the evolutionary process of hominids. Thus, it is designed a range of activities, they are guided according to the critical meaningful learning by Marco Antonio Moreira and the issues to direct the development of scientific thought.

Eight guides are proposed as of the concepts and process of the nucleic acids, it is followed by sources of variation (mutations and epigenetic), hereafter with the generality about the evolution

and the evolutionary process of the hominids and finally it takes place to achieve the relation between nucleic acids and hominid evolution.

Key words: Nucleic acids, evolution, hominids, gene expression, critical meaningful learning, problem situations.

Contenido

Enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos	II
Agradecimientos.....	V
Resumen.....	V
Abstract	V
Contenido	VII
Lista de tablas	IX
Lista de figuras	X
Introducción	11
CAPÍTULO I. Diseño Teórico	13
1.1 Selección y delimitación del tema	13
1.2 Planteamiento del Problema	13
1.2.1 Descripción del problema.....	13
1.2.2 Formulación de la pregunta	14
1.3 Justificación	14
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO II. Marco Referencial	17
2.1 Marco Teórico.....	17
2.2 Marco Conceptual - Disciplinar	21
2.3 Marco Legal.....	23
2.4 Marco Espacial	25

CAPÍTULO III. Diseño Metodológico	27
3.1 Enfoque	27
3.2 Método.....	27
3.2.1 Diagnóstico	28
3.2.2 Plan de acción	28
3.2.3 Acción y observación	28
3.2.4 Evaluación y reflexión	28
3.2.5 Instrumentos de recolección de la Información	29
3.3 Población y muestra	30
3.4 Impacto esperado	30
3.5 Cronograma.....	30
3.5.1 Planificación de actividades	30
3.5.2 Cronograma de actividades	33
CAPÍTULO IV. Revisión bibliográfica.....	35
CAPÍTULO V. Propuesta de enseñanza.....	46
CAPÍTULO VI. Discusión final	104
CAPÍTULO VII. Conclusiones	106
CAPÍTULO VIII. Recomendaciones	108
Referencias	110

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Fundamentos teóricos de la propuesta de enseñanza</i>	20
<i>Tabla 2 Normograma</i>	23
<i>Tabla 3 Planificación de actividades</i>	30
<i>Tabla 4 Cronograma de actividades</i>	33
<i>Tabla 5 Estándares básicos de competencias asociados a la propuesta de enseñanza (Tomada de MEN, 2006, p.138)</i>	46
<i>Tabla 6 Diseño general de la propuesta de enseñanza</i>	48
<i>Tabla 7 Cuadro comparativo ácidos nucleicos</i>	60
<i>Tabla 8 Contextualización del juego al objeto de estudio</i>	64
<i>Tabla 9 Comparación códigos monstruo y genético</i>	65
<i>Tabla 10 Enzimas presentes en los procesos de los ácidos nucleicos</i>	68
<i>Tabla 11 Comparación de estructuras proteicas</i>	77
<i>Tabla 12 Resultados simulación cuello de botella</i>	85
<i>Tabla 13 Resultados simulación efecto fundador</i>	86
<i>Tabla 14 Resultados simulación selección natural</i>	87
<i>Tabla 15 Resultados simulación mutaciones</i>	89
<i>Tabla 16 Algunos genes involucrados en el proceso evolutivo homínido</i>	93

Lista de figuras

<i>Figura 1 Hélice de ADN para completar</i>	61
<i>Figura 2 Impacto de la epigenética en la evolución humana</i>	82

Introducción

En la búsqueda de aprendizajes más significativos en los estudiantes, son muchos los autores que han incursionado en la investigación de herramientas, estrategias, prácticas docentes y modelos pedagógicos que permitan el alcance de este objetivo.

En la enseñanza de la genética, específicamente de los ácidos nucleicos, se han reportado dificultades por la complejidad del tema en cuanto al entendimiento de la estructura y los procesos e implicaciones de estas moléculas en la diversidad de la vida. Pensando en lo anterior, surge la propuesta “Enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos”, propuesta que pretende subsanar varias de las tensiones generadas durante su enseñanza al involucrar el uso de situaciones problema, el empleo de herramientas tecnológicas y el trabajo colaborativo bajo el hilo conductor de la evolución de los homínidos asociado a los procesos del ADN y el ARN.

Para ello, se presenta una prueba diagnóstica que permite explorar los conocimientos previos de los estudiantes y una serie de ocho guías, cuyas actividades se construyen a la luz del aprendizaje significativo crítico propuesto por Marco Antonio Moreira. Las guías inician con el concepto y la estructura de los ácidos nucleicos, continua con los procesos de síntesis, transcripción y traducción, mutaciones, expresión génica y estructuras proteicas, epigenética, generalidades de la evolución, proceso de evolución de los homínidos y finaliza con el encuentro de la relación de los ácidos nucleicos con la evolución de los homínidos.

Las actividades se encuentran diseñadas de tal forma que el estudiante interactúe y comprenda el lenguaje de los ácidos nucleicos de modo que pueda profundizar en su conocimiento al punto de poder dar solución a las actividades de mayor profundidad presentadas en las situaciones problema.

Este documento se ha organizado de la siguiente manera: primero, se presenta un marco teórico que señala los fundamentos teóricos de la propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos bajo

los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico del conocimiento previo, de la interacción social y del cuestionamiento, de la conciencia semántica y de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza. Segundo, se establece un marco conceptual donde se discriminan los contenidos de los ácidos nucleicos sobre los cuales se implementa la propuesta. Tercero, se registra el marco legal que enmarca las leyes, lineamientos y políticas nacionales e internacionales que rigen para la enseñanza de las ciencias naturales. Cuarto, un marco espacial que delimita el lugar de aplicación de la propuesta en una fecha posterior, en la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía. Quinto, un diseño metodológico que orienta la metodología de investigación acción aplicada. Sexto, una revisión bibliográfica que enmarca los trabajos realizados en cuanto uso de las TIC en el proceso de enseñanza y el papel del educador frente a ellas, las situaciones problema y el contexto como mediadoras del aprendizaje, el trabajo colaborativo y algunas consideraciones y trabajos realizados para la enseñanza de los ácidos nucleicos. Sexto, el diseño de la propuesta en enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos. Finalmente, se presenta la discusión y las conclusiones y recomendaciones asociadas a este trabajo.

CAPÍTULO I. Diseño Teórico

1.1 Selección y delimitación del tema

Enseñanza de los ácidos nucleicos para potenciar el pensamiento científico y establecer su relación con el proceso de evolución de los homínidos.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Descripción del problema

Los estándares básicos de competencias, diseñados por el ministerio de educación nacional, en el año 2006, señalan los criterios que permiten conocer lo que deben aprender los estudiantes y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de saber y saber hacer, en cada una de las áreas y niveles (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2004, p.5)

De acuerdo a dicha estructura, los estudiantes deben evidenciar un proceso progresivo, que abarca desde la transformación de sus conocimientos previos a conocimientos argumentados que posteriormente, llevan al logro de relacionar y aplicar el conocimiento en la solución de situaciones de su entorno, así como lo hacen los científicos, ya que sólo de esta forma todo conocimiento toma carácter significativo crítico.

En la enseñanza del tema de ácidos nucleicos, en la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía se detecta dificultad para avanzar de los conocimientos previos de los estudiantes a conocimientos más elaborados que conlleven a un conocimiento científico, esta dificultad se hace evidente cuando el estudiante no logra relacionar los ácidos nucleicos con procesos más allá de la apariencia física de los organismos. Por tanto, se pretende conducir al estudiante por el conocimiento de los ácidos nucleicos hasta encontrar su relación con la evolución de los homínidos, usando para ello, situaciones problema. Con este propósito, se parte de la estructura, función y procesos auto y heterocatalíticos de los ácidos nucleicos -como moléculas originarias

de la vida-, continuando con las fuentes de variación (mutaciones y epigenética) como materiales claves en el proceso evolutivo y finalmente, conduciendo al encuentro de su relación con el proceso de evolución de los homínidos, el cual se llevará a cabo con la presentación de genes que cambian entre especies para su posterior comparación, de modo que se evidencie el proceso de aprendizaje y la transformación del conocimiento previo en conocimiento científico, aplicado en el análisis de una situación problema con información científica real.

La propuesta “Enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos” pretende subsanar las dificultades encontradas en los procesos de enseñanza de los ácidos nucleicos, en la medida, que vincula una serie de situaciones contextualizadas como las vacunas de ácidos nucleicos, la proteína de la fluorescencia, la visita a un museo de evolución, la comparación con otras especies, entre otras, que serán transversales para el estudio de los ácidos nucleicos y la evolución, permitiendo que el estudiante familiarice su conocimiento con situaciones actuales, facilitando así, el establecimiento de relaciones de las moléculas de la vida (ADN y ARN) desde el nivel biológico hasta niveles industriales y potencializando el desarrollo de un pensamiento crítico que conduzca a toma de decisiones desde el punto de vista ético-científico.

1.2.2 Formulación de la pregunta

¿Es posible establecer una propuesta didáctica que contribuya a establecer una relación entre los ácidos nucleicos y el proceso evolutivo de los homínidos?

1.3 Justificación

Para el tema de los ácidos nucleicos el estándar establecido por el Ministerio de Educación Nacional, determina que el estudiante al final del grado noveno debe “*explicar la variabilidad en las poblaciones y la diversidad biológica como consecuencia de estrategias de reproducción, cambios genéticos y selección natural*” (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006, p.138)

Al llevar esta guía referencial a la práctica, se encuentra que los estudiantes e incluso algunos docentes imparten la enseñanza de los ácidos nucleicos, pero con dificultad se logra relacionar su importancia en los procesos biológicos y más aun con situaciones reales del contexto que

permitan al estudiante integrar los conceptos y conocimientos que se están trabajando con su cotidianidad o con procesos que le sean más familiares.

Es en este aspecto, que la presente propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos, toma sentido e importancia porque permitirá no solo a estudiantes de la I. E. Rosa Mesa de Mejía, del municipio de Armenia, sino también a otros estudiantes de Colombia, realizar un estudio de los ácidos nucleicos bajo una mirada que irá más allá de la conceptualización; favorecerá la transformación del conocimiento previo en conocimiento científico, conducido por la presentación de situaciones de aplicación reales y apoyadas por el hilo conductor de la evolución que no es ajena al conocimiento e idealización de los estudiantes.

Con lo anterior, se pretende que el estudiante se apropie de su conocimiento, sea protagonista de él y tenga un criterio científico-técnico que no solo le permita participar en la toma de decisiones de su realidad, sino que, además, faciliten las interacciones sociales como lo propone las pruebas internas y externas en las que Colombia participa como lo son los ICFES y la prueba PISA Competencia global (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2017, p.9).

Con esta propuesta, se pretende también establecer un sistema de enseñanza de los ácidos nucleicos que será de utilidad también para otros docentes interesados en establecer la importancia de los ácidos nucleicos en la diversidad y evolución de la vida.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una estrategia didáctica para la enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos, desde situaciones cotidianas, para los estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las dificultades presentadas en el proceso de enseñanza de los ácidos nucleicos y el establecimiento de relaciones con el contexto.

- Construir un marco conceptual que permita orientar las estrategias para la enseñanza de los ácidos nucleicos, de tal forma que posibilite la transformación del conocimiento previo al conocimiento científico.
- Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos, involucrando situaciones del contexto.

CAPÍTULO II. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Las dinámicas del mundo actual han puesto de manifiesto que la educación debe transformarse y es precisamente este principio, el que ha motivado a diferentes autores a repensar las prácticas educativas y generar propuestas y estrategias enmarcadas en el protagonismo del estudiante en su proceso de aprendizaje.

Es así como surge en Marco A. Moreira influenciado por otros autores como Ausubel, Postman y Weingarter, Don Finkel, entre otros, el transformar su práctica pedagógica en lo que se conoce hoy como la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, en la cual se fundamenta la presente propuesta.

La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, propuesta por Marco A. Moreira (2005), se define como:

Aprendizaje significativo crítico: es aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. Se trata de una perspectiva antropológica en relación con las actividades de su grupo social, que permite al individuo participar de tales actividades, pero, al mismo tiempo, reconocer cuándo la realidad se está alejando tanto que ya no se está captando por parte del grupo. (p.87-88).

Bajo esta perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo crítico se presenta como actor principal del aprendizaje al alumno, pero bajo una concepción que no sólo lo asume como protagonista, sino que lo presenta además como un ser que forma parte de su cultura y, al mismo tiempo, no se deja subyugar por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías (Moreira, Aprendizaje significativo crítico, 2005, p.88). Es decir, habla de un ser social y cultural, que

conoce, analiza y se apodera de su contexto, asume cambios y maneja la información sin dejarse dominar por ellos.

La teoría del aprendizaje significativo crítico está fundamentada en once principios facilitadores, de los cuales solo cinco serán fundamento teórico de la presente propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos, como se resume a continuación:

1. Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos:

El primer paso para aprender de forma significativa crítica es haber aprendido significativamente.

El sujeto sólo puede ser crítico ante algún concepto cuando lo ha aprendido significativamente, por tanto, su **conocimiento previo** es fundamental, porque representa el punto de partida de la adquisición significativa de nuevos conocimientos.

Es característico en el aprendizaje significativo, la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo, pues es en este proceso, que el nuevo conocimiento adquiere significado para quien lo está aprendiendo y el conocimiento previo queda más enriquecido y más elaborado. Para señalar este principio facilitador, se presenta la actividad de indagación de conceptos o conocimientos previos.

2. Principio de la Interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/ aprender preguntas en lugar de respuestas:

El acto de enseñanza se da en el proceso de interacción alumno-profesor a través de la acción de compartir significados, acerca de objetos de conocimiento, enmarcados curricularmente, y propiciando un intercambio permanente de preguntas en lugar de respuestas.

Un estudiante aprende significativamente, cuando usando su conocimiento previo fórmula una pregunta apropiada y relevante, pero lo aprende de forma significativa crítica cuando lo hace de forma sistemática, identificando mentiras e irrelevancias, es decir, cuando lo hace a través de un aprendizaje libertador y cuestionador.

Es importante aclarar, que el aprendizaje significativo crítico no se trata sólo de aprender a preguntar, su existencia depende de que se acompañe de otros principios facilitadores.

La actividad de enseñanza que se propone basada en este principio y los siguientes tres principios facilitadores son situaciones del contexto y un hilo conductor que se proponen como estrategia de enseñanza. Las situaciones del contexto se encuentran relacionadas con aplicaciones de los ácidos nucleicos y el hilo conductor corresponde a la evolución de los homínidos, en el quinto principio se profundiza en el diseño de la actividad.

3. Principio del conocimiento como lenguaje:

Para la comprensión de un conocimiento, es esencial conocer su lenguaje, pues éste no es neutro, representa una manera de ver el mundo que se encuentra codificada por sus símbolos propios.

Aprender un contenido significativamente es aprender su lenguaje sustantivamente, pero aprenderlo de forma crítica como lo propone Moreira, es percibir ese lenguaje como la visión diferente del mundo que representa, y esto, sólo se logra con el principio de la interacción social y del cuestionamiento y con el principio de la conciencia semántica, ya que, en el aprendizaje de un nuevo lenguaje, la negociación y clarificación de significados se hace por medio del lenguaje humano.

4. Principio de la Conciencia semántica:

Implica varias concientizaciones, la primera habla de que el significado está en las personas, no en las palabras, la segunda, es la de que las palabras no son aquello a lo que hacen referencia, que existen diferentes niveles de abstracción y que los significados cambian.

Los niveles de abstracción son variables y existen para la correspondencia entre palabras y referentes verificables dependiendo de la dirección del significado. Es así como tenemos según la teoría del lenguaje, significados connotativos y denotativos. Los primeros hacen referencia a significados intencionales, subjetivos, personales (dirección del significado va de afuera hacia adentro). Y los segundos a significados extensionales, objetivos y sociales (dirección del significado va de dentro hacia afuera). El aprendizaje significativo tiene como condición atribuir significados connotativos.

El estudiante que aprende significativa y críticamente tiene la capacidad de pensar en diferentes alternativas, deja a un lado la creencia de que las respuestas son correctas o equivocadas, asumiendo grados de verdad.

5. Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza:

Cuando en este principio facilitador se habla de eliminar el tablero, no sólo hace referencia a ésta sino también a todo medio que promueva una enseñanza transmisiva y mecánica. La razón? Sin duda alguna produce un anti-aprendizaje.

En el aprendizaje significativo crítico propuesto por Moreira, se promueve implementar el uso de diferentes perspectivas y planteamientos didácticos que impliquen la participación activa del estudiante y que lo conviertan en el centro de la enseñanza.

Este principio aclara que no se trata de buscar elementos muy sofisticados para el encuentro pedagógico, se trata de buscar actividades en las que el docente sea un mediador del proceso de aprendizaje del alumno.

Para hacer alusión a este principio, en la presente propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos se elige la situación problema o de contexto como estrategia de enseñanza, porque permite la adquisición del aprendizaje de los conceptos y significados mediante el análisis de situaciones reales enfocados en situaciones cotidianas, de tal forma que el estudiante con la información presentada por el profesor, siguiendo sus orientaciones y a través de preguntas y respuestas pueda encontrar la relación existente, interpretaciones argumentadas y posteriormente tomar decisiones.

A continuación, se muestra como los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico, fundamentan la presente propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos y su importancia en los procesos evolutivos.

Tabla 1

Fundamentos teóricos de la propuesta de enseñanza

Actividad	Instrumento	Principio facilitador en el que se fundamenta	Lo que se pretende
Indagación de los conceptos o conocimientos previos sobre ácidos nucleicos y su importancia biológica	Test de preguntas abiertas y de selección múltiple.	Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos	Establecer si los estudiantes tienen o no los conocimientos previos necesarios para que puedan aprender sobre los ácidos nucleicos y su relación con los procesos evolutivos.

Situaciones problema para relacionar el papel que han desempeñado en el proceso de evolución de los homínidos.	Se presentan varias situaciones del contexto: 1. Vacunas de ácidos nucleicos 2. Curiosidades fluorescentes 3. Visita virtual al museo de evolución 4. Comparación de homínidos	-Interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. -El conocimiento como lenguaje. -Conciencia semántica -Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza	Interacción estudiante y docente (como momento principal) y estudiante y sus pares (a través de grupos colaborativos), negociación, construcción y clarificación de definiciones y de los significados de los conceptos asociados con los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos, a partir del lenguaje que presenta la genética como ciencia. Pensar en diferentes alternativas de solución a las situaciones problema y tomar decisiones de implicaciones ético-científicas.
--	--	--	---

2.2 Marco Conceptual - Disciplinar

Los lineamientos curriculares establecen que el sentido de la enseñanza de las ciencias naturales se encuentra cuando el estudiante tiene la capacidad de relacionar los conocimientos físicos, químicos y biológicos propios del área, con los procesos culturales del mundo en el que vive, en especial, aquellos que tienen la capacidad de afectar el carácter armónico del ambiente, en otras palabras, el sentido de enseñanza se encuentra cuando el estudiantes aplica sus conocimientos y toma decisiones considerando sus implicaciones éticas y morales.

Es en esta línea, que la presente propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico) soportada en principios del aprendizaje significativo crítico, toma importancia dentro del contexto disciplinar, pues son estas moléculas quienes contienen toda la información biológica de los organismos y están encargados de múltiples funciones, entre ellas, el mantenimiento de la identidad de las especies biológicas, la

variabilidad entre individuos, la síntesis de proteínas que son estructura y función de los seres vivos, la diferenciación de tejidos y la *evolución*. Lo que genera puntos de vista altamente controvertidos; por un lado, se demuestran sus contribuciones de carácter científico-técnico en la agricultura, en el sector pecuario y en la salud y supervivencia humana, pero por otro, se cuestionan y discuten sus límites éticos, sociales y morales. Razón por la que el conocimiento del estudiante sobre estos temas es esencial para identificar la utilidad del ADN como herramienta de análisis genético y argumentar las ventajas y desventajas de la manipulación genética como lo proponen los estándares básicos de competencias en ciencias naturales para el grado noveno (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006, p.139).

En momentos como el que atraviesa actualmente el mundo, a causa de la pandemia por Covid-19, el estudio de los ácidos nucleicos desempeña un papel prioritario en la búsqueda de conocimiento de las características genéticas del virus, su cadena de contagio, tratamiento y formas de detener su propagación, así como lo ha sido en otros momentos en la identificación y tratamiento de alteraciones genéticas, el conocimiento de los procesos evolutivos, elaboración de fármacos, alimentos, entre otros implementos que el estudiante usa en su cotidianidad desconociendo que detrás de éstos, se encuentran ácidos nucleicos que han participado o han sido modificados para tal fin. Por lo que su estudio y conocimiento dentro de la disciplina científica ha sido siempre nexo de unión entre varios campos de la biología, la tecnología, la estadística, la medicina y otras disciplinas que coadyuvan para potenciar el alcance de su conocimiento.

Dentro de la estructura curricular para el grado noveno, la enseñanza de los ácidos nucleicos, enmarca el conocimiento científico básico dentro del conocimiento de los procesos biológicos, y dentro de estos, la herencia y mecanismos de evolución de los seres vivos que comprende la evolución de la vida en el planeta Tierra, código e información genética (genes y cromosomas) y síntesis de proteínas (Ministerio de Educación de Colombia, 1998, p.83). Así mismo dentro de los derechos básicos de aprendizaje, se explica la forma como se expresa la información genética contenida en el –ADN–, relacionando su expresión con los fenotipos de los organismos y reconoce su capacidad de modificación a lo largo del tiempo (por mutaciones y otros cambios), como un factor determinante en la generación de diversidad del planeta y en la evolución de las especies (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2016, p.32)

Por lo anterior, la presente propuesta de enseñanza pretende desarrollar las competencias básicas a través de situaciones problema, pensados para que el estudiante construya y maneje sus conocimientos partiendo de la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento

previo, conociendo el lenguaje de la genética con sus definiciones y significados y de esta forma pueda desarrollar el pensamiento científico-ético.

Las situaciones problema empleadas en la propuesta de enseñanza pretenden, además, conducir al estudiante para que encuentre la relación entre los ácidos nucleicos y los procesos evolutivos y con ella, pueda tomar decisiones argumentadas frente a situaciones de su contexto y comprenda como las transformaciones físicas, biológicas, genéticas tienen influencia en actividades culturales del hombre a través de la historia y de allí su importancia en el contexto escolar.

En la búsqueda de la relación entre ácidos nucleicos y evolución de los homínidos, se realiza un recorrido por las características y procesos de los ácidos nucleicos, las implicaciones de las mutaciones y la epigenética en los cambios fenotípicos de los organismos, siguiendo con la teoría de mayor aceptación sobre el origen de la vida, que predica que hace cerca de tres mil ochocientos millones de años, aparece el precursor de la vida en la tierra: el ARN, a partir del cual, se continúan los procesos evolutivos de los denominados seres vivos hasta llegar, al *Homo Sapiens*, que aparece en el planeta Tierra hace sólo tres millones de años, pero que gracias a la evolución en la dirección de los procesos culturales, pasó de ser una especie biológica cualquiera a una especie biocultural, que le permitió transformar las condiciones de su entorno y transmitir el conocimiento a las siguientes generaciones.

2.3 Marco Legal

Tabla 2

Normograma.

Norma	Texto de la norma	Contexto de la norma
(Ley 115, 1994)	Señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación y define y desarrolla la organización y la prestación de la educación formal en sus niveles preescolar, básica y media, no formal e informal.	Art. 22. Define los objetivos específicos de la Educación básica en el ciclo de secundaria. Art. 23. Define las áreas obligatorias y fundamentales para el logro de los objetivos de la educación básica, en la que se incluye ciencias naturales y educación ambiental.

Lineamientos curriculares (1998)	Establece las orientaciones y criterios nacionales sobre el currículo, la función de las áreas y nuevos enfoques para comprenderlas y enseñarlas.	Ofrece orientaciones conceptuales, pedagógicas y didácticas para el diseño y desarrollo curricular en el área de ciencias naturales, desde el preescolar hasta la educación media.
(Política nacional de educación ambiental, 2002)	Establece los lineamientos de las políticas nacionales educativas y ambientales y brinda elementos conceptuales metodológicos para el desarrollo transversal y reflexivo de la educación ambiental y ciudadana.	Proporciona un marco conceptual y metodológico que orienta las acciones que en materia educativo-ambiental se adelantan en el país, tanto a nivel de educación formal como no formal e informal.
Estándares básicos de competencias (2006)	Orienta las habilidades y actitudes científicas que deben desarrollar los estudiantes por conjunto de grados desde primero a undécimo	Presenta el marco teórico que sustenta la propuesta desde la integración de las ciencias naturales y sociales planteando promover la formación de ciudadanos críticos y con responsabilidad social (conciencia ambiental)
Derechos básicos de aprendizaje (2016)	Explicitan los aprendizajes estructurantes para un grado y un área particular	Plantean elementos para construir rutas de enseñanza y aprendizaje año a año para que, los estudiantes alcancen los EBC propuestos por cada grupo de grados

Contexto internacional

(Informe de la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible. Johannesburg o (Sudáfrica), 2002)	Establece el plan de acción para el desarrollo sostenible basado en la protección del medio ambiente, el desarrollo social y el desarrollo económico	Punto 121 Integra el desarrollo sostenible en los sistemas de enseñanza a todos los niveles a fin de promover el papel de la educación como agente clave del cambio.
--	--	---

(Educación 2030. Declaración de Incheon y Marco de acción hacia una educación inclusiva y equitativa de calidad y un aprendizaje a lo largo de la vida para todos, 2015)	Establece el marco de acción hacia una educación inclusiva y equitativa de calidad y un aprendizaje a lo largo de la vida para todos.	Meta 4.7. Presenta las estrategias indicativas para asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.
---	---	---

2.4 Marco Espacial

La presente propuesta de enseñanza será implementada en el grado noveno de la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía, en una fecha posterior a su publicación, de modo que se puedan conocer los aciertos y su incidencia en el desarrollo del pensamiento científico.

La Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía se encuentra ubicada en el municipio de Armenia, en el occidente antioqueño, a 51 Km de la ciudad de Medellín. Comprende el eje central de la educación del municipio por ser la única institución educativa. Es una institución de carácter oficial que cuenta con siete sedes; dos de ellas, ofrecen el ciclo de básica secundaria y media académica: la sede La Herradura bajo la modalidad de posprimaria y la sede central bajo un modelo graduado (básica y media).

La población estudiantil proviene de estrato socioeconómico bajo y medio bajo, perteneciente a las veredas periféricas en un 95%.

La economía de la población está basada en el desarrollo del sector agropecuario, en su mayoría, en la siembra del café como monocultivo y en menor proporción la ganadería y cuidado de fincas, lo que limita la economía local y ha contribuido en los últimos años al incremento del desplazamiento hacia las zonas suburbanas de la ciudad.

Los estudiantes de la secundaria y Media oscilan entre los 12 y 18 años de edad, son jóvenes disciplinados y responsables con sus quehaceres educativos e institucionales; en su mayoría dedican su tiempo libre a la labor agropecuaria en sus hogares y fincas aledañas para ayudar al sostenimiento de sus familias.

Por lo general los hogares están conformados por unión libre, donde la madre es cabeza de familia. El nivel de estudio de los padres de familia en su mayoría, alcanza los estudios primarios, un bajo porcentaje ha realizado estudios secundarios.

El modelo pedagógico de la institución es constructivista significativo, resaltando en que el conocimiento es el resultado de un proceso de construcción o reconstrucción de la realidad que tiene su origen en la interacción entre las personas y el mundo y que asume como centro principal del proceso educativo al estudiante (PEI I.E. Rosa Mesa de Mejía, 2019)

El PEI de la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía, en su misión

“busca formar niños, jóvenes y adultos a través de modelos flexibles para desarrollar procesos de liderazgo y apertura al aprendizaje continuo, mediante la aplicación de conocimientos académicos, tecnológicos, científicos, investigativos, el fortalecimiento de principios y valores que le permitan ser respetuosos y tolerantes ante las diferencias individuales, además competentes para la educación superior, el ámbito laboral y que interactúen asertivamente en los diferentes contextos de la sociedad”.

De acuerdo con lo anterior, la presente propuesta de enseñanza, pretende orientar la educación hacia la promoción de la curiosidad, de la imaginación, la investigación y la invención, buscando fortalecer la autonomía de pensamiento en el estudiante y los principios institucionales de ciencia e investigación, cambio, inclusión, desarrollo sostenible, calidad, participación y desarrollo humano integral.

CAPÍTULO III. Diseño Metodológico

3.1 Enfoque

La presente propuesta de enseñanza será de corte cualitativo interpretativo y se encuentra enfocada bajo los principios de la investigación-acción educativa.

La metodología de investigación acción (I/A) está orientada al cambio educativo, desde una perspectiva en la que la enseñanza se entiende como un proceso de investigación continuo, en el cual el docente reflexiona sobre su práctica, la planifica e introduce mejoras progresivas (Bausela Herrera, 2004, p.1)

Al respecto, (Bausela Herrera, 2004, p.5), presenta el resumen de Kemmis y McTaggart (1988), para el desarrollo de la investigación acción en cuatro fases: una primera diagnóstica y de reconocimiento de la situación inicial, la segunda consiste en el desarrollo de un plan de acción, el tercer paso corresponde a la actuación para poner el plan en práctica y la observación de sus efectos en el contexto y por último la reflexión de la cual parte la nueva planificación.

Lo anterior, se complementa con el trabajo cooperativo, el cual se convierte en un pilar fundamental, pues permite generar discusiones que hacen posible la reconstrucción de un conocimiento profesional reflexivo que propicia el desarrollo personal y social y favorece el cambio y la transformación de la práctica educativa.

Apoyada en la metodología de la investigación acción, esta propuesta pretende dar respuesta a algunos problemas en el proceso de enseñanza, que desde la perspectiva de investigador-docente aporte elementos para el logro de un aprendizaje significativo crítico.

3.2 Método

La propuesta se basa en el método de la investigación acción, enmarcada en el paradigma crítico social, por lo que se desarrolla en las siguientes fases: diagnóstico, elaboración del plan de acción, acción y observación y evaluación y reflexión, como se describe a continuación.

3.2.1 Diagnóstico

En esta etapa se lleva a cabo la selección del tema y con él, la reflexión sobre la problemática que se desea transformar en relación a la enseñanza de los ácidos nucleicos. Se continúa con una revisión de antecedentes que permiten establecer la pregunta orientadora de la propuesta de enseñanza y con ella, el objetivo general y los objetivos específicos que pretenden dar solución al problema y la pregunta planteada. Por consiguiente, las actividades se encaminaron a la revisión bibliográfica de los conocimientos sobre ácidos nucleicos y su enseñanza, las situaciones problema como estrategia de enseñanza, la teoría de aprendizaje significativo crítico y el método de la investigación acción.

3.2.2 Plan de acción

En esta fase se elabora y se prepara la propuesta de enseñanza como tal. Se diseñan las actividades que procuran dar solución al problema de enseñanza en el contexto específico; se parte de un test cuyo objetivo es establecer los conocimientos previos que poseen los estudiantes sobre los ácidos nucleicos y su relación con los procesos evolutivos y se estructuran las situaciones problema y actividades complementarias como talleres, simuladores y actividades evaluativas que serán aplicadas en la intervención en el aula.

3.2.3 Acción y observación

En esta etapa se proyecta la intervención en el aula basada en la teoría del aprendizaje significativo crítico desarrollando cada una de las actividades mencionadas en el plan de acción y se pretende realizar la recolección de los datos cualitativos, acordes con el modelo de investigación.

3.2.4 Evaluación y reflexión

Esta última fase comprende el análisis y evaluación de los resultados obtenidos con la propuesta, a la luz del aprendizaje significativo crítico de Moreira y a través de los cuales se plantean las observaciones, conclusiones y recomendaciones pertinentes que permiten dar continuidad al proceso de la Investigación Acción.

3.2.5 Instrumentos de recolección de la Información

Los instrumentos para la recolección de la información diseñados para esta propuesta, en su primera parte, corresponden a:

Test de saberes previos que orientará las pautas pedagógicas a seguir en la intervención.

Resúmenes e informes de talleres: Son registros escritos y audiovisuales que presentarán los estudiantes, previos a la implementación de las situaciones problema, garantizando así que el estudiante cuente con los conocimientos y competencias necesarias para enfrentarse al análisis y correcta interpretación de las situaciones presentadas.

Simulador virtual: Instrumento audiovisual que permitirá al estudiante interactuar con los conocimientos adquiridos sobre los ácidos nucleicos y su relación con la evolución, permitiendo la autoevaluación de su proceso.

Posteriormente, se continuará con la estrategia de enseñanza; las situaciones problema relacionados con la evolución de los homínidos, cuyos instrumentos de recolección de información serán los siguientes:

Prueba parcial: Prueba escrita u oral cuyo objetivo es garantizar que los estudiantes tengan claros los objetivos de aprendizaje que se desean lograr al discutir la situación problema correspondiente.

Registros en Bitácora: Escritos y presentaciones mediante los cuales el grupo colaborativo, registrará y presentará los avances, discusiones, planteamiento de dudas y dificultades generadas durante el proceso de análisis de las situaciones problema.

Informe final: Instrumento escrito mediante el cual el grupo colaborativo presentará al docente sus resultados y conclusiones relacionados con las situaciones problema propuestas.

Presentación final: Instrumento audiovisual mediante el cual el grupo colaborativo presentará a sus compañeros los resultados y conclusiones obtenidas y serán el punto de partida para la discusión final.

Acta de discusión final: Registro escrito mediante el cual se recogen las principales discusiones y conclusiones obtenidas en la socialización de los resultados y conclusiones de los estudios de caso.

Test de evaluación de la propuesta: Escrito mediante el cual se realizará por parte de los estudiantes, la evaluación de la estrategia de enseñanza basada en las situaciones problema y que será insumo para la posterior evaluación de la investigación por parte del docente y el grupo

cooperativo que generará las reflexiones pertinentes del proceso de investigación acción cualitativa.

3.3 Población y muestra

La presente intervención, puede implementarse en estudiantes del grado noveno, considerando una muestra control y una muestra para la aplicación de la propuesta. Se pretende intervenir a un grupo de estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Rosa Mesa de Mejía, del municipio de Armenia.

3.4 Impacto esperado

La propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos, pretende establecer una reflexión pedagógica y social en los estudiantes del grado noveno, en el sentido en que el estudiante puede relacionar situaciones reales del contexto con los conocimientos del tema y establecer estrategias que desde el punto de vista ético-científico puedan fortalecer el proceso educativo, generando interés en el estudiante al hacerlo protagonista de su propio proceso.

Además, pretende mejorar los resultados en pruebas internas y externas en relación con los conocimientos sobre genética, pues se proyecta el alcance de la competencia en los estudiantes será de mayor carácter significativo crítico.

3.5 Cronograma

3.5.1 Planificación de actividades

En la tabla 3, se relaciona la planificación de actividades para la propuesta de enseñanza.

Tabla 3

Planificación de actividades

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase 1: Diagnóstico	Identificar las problemáticas asociadas a la enseñanza -	1.1. Revisión bibliográfica sobre el aprendizaje significativo crítico para la enseñanza de los ácidos nucleicos y

	aprendizaje de la genética.	su relación con la evolución de los homínidos.
	Formular una propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos, en grado noveno, de la I.E. Rosa Mesa de Mejía.	1.2. Revisión bibliográfica sobre la situación problema como estrategia de enseñanza de los ácidos nucleicos y el método de la investigación acción.
	Identificar y caracterizar metodologías para la enseñanza de los ácidos nucleicos.	1.3. Revisión bibliográfica de los documentos del MEN enfocados a los estándares en la enseñanza de los ácidos nucleicos y la enseñanza de las ciencias naturales en el grado noveno.
		1.4. Revisión bibliográfica de herramientas TIC utilizadas para la enseñanza de los ácidos nucleicos
Fase 2: Diseño	Diseñar material y actividades de enseñanza y evaluación para la intervención en el aula acordes con la problemática encontrada.	2.1. Diseño y construcción de actividades para evaluación de los conocimientos previos. 2.2. Diseño y construcción de situaciones problema como estrategia de enseñanza y de los cuales se generan los principales instrumentos de recolección de datos. 2.3. Diseño y construcción de actividades complementarias como guías de clase, simuladores, talleres para el estudio de los ácidos nucleicos y su

relación con la evolución de los homínidos.

2.4. Diseño de las actividades evaluativas a desarrollar durante la estrategia didáctica.

2.5. Diseño y construcción de actividades didácticas utilizando las TIC relacionadas con la temática abordada.

Fase 3: Intervención en el aula*.

Aplicar las actividades propuestas a la luz del aprendizaje significativo crítico en la I.E. Rosa Mesa de Mejía.

3.1. Intervención de la estrategia didáctica de enseñanza propuesta bajo la teoría del aprendizaje significativo crítico.

3.2. Recolección de datos cualitativos, acordes con el método de investigación acción.

3.3. Uso de la bitácora de los estudiantes y de las TIC.

Fase 4: Evaluación*

Evaluar el desempeño de la propuesta, con base en la información recolectada en el grado noveno, de la I.E. Rosa Mesa de Mejía.

4.1. Construcción y aplicación de actividades evaluativas durante la implementación de la estrategia didáctica propuesta.

4.2. Construcción y aplicación de una actividad evaluativa al finalizar la implementación de la estrategia didáctica propuesta.

Actividad 1.3		X	X													
Actividad 1.4		X	X													
Actividad 2.1				X	X	X	X									
Actividad 2.2				X	X	X	X									
Actividad 2.3				X	X	X	X									
Actividad 2.4				X	X	X	X									
Actividad 2.5				X	X	X	X									
Actividad 3.1						X	X	X	X	X	X	X				
Actividad 3.2						X	X	X	X	X	X	X				
Actividad 3.3						X	X	X	X	X	X	X				
Actividad 4.1						X	X	X	X	X	X	X	X			
Actividad 4.2													X			
Actividad 4.3												X	X	X		
Actividad 5.1														X	X	X
Actividad 5.2														X	X	X

CAPÍTULO IV. Revisión bibliográfica

El uso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en el proceso de enseñanza

No es un secreto que con la situación de salud pública ocurrida a causa de la pandemia por Covid-19, el uso de las TIC se convirtió en una herramienta esencial de trabajo y obligó a muchos escépticos y temerosos de la tecnología a incorporarse en ellas quizá sin mucho conocimiento, pero al mismo tiempo permitió que docentes y estudiantes reconciliaran su comunicación con el lenguaje de la cultura digital, ampliamente utilizado por los estudiantes de nuestros días.

En palabras de Rassetto Clemente, Abad Pérez, Zapata García, Orellano Fabi, & Hidalgo, (2009)“En la cotidianeidad del aula, las nuevas tecnologías se presentan como grandes retos que permiten adoptar continuamente innovaciones y desafíos para los profesores en la formación docente, enfrentándolos a nuevas oportunidades de aprendizajes” (p. 2299).

Por lo anterior, son muchos los autores que han presentado las bondades del uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre algunos de ellos Adu y Galloway (2015), Hill (2018), Chun-Mei et al (2019), quienes presentan las TIC como una herramienta potenciadora del aprendizaje en el sentido que permiten mayor retención, creatividad, estudio independiente, motivación, facilitando así la adquisición de habilidades de pensamiento de orden superior que conducen al estudiante a jugar un papel crítico y activo no solo en el aprendizaje sino también en la solución de situaciones de su contexto.

Otra de las bondades del uso de las TIC se manifiesta cuando se favorece la empatía entre docentes y estudiantes y la promoción de métodos de enseñanza donde el actor principal es el estudiante sin que el docente pierda su papel de orientador y mediador.

Algunas herramientas TIC usadas en el proceso de enseñanza abarcan mucho más allá del uso de un dispositivo electrónico para la proyección de un video o la presentación de unas diapositivas; el uso de estas herramientas se ha extendido a (Adu & Galloway, 2015) simuladores,

laboratorios virtuales, diseñadores moleculares, interactivos y juegos, incluso, a campos de investigación como lo son actualmente la bioinformática y la gamificación.

A continuación, se presentan las herramientas TIC que han sido implementadas en la presente propuesta y un breve resumen de sus usos en la educación.

Simuladores y laboratorios educativos:

Contreras y Carreño (2012), retoman la definición de simuladores educativos de Escamilla (2000), quien los define como “programas que contienen un modelo de algún aspecto del mundo y que permite al estudiante cambiar algunos parámetros o variables de entrada, ejecutar o correr el modelo y desplegar los resultados” p.108.

Lo anterior, ha llevado a que el uso de simuladores en la educación se incremente por permitir al usuario aproximarse, analizar y dar solución a situaciones que no podrían vivirse en el mundo real, permitiendo que los errores cometidos sean solucionados antes de llevarse al contexto real o acercando un objeto de estudio que bajo parámetros reales es imposible analizar (Machado, Álvarez, & Suarez, 2018). Consecuentemente, Bonilla, Villamil y Montes (2019) consideran “las simulaciones como espacios seguros, de alta confiabilidad y riesgos bajos vitales de quien participa en dichos espacios formativos”. En la actualidad, los simuladores son empleados en áreas como la salud, la aviación, la astronomía, la mecánica cuántica, entre otras (p. 4).

Dentro de los simuladores educativos tenemos los laboratorios virtuales los cuales según Trujillo et al (2019) son escenarios tecnológicos que permiten el adiestramiento y desarrollo de pruebas que a través de la incorporación de experimentos controlados y no controlados acordes con condiciones básicas o muy cercanas al componente práctico o laboratorio real, le permiten al estudiante desarrollar competencias que son reforzadas a través de los procesos repetitivos del laboratorio virtual, evitando el desgaste de insumos o elementos físicos necesarios para la práctica (p.7).

Estudios como los realizados por el Instituto de Ciencias del Comportamiento (NTL) en el año 2004, mostraron que el uso de los simuladores favorece la tasa de retención en el aprendizaje (Carreño & Contreras, 2012), igualmente, otros estudios como lo señalan Cabero y Costas (2016), han mostrado ampliación y enriquecimiento de la cognición humana más allá de la diversión de los estudiantes, integración multidisciplinaria, participación activa, configuración de nuevos escenarios educativos y el acercamiento social, contribuyendo así, al proceso de construcción de conocimiento de forma significativa y crítica.

En el ámbito de la propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos, se ha trabajado con diferentes simuladores de uso libre y gratuito como:

- **ADN, el alfabeto de la vida:** disponible en aula red, es un simulador de la fundación bancaria Ibercaja, allí se presentan simulaciones tipo presentación sobre diferentes temas educativos y áreas de interés para estudiantes y docentes.
- **Biomodel:** es una sede web que incluye materiales diversos destinados a complementar tanto la docencia como el aprendizaje autónomo en bioquímica y biología molecular (Biomodel, 2021).
- **LabXchange:** Es una comunidad en línea de la Facultad de Artes y Ciencias de Harvard cuyo objeto de creación fue para aprender, compartir y colaborar materiales interactivos relacionados con el estudio de las ciencias naturales.
- **Biology simulations:** Sitio Web diseñado por Jolene Pappas, profesora de biología de secundaria en Batavia High School en Batavia, OH. Las simulaciones allí presentadas comprenden el área de biología con enfoque genético y análisis de datos.

Interactivos y juegos educativos - Gamificación:

En términos de Foncubierta y Rodríguez (2014) la gamificación se define como técnica que el profesor emplea en el diseño de una actividad de aprendizaje (sea analógica o digital) introduciendo elementos del juego (insignias, límite de tiempo, puntuaciones, dados, etc.) y su pensamiento (retos, competición, etc.) con el fin de enriquecer esa experiencia de aprendizaje, dirigir y/o modificar el comportamiento de los alumnos en el aula (p.2).

Es importante resaltar en esta definición que no necesariamente para hablar de gamificación se tiene que involucrar el juego propiamente dicho y la herramienta digital; el concepto de gamificación involucra actividades que el docente realiza con el objeto de tener un aprendizaje más activo y experiencial que permita plantear y dar solución a situaciones problema en el juego, de tal forma que puedan posteriormente, extenderse al contexto del estudiante. Con respecto a la herramienta digital, (Belmonte, Garcia, & Hernández, 2021) recordando a Huang y Soman (2013) y Kiryakova et al (2014) expresan que “los elementos tecnológicos sólo deben emplearse como instrumento para acceder al conocimiento y como materia sobre la que trabajar vinculada a una exhaustiva planificación, que gire en torno al proceso educativo” (p.227-228).

Estudios recientes sobre la gamificación, muestran resultados benéficos como los son mayor cooperación y colaboración entre estudiantes, mayor práctica y retroalimentación entre pares y con el maestro (Flores, Limaymanta, & Uribe, 2021), desarrollo de las competencias de reflexión,

análisis, autoevaluación, autonomía y responsabilidad de los estudiantes, mayores niveles de promoción y aprobación de asignaturas (Hünicken, 2020), curiosidad, aprendizaje experiencial, protección de la autoimagen, sentido de competencia, tolerancia al error (Foncubierta & Rodríguez, 2014) y continuidad del aprendizaje fuera del contexto escolar (Prada, Hernández, & Avendaño, 2021)

A pesar de los múltiples beneficios de la gamificación, Flores, Limaymanta y Uribe (2021) mencionan que no todos los autores la ven como una estrategia positiva y exponen que “muchos de ellos consideran que afecta la manera intrínseca en que las personas deberían relacionarse con el aprendizaje, ya que su motivación surge más de estímulos externos que internos” (p.10). Otra de las desventajas es retomada por Sánchez (2021) al citar a Pedro y otros (2015) indicando que “el diseño de gamificación puede afectar a los usuarios de diferentes maneras, dependiendo de sus características de género, dominio de la actividad y atributos psicológicos (p.30).

Lo anterior, sugiere una vez más la importancia del papel del docente en el uso de este tipo de herramientas, por lo que su papel será objeto de revisión en las próximas líneas de este trabajo. Con respecto al uso de la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los ácidos nucleicos, se encuentran en la literatura pocos trabajos asociados a esta temática, posiblemente por ser un campo emergente de investigación. Entre algunos de ellos, tenemos a Restrepo (2021), Funa y Ricafort (2019) y Freitas (2019), quienes proponen diferentes estrategias de gamificación en la enseñanza de los ácidos nucleicos y sus procesos de síntesis, transcripción y traducción, además de incorporar en algunos de ellos mutaciones e ingeniería genética.

Otros hallazgos, están asociados a la enseñanza de la genética en temas como leyes de Mendel y enfermedades genéticas (Santas, 2017/2018), la célula, el ciclo celular y la herencia genética (Marente, 2020); (Doliveira, 2015); (Ajanaku, Gambari, & Ibrahim, 2019), características y estructuras de las proteínas (Besoain, Jego, & Arenas, 2018)

Las herramientas de gamificación trabajadas durante esta propuesta, se resumen a continuación:

- **Constructor de monstruos:** juego interactivo para la enseñanza de la lectura e interpretación del código genético. Está disponible de forma gratuita en el sitio web Ask A Biologist, de Arizona State University.
- **Legends of learning:** serie de juegos educativos en línea para profesores, estudiantes y padres de familia, alineadas con los planes de estudio de ciencias naturales y matemáticas. El juego permite la creación de avatar y niveles.

- **Let's get healthy:** programa de educación e investigación de código abierto, de la Oregon Health & Science University. El programa enseña a las personas sobre su propia salud, las oportunidades de mantener un estilo de vida saludable y procesos investigativos.
- **Museo nacional de historia natural del instituto smithsoniano:** Presenta recorridos virtuales por las colecciones del museo que cuentan la historia del planeta y el registro de la interacción humana con el ambiente y entre sí.

La bioinformática como herramienta educativa

La bioinformática según Nunes, Barbosa de Almeida Júnior, Pinto de Menezes y Malafaia (2015) “es un área de investigación dedicada al desarrollo de nuevas formas de adquirir, organizar y analizar datos biológicos”. Es un área que ha ido ganando fuerza con la difusión de los desarrollos biotecnológicos y que, en una situación de salud actual, como la que se vive por Covid-19, ha logrado alto reconocimiento, por su aplicabilidad en estudios genéticos y moleculares en búsqueda de tratamientos y vacunas que permitan prevenir la magnitud de los síntomas y complicaciones por contagio.

Cuando se trabaja con herramientas bioinformáticas, estamos integrando áreas del conocimiento como ciencias computacionales, estadística, biología, física y química para dar sentido a grandes cantidades de información biológica, que sin este tipo de herramientas serían inmanejables y no permitirían alcanzar los niveles de conocimiento actuales sobre los seres vivos (Villalobos, y otros, 2013)

Además, Nunes et al (2015) reportaron que “el incorporar herramientas bioinformáticas en niveles educativos pueden mejorar las lecciones en donde se enseñan conceptos de biología molecular, genética y evolución” porque son herramientas didácticas, interactivas y con información real.

Por lo anterior, se propone usar la bioinformática en todos los niveles educativos y no limitarla únicamente a la formación universitaria como se hace actualmente en la educación colombiana. El usar la bioinformática desde la secundaria estaríamos promoviendo el espíritu científico en los estudiantes, pues modelarían e interpretarían datos desde bases de datos y programas empleados actualmente por la comunidad científica.

Existen en la web, varias bases de datos y modeladores de uso gratuito, con información abierta y actualizada sobre proteínas, ácidos nucleicos y péptidos. Para los objetivos de esta propuesta se emplean las bases de datos, las herramientas y los modeladores que se enumeran a continuación:

NCBI: Es la base de datos del Centro Nacional de Información Biotecnológica. Es una base de datos patentada y actualizada, con material de uso libre y gratuito para toda la comunidad. En esta base de datos, encontramos información sobre secuencias de ADN, modelado molecular, mapa genético del genoma humano, taxonomía, entre otras líneas de trabajo.

Blast: Es un programa que permite comparar secuencias de ADN o proteínas de interés con secuencias almacenadas en bases de datos, permitiendo encontrar similitudes y diferencias mediante parámetros estadísticos (Medina, 2013)

Expasy: Es el portal de recursos informáticos del Instituto Suizo de Bioinformática (SIB). Es un portal que permite acceso a más de 160 bases de datos y herramientas de software, desarrolladas por SIB Groups y que respaldan una variedad de dominios de investigación clínica y de ciencias de la vida, desde genómica, proteómica y biología estructural, hasta evolución y filogenia, biología de sistemas y química médica (Séverine, y otros, 2021).

Swiss model y comparison: Es una herramienta de uso gratuito para el modelado y comparación de homología de estructuras proteicas.

El papel del educador frente a las TIC

Cuando se habla del concepto de pedagogía son muchas las concepciones y significados que pueden presentarse y difícilmente podría llegarse a un acuerdo único, sin embargo, se considera la definición presentada por Tamayo (2007) quien retoma a la doctora Olga Zuluaga que reza: “pedagogía es la disciplina que conceptualiza, aplica y experimenta los distintos conocimientos acerca de la enseñanza de los saberes específicos en una determinada cultura”. Lo anterior, conduce a la concepción de la pedagogía como disciplina cuyo objeto de conocimiento es la labor del docente, el estudio y reflexión de su práctica (p.69).

Partiendo de esa definición, se introduce el concepto de docente investigador, desde el cual se reconstruyen y fundamentan las nuevas corrientes pedagógicas contemporáneas pues es la reflexión continua del proceso de enseñanza la que ha conducido a cambiar el protagonismo docente por el del estudiante, el trabajo individualizado y competitivo por el trabajo colaborativo y la aparición del discurso de la formación humana como eje central del proceso educativo (Suárez, 2000, pág. 43). Pero es importante aclarar que el hecho de que el docente no sea el centro del proceso de enseñanza aprendizaje en corrientes como el paradigma ecológico, la pedagogía crítica o el constructivismo, la importancia de su papel no se reduce, por el contrario, lo convierte en un mediador indispensable entre la escuela, el contenido y el contexto, dándole

a la educación un sentido relevante en la transformación y cambio de la sociedad (Suárez, 2000, pág. 46).

Pero si para las nuevas corrientes pedagógicas el docente no es el centro del proceso de enseñanza aprendizaje ¿dónde radica la importancia de su papel? ¿Cuáles son sus contribuciones?

Para intentar dar respuesta a estos interrogantes, se recoge la visión de Suárez (2000) cuando habla del papel de docente en las pedagogías críticas, argumentando el aporte del profesor “como líder de un movimiento crítico en sus prácticas que establece un diálogo con los estudiantes y con el mundo, atendiendo a las preocupaciones sociales, culturales y fundamentalmente políticas de la comunidad para con la escuela” (p.47). En otras palabras, el docente, media entre los intereses de los estudiantes y la propuesta curricular considerando la formación en valores. En cuanto a su principal contribución, puede decirse que se enmarca en la capacidad de desencadenar procesos de aprendizaje y focalizar esfuerzos en el aprendizaje del aprendizaje, es decir, orientar al estudiante en la creación de su propio conocimiento (Garrido, 2006). Tarea que se ha hecho aún más visible con la llegada de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al contexto educativo, y que al mismo tiempo ha remarcado la importancia del docente para la orientación y mediación de los procesos en los que éstas se involucran, en especial, los procesos pedagógicos.

Al hablar de mediación se hace referencia al papel que debe ejercer el docente para reconciliar la capacidad de selección, clasificación, discernimiento e interpretación que debe adquirir el estudiante frente a la innumerable cantidad de información disponible en los recursos electrónicos. No es un secreto que las TIC trajeron consigo volúmenes de información muy elevados, pero no todos con un contenido científico y de calidad; precisamente en ese mundo de autonomía, interactividad, trabajo independiente y autoaprendizaje que se ofrece con las TIC, la función del docente se ha hecho indispensable porque debe “educar en la escuela” (Garrido, 2006, pág. 248), es decir, debe educar al estudiante para que no tome el conocimiento como la simple adquisición de información sino que entienda que el verdadero conocimiento conlleva responsabilidad crítica y focalización del aprendizaje, para no caer en la maquinaria de conocimiento-información que mueve la economía del mundo actual.

El segundo papel que debe ejercer el docente frente a las TIC, en especial frente a actividades de carácter gamificado, consiste en la selección adecuada del material, de tal forma que no se pierda de vista la verdadera finalidad de estas actividades que es el aprendizaje y no la diversión

y no se caiga en la trampa de un juego divertido, pero del cual no se aprende nada (Foncubierta & Rodríguez, 2014).

El tercer papel que ejerce el educador como mediador ante los saberes que ofrecen las nuevas tecnologías, se fundamenta en impedir la pérdida del sentido humanizador en el proceso formativo (Suárez, 2000, p.51) y con esta mediación, es importante realizar una reflexión sobre el porqué no se debe permitir el desplazamiento de la escuela y con ella el maestro para cambiarlo por las dinámicas ofrecidas por las tecnologías. La socialización ha sido un proceso vital a través del desarrollo y evolución humana, fue la capacidad de comunicar uno de los mayores progresos dentro de los primeros homínidos, pero más allá de ella, se incluyen los procesos relacionales y de conocimiento del otro, de la cultura y de su contexto lo que llevó a los más grandes desarrollos.

En nuestro caso como docentes es fundamental formarnos en las TIC de forma crítica y responsable, asumir el papel de mediadores y conservar la formación humana dentro del proceso de los estudiantes, conociendo sus particularidades y su entorno. La invitación es a embarcarnos en el conocimiento de las tecnologías que rigen la cotidianidad, pero con el sentido crítico y humanizador que ellas exigen.

Las situaciones problema y el contexto como mediadores del aprendizaje

Las situaciones problemas como lo expresa Berritzegune (2016) son una estrategia de enseñanza en la que se presenta al estudiante información contextualizada para resolver una tarea cuya respuesta no está implícita y presenta situaciones complejas y significativas, por lo que la construcción de su solución, requiere la capacidad de integrar los conocimientos y aplicarlos ante el contexto presentado.

Polanco (2011) expone que las situaciones problema son una alternativa pertinente para abordar la problemática de la pérdida de la integración de la actividad científica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Dicha pertinencia, se debe a que las situaciones problema plantean diversidad de actividades y herramientas que ayudan a la construcción del conocimiento y a fortalecer el pensamiento científico, característico de un aprendizaje significativo, crítico y con una imagen de ciencia más cercana a la realidad.

Considerando lo anterior, se refleja la importancia del contexto en las situaciones problema, entendido como las situaciones que le son familiares o de interés al estudiante, desde las cuales existe un conocimiento previo que será base para el nuevo conocimiento y que sólo es significativo cuando existe una interacción dialéctica entre ambos.

Retomando a Chamoso y Herrero (2003), p.17:

“la labor del docente debe privilegiar la creación de un contexto que incremente las posibilidades de que los alumnos generen ideas poderosas. Para ello debe elegir tareas adecuadas que permitan: promover el diálogo en la clase y la organización de trabajo en grupos; crear un ambiente de aprendizaje que enfatice la resolución de problemas, la comunicación y el razonamiento; y desarrollar la capacidad de analizar el aprendizaje de los estudiantes y la propia enseñanza”.

Lo anterior, manifiesta la importancia de crear en la enseñanza, situaciones problema un hilo conductor de aprendizaje enfocado en escenarios cotidianos, de tal forma que el conocimiento pueda convertirse en un factor motivacional y con significado potencial para el estudiante, al encontrar respuesta a la pregunta usual ¿para qué me sirve? y conduciendo a la profundización y aplicación práctica de los contenidos escolares.

El trabajo colaborativo

Según Laal y Laal (2011) se conoce como trabajo colaborativo a las “estrategias educativas que involucran a grupos de estudiantes trabajando juntos para resolver un problema, completar una tarea o crear un producto”.

Pero no podemos reducirlo a un simple trabajo en equipos, pues para que el proceso de trabajo colaborativo se desarrolle de forma adecuada, se requiere que los estudiantes tengan un conocimiento básico sobre la inquietud a resolver, capacidad de respeto y escucha de la opinión de sus compañeros y al mismo tiempo, convicción para debatir, defender sus ideas (Sinivas, 2011) y realizar así, una construcción más elaborada.

Chamoso y Herrero (2003), en la página 18 al hablar del trabajo colaborativo señalan que éste ofrece un importante estímulo a la creación intelectual, a la motivación al logro, lo que permite analizar los problemas con mayores y mejores criterios (Gutierrez & Ysela, 2020, p.9).

Se ha demostrado también, que el trabajo colaborativo facilita un aprendizaje inclusivo, promoviendo ofertas educativas más completas y una educación más justa (Gutierrez & Ysela, 2020, p.9).

Consideraciones sobre la enseñanza de los ácidos nucleicos

En el rastreo de la información para detectar posibles dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los ácidos nucleicos, se encontraron varios aspectos que generan dificultad de comprensión del tema.

Entre las principales dificultades se encuentra el lenguaje empleado en la enseñanza de los ácidos nucleicos, catalogado como abstracto, complejo y de difícil comprensión (Pereira de Barros & Martins, 2004; Rodríguez, 2014; Íñiguez, 2005), además, estudios han demostrado la dificultad para comprenderlos, analizarlos en su forma tridimensional y extrapolarlos a situaciones cotidianas (Batista, 2019); (Deweese, Osheroff, & Osheroff, 2008); (Hernández, Barrera, Mendoza, & Peña, 2017); (Rodríguez, 2014).

Pero las dificultades en cuanto a la enseñanza de la genética, -específicamente los ácidos nucleicos- no sólo se limitan a dificultades de comprensión en los estudiantes, sino que también involucran a los docentes en situaciones en la que se encuentra predominio de la enseñanza tradicional (Ayuso & Hernández, 2002), de desconocimiento de la cultura escolar o en momentos en los que se presenta el tema de forma fragmentada, es decir, cuando en el proceso de enseñanza no se asocia las características y procesos de los ácidos nucleicos con su estructura química -la cual es objeto de estudio en años posteriores al trabajar el tema de las biomoléculas-, lo que genera una percepción de que fueran procesos aislados, cuando en realidad son un conjunto y ocurren de forma simultánea (Rodrigues y Vieira, 2015).

Consecuentes con lo anterior, son muchos los estudios reportados en búsqueda de estrategias didácticas que mejoren la comprensión y el gusto de los estudiantes por este tema. Como ejemplo de algunas de ellas, se presentan:

Abreu, Castello, y Vianna (2011), despliegan una propuesta de construcción de un modelo didáctico tridimensional para la estructura del ADN y el ARN a partir de materiales de bajo costo. Bastidas y Oliveros (2018) exponen una propuesta de enseñanza para la biología molecular, que involucra situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio de tipo artesanal contribuyendo al desarrollo de competencias de pensamiento científico.

Said, Acevedo, Urzúa, Cifuentes y Sepúlveda (2013) idearon un proyecto mediante la realización de módulos experimentales en biología molecular y biotecnología, en los que los estudiantes resolvieron la situación problema de aislar, clonar y expresar un gen de interés, mostrando resultados positivos en cuanto a transposición didáctica y difusión del conocimiento.

Becerra Murillo (2013), presenta en su tesis de maestría una propuesta para abordar los ácidos nucleicos con el estudio de un caso forense, en el que los estudiantes deben identificar la víctima y encontrar el culpable de un asesinato, apoyado en artículos de revista de corte científico y finalizando con el modelamiento de la molécula.

Otras propuestas, han implementado el uso de las TIC para mejorar la competencia científica de los estudiantes con el uso de herramientas como modelado, métodos de laboratorios, simuladores, animaciones, diversas fuentes de información (Potyrala & Wolek, 2005), uso de smartphones, tablets, asociados al uso de códigos QR en estrategias de gamificación (Batista, 2019), multimedias, wikis, sistemas de gestión de aprendizaje, foros (Iturriago, 2011), programas interactivos como scratch (Rodriguez, 2014)

Rodrigues y Vieira (2015) crearon un aplicativo con información contextualizada y creativa sobre las biomoléculas, dentro de las que se encontraba el estudio de los ácidos nucleicos. Los resultados muestran eficiencia como herramienta de apoyo que favorece la consolidación de los conocimientos.

Hernández y otros (2017) presentan un manual y una estrategia para la enseñanza de la estructura de las moléculas de la vida en 3-D mediante el uso de herramientas en internet. Su propuesta, se basa en el uso de los paquetes bioinformáticos Marvin y PyMOL y el uso del servidor I-TASSER, con el fin de dibujar, modelar, visualizar las estructuras tridimensionales de metabolitos, ácidos nucleicos y proteínas.

El uso de las TIC se ha extendido a estudios de mayor profundidad como en el trabajo realizado por (Villalobos, y otros, 2013), quienes presentan una estrategia para el análisis de ácidos nucleicos con el uso de la herramienta bioinformática empleando el software PseInt, mostrando mayores niveles de asimilación y comprensión.

Cardellá, Companioni, Hernández, Briggs y Gómez (2009) realizaron un trabajo de investigación basado en la educación con multimedia a través de computadoras (Computer-Based Multimedia). Consistía en softwares educativos con herramientas que integraban voz, sonidos, imágenes, video, animaciones, interacción, para abordar diversos temas entre ellos, las propiedades y funciones de los ácidos nucleicos y sus procesos. Sus estudios mostraron que se garantizaba la finalidad didáctica, la interactividad y la retroalimentación.

Davenport et al (2017) desarrollaron un modelo flexible de una cadena polipeptídica usando tecnología de impresión 3-D.

CAPÍTULO V. Propuesta de enseñanza

La presente propuesta de enseñanza está fundamentada en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales, establecidos para Colombia por el Ministerio de Educación Nacional en el año 2006. Es allí donde se establecen los conocimientos que los estudiantes de Colombia, sin distinción geográfica, deben saber y saber hacer (MEN, 2006)

Los estándares establecidos para la enseñanza de los ácidos nucleicos y evolución y que serán abordados con la propuesta de enseñanza, se enuncian en la tabla 5

Tabla 5

Estándares básicos de competencias asociados a la propuesta de enseñanza (Tomada de MEN, 2006, p.138)

Estándar	Acciones concretas de pensamiento y producción asociados a la propuesta de enseñanza
1. Explico la variabilidad en las poblaciones y la diversidad biológica como consecuencia de estrategias de reproducción, cambios genéticos y selección natural.	1.1 Reconozco la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario. 1.2 Establezco relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares. 1.3 Identifico la utilidad del ADN como herramienta de análisis genético.

	1.4 Argumento las ventajas y desventajas de la manipulación genética.
2. Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas.	2.1 Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos. 2.2 Establezco relaciones entre mutación, selección natural y herencia.

Considerando lo anterior, se presenta la secuencia de la propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos. Dicha secuencia, se encuentra organizada en nueve guías distribuidas de la siguiente manera: una guía de conceptos previos, siete guías correspondientes a herramientas conceptuales y metodológicas para acceder al conocimiento y las dos restantes corresponden a actividades de formación del pensamiento científico, pues requieren de un nivel de análisis más profundo en cuanto a la información suministrada, el uso de herramientas bioinformáticas y el trabajo colaborativo. En la tabla 6 se presenta un resumen del diseño general de la propuesta.

Tabla 6

Diseño general de la propuesta de enseñanza

GUÍA	NOMBRE DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS	RESUMEN DE LA PROPUESTA	ACCIÓN CONCRETA DE PENSAMIENTO Y PRODUCCIÓN
0. Indagación de conceptos previos	Exploremos tu información sobre el código de la vida y sus implicaciones	Se propone un breve cuestionario de diagnóstico, que permita reconocer los conocimientos previos que tienen los estudiantes en relación a los temas a trabajar.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1 Y 2.2
1. Concepto y estructura de los ácidos nucleicos	¡Conozcamos el código de la vida!	Se proponen una serie de videos educativos animados para familiarizarse de forma muy sencilla con los conceptos ADN, ARN y sus estructuras. A partir de allí, se generan unas preguntas textuales y unos ejercicios relacionados con la estructura de los ácidos nucleicos. Finalmente, se presenta el contexto de las vacunas fabricadas a partir de ácidos nucleicos, con éste, se pretende que el estudiante reconozca la importancia de conocerlos y estudiarlos para aplicar su conocimiento en la solución de problemáticas actuales como lo es la pandemia por Covid-19.	1.1

2. Procesos de los ácidos nucleico: síntesis, transcripción y traducción	Constructor de monstruos	<p>Se proponen dos simulaciones relacionadas con el proceso de síntesis y transcripción, de modo que identifiquen las enzimas participantes y su función en el proceso.</p> <p>Para la traducción, con una corta historia y empleando el juego gratuito “Constructor de monstruos” de Arizona State University, se pretende que los estudiantes a través de la gamificación, asocien de forma dinámica las condiciones presentadas en el juego con los conceptos relacionados con la traducción o síntesis de proteínas y el uso y lectura del código genético.</p> <p>Se pretende que logren hacer la contextualización del contenido desde el juego hasta el objeto de estudio genético y finalmente, resuelvan unas preguntas y ejercicios.</p> <p>Nota: El juego Constructor de monstruos puede desarrollarse en línea o puede crearse un conjunto de hojas de trabajo para aquellos que no cuentan con computador.</p>	1.2
3. Mutaciones	Errores en los procesos: mutaciones	Para comprender de una forma simple el concepto de errores en la codificación por inserción, deleción o error en el nucleótido correspondiente, se propone el juego	

4. Expresión génica, estructuras proteicas	Curiosidades fluorescente	<p>“mutation” disponible en la página de Learning of education.</p> <p>Posteriormente, se proponen una serie de preguntas relacionadas con el juego.</p> <p>Se propone una simulación contextualizada en la medusa verde y la proteína GFP. Se propone la lectura del contexto y posteriormente, se da a los estudiantes la secuencia del gen que codifica para la proteína GFP (Proteína fluorescente verde, por sus siglas en inglés), tomada de información oficial reportada en la página del NCBI (National Center for Biotechnology Information) y con ella, se propone usar la herramienta de traducción de <u>Expasy</u> que usarán posteriormente para construir el modelo en 3-D de la proteína GFP, haciendo uso del servidor de modelado gratuito Swiss model. Posteriormente, se les sugiere modelar una nueva proteína, la YFP (“Protein fluorescente amarilla” por sus siglas en inglés) y posteriormente compararlas.</p> <p>Lo anterior, pretende que el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none">• Identifique que la diferencia entre ambas proteínas se encuentra en unos pocos aminoácidos.	1.2, 1.3 Y 1.4
---	---------------------------	---	-----------------------

- Identifique los tipos de estructuras presentes en las proteínas (primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria)
- Identifique qué consecuencias puede traer un cambio, una delección o una adición de una fracción de nucleótidos en la expresión génica; indicando si se altera o no la función de la proteína y la clasifique dentro del tipo de mutación correspondiente (silenciosa, conservadora, no conservadora, sin sentido o cambio en número de bases diferente a un múltiplo de tres).

5. Epigenética

¡Nutre tu naturaleza!

Se propone el juego de epigenética ¡Nutre tu naturaleza!, del programa ¡Pongámonos saludables! de la Universidad de Ciencias y Salud de Oregon. El juego, presenta un interactivo en 4 niveles a través del cual se aborda el concepto de epigenética y su diferencia con la mutación, en el sentido en que los cambios epigenéticos no afectan la secuencia de nucleótidos (genotipo), pero sí afectan el fenotipo de los organismos al favorecer o no la expresión génica (activación e inactivación de genes). Conduce también al estudiante a la reflexión sobre la influencia de los factores epigenéticos como la alimentación, el estrés,

2.1

el descanso y la exposición a un ambiente saludable en la expresión de los genes.

6. Generalidades de la evolución La visita de Marcos

Se presenta un minicorto de la serie Los Simpson; llamado la “Evolución de Homero”. Con este video, se pretende introducir una idea errónea y a partir de allí, mediante unas preguntas orientadoras, dar apertura a la indagación de conceptos previos de los estudiantes con respecto al concepto de evolución y sus implicaciones.

2.1

Posteriormente, se procede a presentar el concepto de evolución mediante la historia de Marcos, un curioso niño que visita un museo y que a través del recorrido comprende el concepto de evolución, el error frecuente de entenderla como progreso y de creer que la especie *Homo Sapiens* es la más evolucionada y el fin último de la evolución. A través de la historia se ejemplifica una actividad para comprender la importancia de las dimensiones en la escala evolutiva y el criterio de descendencia común para emparentar biológicamente algunas especies.

Finalmente, se presentan una serie de simulaciones sobre los mecanismos evolutivos más comunes y se generan preguntas puntuales sobre cada mecanismo.

7. Proceso de evolución de los homínidos	Una visita virtual por la evolución humana	por	Se propone una visita virtual por la sala de los orígenes humanos del Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, donde se pueden explorar diferentes homínidos. Se realizan unas preguntas generales sobre el recorrido y posteriormente, se pide centrar la atención en dos especies de homínidos con sus características fenotípicas y comportamentales.	2.2
8. Relación de evolución de los homínidos y ácidos nucleicos	Encontrando las diferencias	las	Se presenta un fragmento del capítulo: Alquimia genómica: ¿un quiebre en nuestra evolución? del libro “La lógica de los genomas” de Miguel L Allende, y se continúa la historia con otras alteraciones en genes que han generado diferencias entre algunos homínidos y que han sido consideradas como contribuyentes a la evolución. A partir de allí, se selecciona una secuencia específica de un gen para comparar entre especies de homínidos y algunas aves parlantes, para que en grupos colaborativos y usando las herramientas bioinformáticas similares a las trabajadas en la guía de la proteína de la fluorescencia, procedan a comparar las secuencias, encontrar las diferencias y establecer las implicaciones que posee el	2.1 Y 2.2

cambio de uno o más tripletes del ADN en una función como el lenguaje y su relación con los cambios evolutivos en cuanto al rasgo determinado por el gen.

GUIA INTRODUCTORIA

INDAGACIÓN DE CONCEPTOS PREVIOS

EXPLOREMOS TU INFORMACIÓN SOBRE ÁCIDOS NUCLEICOS Y SUS IMPLICACIONES

Con el objetivo de tener una idea sobre lo que sabes o has escuchado del tema de ácidos nucleicos y evolución, te enfrentarás a continuación, a un test de preguntas de selección múltiple cuyas respuestas no serán evaluadas como buenas y malas sino simplemente si están en la dirección correcta del objeto de conocimiento.

Ácidos nucleicos y epigenética

1. Selecciona la oración correcta.

- a. La complejidad de los organismos está directamente relacionada con la cantidad de ADN presente en su genoma
- b. La complejidad de los organismos no depende de la cantidad de ADN presente en su genoma

2. Selecciona las oraciones que consideres correctas

- a. Todas las formas de vida se encuentran constituidas por los mismos ácidos nucleicos
- b. Cada organismo presenta ácidos nucleicos diferentes, de acuerdo a su complejidad
- c. Todos los organismos vivos presentan ácidos nucleicos diferentes
- d. Los procesos evolutivos han hecho que las secuencias de ADN difieran en todos los organismos

3. Si en una hebra de ADN se encuentra un 56.7% de Adenina lo más probable es que se encuentre un porcentaje similar de:

- a. Guanina
- b. Citosina
- c. Timina
- d. Uracilo

4. Cuando se habla de mutación genética, se hace referencia a cambios en la secuencia de ADN que pueden ser benéficos, perjudiciales o no generar ninguna alteración en el funcionamiento normal del organismo. Teniendo en cuenta lo anterior, podría decirse que la afirmación correcta es

- a. Existen diferentes tipos de mutaciones que dependiendo de la magnitud del cambio en la cadena de ADN y el tipo de célula en la que se lleve a cabo puede o no alterar la función de la proteína y el organismo.

- b. Las mutaciones genéticas siempre son perjudiciales para los organismos porque son las responsables de múltiples enfermedades y deformaciones.
- c. Las mutaciones no interfieren en el desarrollo normal de los organismos, porque dichas modificaciones en el ADN, no son suficientes para modificar el fenotipo de un organismo.
- d. Las mutaciones de los organismos sólo se presentan por el efecto de radiaciones solares y ultravioleta.
5. Dos gemelos idénticos, meses después de su nacimiento son separados y llevados a vivir en familias y ambientes diferentes. ¿Qué crees que sucedería si se reencuentran 15 años después?
- A. Ambos serían física y comportamentalmente iguales
- B. Su apariencia física sería la misma, pero sus comportamientos diferentes
- C. Algunos rasgos físicos y comportamentales podrían ser diferentes
- D. No sabe/ no responde
6. La regulación génica es el proceso mediante el cual algunos genes se activan o inactivan permitiendo procesos como la diferenciación celular. En los últimos años, el estudio de la regulación génica ha demostrado que factores como la comida, el estrés, las horas de sueño y las condiciones ambientales pueden cambiar la forma en la que los genes se “encienden” y se “apagan” (expresión génica). Considerando lo anterior, sería válido afirmar que:
- a. La expresión de los genes es influenciada por el ambiente, a tal punto que permite modificar funcionalidad de algunas proteínas
- b. La expresión de los genes sólo puede verse alterada por cambios en la secuencia de nucleótidos o por cambios en el número de cromosomas.
- c. Factores ambientales extremos encienden la funcionalidad de algunos genes que se encontraban apagados en condiciones más favorables
- d. La comida es el único factor que puede encender y apagar la expresión de un gen
7. Una abeja reina es genéticamente idéntica a otras abejas de su colmena, pero se convierte en reina debido a una alimentación especial. De acuerdo con lo anterior es válido afirmar:
- a. La comida es un factor ambiental que influye en la expresión de las características físicas y comportamentales
- b. Una alimentación especializada en abejas enciende la expresión de genes característicos de la abeja reina.
- c. Cualquier abeja de la colmena al consumir la alimentación especial, podría convertirse en reina

- d. La alimentación no influye en el desarrollo de la abeja reina en una colmena
8. Todas las células de un organismo contienen todos los genes, pero, no los expresan todos porque:
- a. Requieren diferenciarse y adquirir su función específica
 - b. Algunos genes están inactivos, es decir no se transcriben
 - c. Sólo se expresan los genes que el organismo necesita para sobrevivir
 - d. Todos los genes de un organismo se expresan mientras esté vivo
9. Imagina que una persona desea conocer la inteligencia y estado de salud que tendrá su futuro hijo, para ello, contrata a un famoso genetista y le entrega la secuencia del genoma del bebé. ¿Cuál crees que será la posible respuesta del experto?
- a. Por supuesto, realizaré los análisis del genoma de su bebé y tendré información confiable sobre el coeficiente intelectual del bebé y las posibles enfermedades que puede sufrir.
 - b. Por supuesto, con la secuencia del genoma podremos conocer toda la información sobre la vida, aptitudes y actitudes de su bebé.
 - c. No es posible conocer su inteligencia, pero puedo suministrarle información sobre mutaciones letales y deletéreas, que podrían afectar la salud del bebé.
 - d. No es posible determinar esas características con la información genómica del bebé.

10. Pregunta de argumentación:

¿Consideras que la solución para mejorar la calidad de vida humana podría estar representada en la ingeniería genética, considerándola una tecnología herramienta avanzada, ética y segura que podría corregir o mejorar el genoma humano? Argumenta tu respuesta.

Evolución

Observa la imagen y responde las preguntas 11 a 13

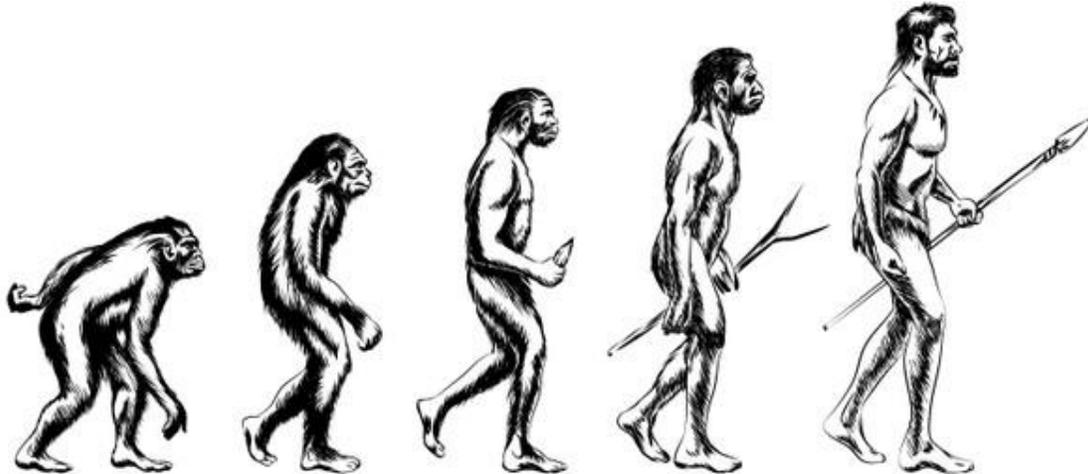


Imagen tomada de: <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/animal>>Vector de Animal creado por macrovector - www.freepik.es

11. La expresión que mejor explica la imagen anterior es:

- a. El hombre actual proviene de los simios y es la especie más evolucionada
- b. Tanto el hombre actual como los otros homínidos provienen de un ancestro común
- c. El hombre es el fin último de la evolución por ser la especie más desarrollada
- d. El simio es una especie menos evolucionada que dio origen a una especie superior como lo es el hombre

12. Los procesos evolutivos se llevan en períodos de tiempo muy largos y requieren de dos características; que la especies provengan de un ancestro común y que tengan descendencia. Si tuviéramos en cuenta lo anterior, ¿sería posible que un humano evolucione durante el período de tiempo que dura su existencia?

- a. Si. Algunos individuos pueden generar a lo largo de su vida características que le permiten mayor supervivencia en su entorno.
- b. Si. Con frecuencia observamos cambios rápidos en nuestro alrededor y mucho más en estos tiempos donde el cambio climático ha obligado a las especies a evolucionar.
- c. No. La evolución ocurre lenta y gradualmente, por lo que una sola vida no sería tiempo suficiente para observar los cambios
- d. No. Se requiere que la característica que cambió en el individuo afecte la composición genética y sea pasada a sus descendientes, por lo que solo las poblaciones tienen la capacidad de evolucionar.

13. ¿Por qué razón los organismos evolucionan?

- a. Para convertirse en especies más desarrolladas a medida que avanzan en la escala evolutiva
- b. Para mejorar sus condiciones de vida y tener una mayor probabilidad de supervivencia
- c. Para adaptarse a las condiciones cambiantes de su entorno
- d. Por producto del azar, que puede modificar la información genética responsable de algunas características que se convierten en favorables para el entorno en el que la especie se encuentra

14. Existen mecanismos mediante los cuales se favorecen los procesos evolutivos, que son más visibles cuanto más pequeña sea la población. Teniendo en cuenta el enunciado anterior cuál de las siguientes afirmaciones consideras correcta:

- a. Para que se lleve a cabo el proceso evolutivo, el organismo que posee la mutación debe adaptarse a su entorno.
- b. Para que el proceso evolutivo pueda presentarse es obligatorio que la mutación sea favorable en su entorno y deje descendientes con la mutación
- c. Cuando una población es pequeña, la variabilidad genética obligatoriamente se ve alterada con unos pocos individuos que presentan mutación.
- d. El tamaño de la población no influye en los procesos evolutivos

15. Pregunta abierta

¿Consideras que el hombre (*Homo sapiens*) es la especie más evolucionada y el fin último de la evolución? Argumenta tu respuesta.

GUIA N°1 CONCEPTO Y ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Propósito de la guía: Reconozco la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario.

Conociendo un poco sobre los ácidos nucleicos: el ADN y el ARN

1. Ingresa a los siguientes link y observa con atención los videos sobre el ADN y el ARN
<https://www.youtube.com/watch?v=8wUZZ03qGz8&t=364s>
https://youtu.be/JQByjprj_mA (se sugiere activar la opción de subtítulos en español)
2. **Responde las siguientes preguntas con la información de los videos**
 1. ¿Qué formas presentan el ADN y el ARN y en qué lugares se encuentran?

2. ¿El número de cromosomas nos permite diferenciar una especie de otra? Justifica tu respuesta
3. ¿Cómo están formadas las estructuras del ADN y del ARN?
4. ¿Qué tipos de ARN existen y qué función cumplen en el organismo?

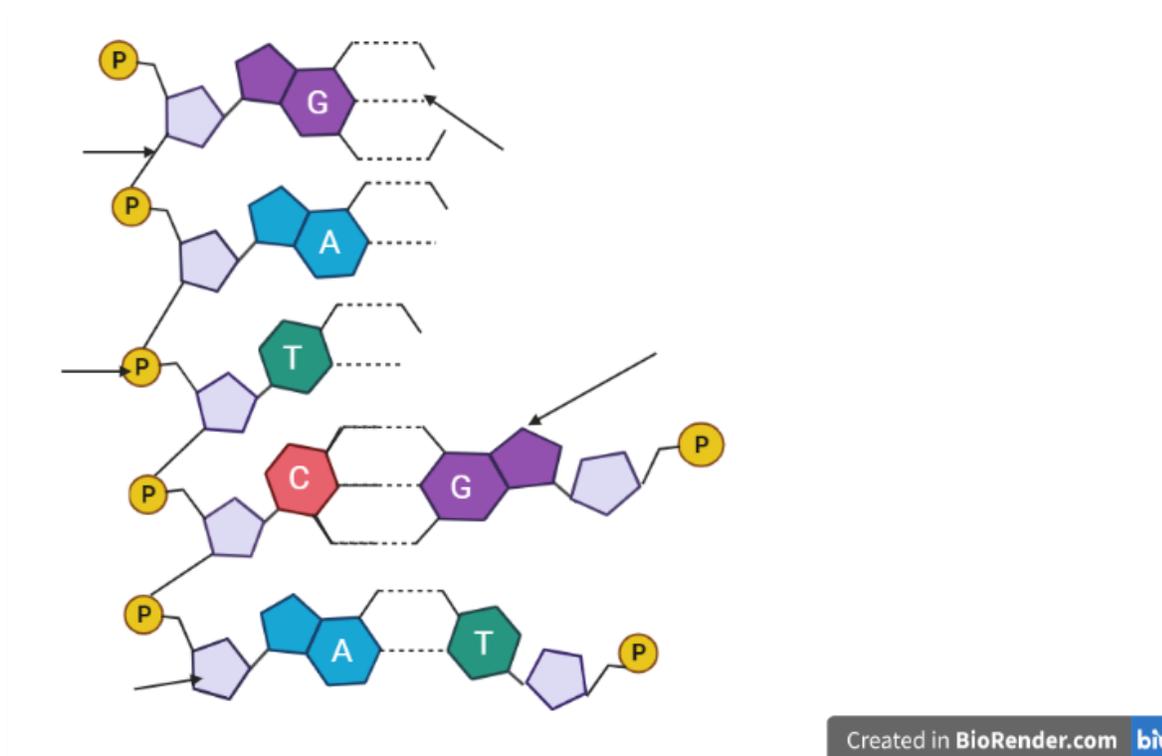
1. Complete el siguiente cuadro comparativo

Tabla 7

Cuadro comparativo ácidos nucleicos

CARACTERÍSTICA	ADN	ARN
Número de cadenas		
Lugar donde se encuentra		
Procesos en los que participa		
Bases nitrogenadas		
Azúcar que lo conforma		

Dibuja la cadena de nucleótidos complementaria a la de la figura 1 y escribe los nombres de las cinco estructuras señaladas.

Figura 1**Hélice de ADN para completar****1. Contextualicemos un poco lo aprendido****Vacunas de ácidos nucleicos**

Las vacunas son compuestos químicos o biológicos que se emplean para prevenir enfermedades. Aunque existen diferentes tipos de vacunas, éstas se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a la tecnología de producción: vacunas clásicas y vacunas de nueva generación.

Las vacunas clásicas son aquellas en las que se emplean virus inactivos, muertos o atenuados o un fragmento de estos para su elaboración y posterior aplicación por inyección al paciente (algunas de forma oral), para que posteriormente, la célula empiece el proceso de respuesta que consiste en producción de anticuerpos y células citotóxicas. Dentro de las vacunas de nueva generación, tenemos las de ADN y de ARN que se obtienen por la clonación del fragmento que

codifica el antígeno de interés en un plásmido, el cual posteriormente, es inyectado en el paciente para que las células reconozcan, empiecen a producir el antígeno y activen las diferentes rutas de respuesta (Ortíz y Sanz,2021).

Actualmente, para la infección por covid-19, se emplean vacunas de ARNm monocatenario, que según Ortiz y Sanz (2021) “consisten en un fragmento de ARNm que codifica el antígeno de interés, y que es transportado mediante la inyección en el sujeto vacunado hasta las células”.

Para el caso del covid-19, dicho fragmento hace referencia al gen que codifica para la proteína S, de modo que la célula pueda reconocerla y activar el mecanismo de respuesta.

Las ventajas que presentan este tipo de vacunas están asociadas a su alta respuesta, su facilidad y rapidez de producción y sus menores costos de producción en relación a las vacunas tradicionales. Entre las desventajas, encontramos el desconocimiento sobre la seguridad de la vacuna (es la primera vez que este tipo de tecnologías son empleadas en fase III en humanos, incluso se han propuestos otros métodos para evaluar su seguridad, diferentes a los establecidos para las vacunas tradicionales). Además, de la inestabilidad y fragilidad para introducirlas en las células y los procesos de manejo y transporte que son más complejos que los de las vacunas clásicas.

Actividad de profundización

De acuerdo con la información presentada en el texto y lo que has aprendido sobre ácidos nucleicos, responde **las siguientes preguntas argumentando claramente tus respuestas**.

1. ¿En un contexto como el que se vive actualmente a causa de la pandemia por Covid-19, consideras adecuado el uso de la vacuna de ARNm aun con las limitaciones que presenta en relación a su seguridad y conocimiento?
2. ¿De qué forma el conocimiento de los ácidos nucleicos y su aplicación en la producción de vacunas contribuye a mejoras en la calidad de vida de las especies y en cuáles ocasiones representan una amenaza?

GUIA N°2 PROCESOS DE REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN

El ADN se encuentra en el núcleo celular y no puede salir de él, por lo que requiere de la ayuda de otras moléculas como el ARN para fabricar las proteínas y comunicar la información precisa a las células. Para ello, realiza tres procesos: replicación, transcripción y traducción.

Veamos cada uno de ellos:

Replicación o duplicación

Ingresa al link y realiza un recorrido por el interactivo <https://aulaenred.ibercaja.es/contenidos-didacticos/adn-alfabeto-la-vida/replicacion-del-adn-5024/>

Luego, ingresa a la simulación del proceso de replicación y observa el paso a paso y las enzimas involucradas

<http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/replic/replic7.html>

Responde:

1. ¿Por qué motivo debe llevarse a cabo el proceso de síntesis o duplicación del ADN a nivel celular?
2. Escribe en tus palabras en qué consiste el proceso de replicación
3. Resume los pasos en los que se lleva a cabo el proceso de duplicación del ADN

Transcripción

1. Ingresa al link que se registra a continuación y realiza un recorrido por el interactivo.
<https://aulaenred.ibercaja.es/contenidos-didacticos/adn-alfabeto-la-vida/trascripcion-del-adn-5176/>
2. Para observar el paso a paso del proceso de transcripción, ingresa al siguiente link
https://www.labxchange.org/library/pathway/lx-pathway:96f88863-df68-49da-b59d-7e2bc329e2b2/items/lx-pb:96f88863-df68-49da-b59d-7e2bc329e2b2:lx_simulation:32acd702
3. Da click en iniciar simulación y espera unos minutos
4. Al cargar la imagen, haz click en transcribe y observa la simulación.

Responde:

- a. ¿Qué cambios en la conformación de las parejas de nucleótidos observas en relación a las parejas establecidas en el proceso de replicación?
- b. ¿Qué secuencia de nucleótidos dio fin al proceso de transcripción en la simulación?
- c. Escribe en tus palabras en qué consiste el proceso de transcripción
- d. Posteriormente, da click en traducción y observa.

Traducción

Para entender mejor cómo se realiza la lectura de la secuencia de nucleótidos en la traducción a proteínas, lo observaremos a través del código para la construcción de un monstruo.

Instrucciones para construir un monstruo

La información genética de todas las características físicas, fisiológicas y comportamentales de los organismos se encuentra en los ácidos nucleicos, para que estas características se mantengan, se requieren de unos procesos con los que nos vamos a familiarizar a través de la historia “Cómo construir un monstruo”.

Para verla, ingresa al siguiente link: <https://askabiologist.asu.edu/c%C3%B3mo-construir-un-monstruo>

Actividad 2.1

Se pretende que logren hacer la contextualización del contenido desde el juego hasta el objeto de estudio genético. Como se propone en la tabla 8 y finalmente, resuelvan unas preguntas y ejercicios.

Tabla 8

Contextualización del juego al objeto de estudio

Juego	Objeto de estudio
Monstruo	Representa cualquier ser vivo
Instructivo en código para construir el monstruo	Código genético universal
Esferas y colores de las esferas (verde, rojo, amarillo y azul)	Representa los 4 nucleótidos que conforman el código genético de cualquier ser vivo (A, G, C, U)
Alineación de 3 esferas en distintas combinaciones	Representa grupos de 3 nucleótidos (codones), que determinan la secuencia de aminoácidos de la proteína
Grupos de alineaciones para dar característica del monstruo	Gen: Fracción de ADN que define rasgos específicos
Errores en la interpretación del código	Mutaciones

Preguntas del texto

1. De acuerdo con la lectura, ¿qué se requiere para la construcción de una casa o un ser vivo y en qué se materializan para cada uno?

2. ¿Cuántas combinaciones de tres esferas del mismo o diferente color pueden obtenerse a partir de 4 colores? ¿Qué relación guarda con las combinaciones que se presentan en el código genético?
3. ¿Cómo se define en el texto una mutación?

A continuación, te invito a que ingreses al siguiente link <https://askabiologist.asu.edu/constructor-de-monstruos-juego/play.html>

Donde podrás construir tu propio monstruo, al descifrar el código de colores que allí aparece. Para decodificar tu monstruo necesitas comprender el código que allí emplean, la pista se encuentra en la parte inferior.

Actividad previa

1. Adjunta una foto de tu monstruo
2. Describe el fenotipo de tu monstruo
3. ¿Cuál sería el genotipo de tu monstruo?

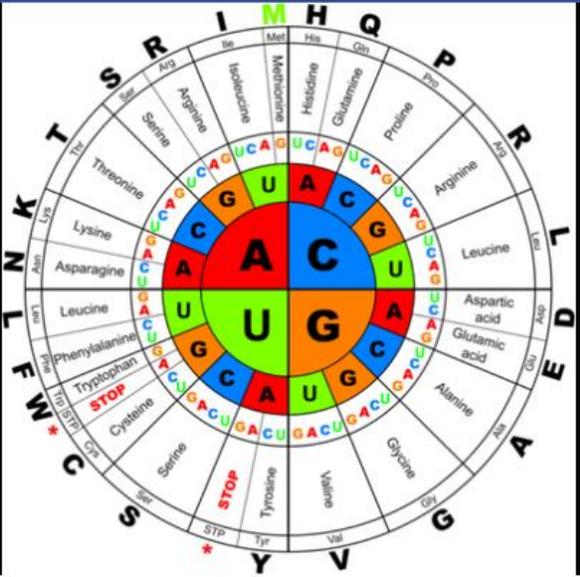
Contextualizando el juego

Así como para construir un gen de tu monstruo necesitabas de un código monstruo de letras - que era codificado por conjuntos de 3 bolitas de colores, que contribuía a alguna característica-, todos los seres vivos poseen un único código, llamado código genético, éste consta de secuencias organizadas de tres nucleótidos, que reciben el nombre de codones o tripletes. Cada triplete corresponde a un aminoácido y una secuencia de aminoácidos forma una proteína. En la Tabla 9 se observa el código monstruo y el código genético de todos los seres vivos.

Tabla 9

Comparación códigos monstruo y genético

Código monstruo	Código genético
<p>Clave</p>	

<p>Clave</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%;">●●● Q</td> <td style="width: 25%;">●●● d</td> <td style="width: 25%;">●●● ,</td> <td style="width: 25%;">●●● X</td> </tr> <tr> <td>●●● m</td> <td>●●● N</td> <td>●●● R</td> <td>●●● A</td> </tr> <tr> <td>●●● 3</td> <td>●●● S</td> <td>●●● H</td> <td>●●● e</td> </tr> <tr> <td>●●● 1</td> <td>●●● o</td> <td>●●● 2</td> <td>●●● n</td> </tr> <tr> <td>●●● P</td> <td>●●● u</td> <td>●●● l</td> <td>●●● M</td> </tr> <tr> <td>●●● G</td> <td>●●● C</td> <td>●●● a</td> <td>●●● V</td> </tr> <tr> <td>●●● 7</td> <td>●●● W</td> <td>●●● L</td> <td>●●● Z</td> </tr> <tr> <td>●●● z</td> <td>●●● 8</td> <td>●●● 5</td> <td>●●● i</td> </tr> </table> <p>tomada de: https://askabiologist.asu.edu/constructo-r-de-monstruos-juego/play.html</p>	●●● Q	●●● d	●●● ,	●●● X	●●● m	●●● N	●●● R	●●● A	●●● 3	●●● S	●●● H	●●● e	●●● 1	●●● o	●●● 2	●●● n	●●● P	●●● u	●●● l	●●● M	●●● G	●●● C	●●● a	●●● V	●●● 7	●●● W	●●● L	●●● Z	●●● z	●●● 8	●●● 5	●●● i	 <p>Imagen tomada de: https://m.facebook.com/biotecnologiaFCB/photos/a.1673910596003222/2656531917741080/?type=3&source=57</p>
●●● Q	●●● d	●●● ,	●●● X																														
●●● m	●●● N	●●● R	●●● A																														
●●● 3	●●● S	●●● H	●●● e																														
●●● 1	●●● o	●●● 2	●●● n																														
●●● P	●●● u	●●● l	●●● M																														
●●● G	●●● C	●●● a	●●● V																														
●●● 7	●●● W	●●● L	●●● Z																														
●●● z	●●● 8	●●● 5	●●● i																														

Lectura de los códigos

<p>Cada bola es portadora de una información, para el caso del código monstruo es un color específico.</p> <p>Tres bolas de colores codifican para una letra que posteriormente formará una palabra encargada de darle una característica al monstruo.</p> <p>El orden de la secuencia se lee de acuerdo a la disposición de cada color.</p> <p>Ejemplos: Tres bolas rojas codifican para la letra m</p>	<p>Cada nucleótido se encuentra representado con la letra de la base nitrogenada correspondiente, que puede ser A, U, G o C.</p> <p>Tres nucleótidos codifican para un aminoácido el cual está representado por una letra en el código genético y el conjunto de varios aminoácidos forma una proteína.</p> <p>El orden de la secuencia se lee del centro del círculo hacia la periferia.</p> <p>Ejemplos: Los nucleótidos AAA codifican para el aminoácido Lisina, cuya letra para el lenguaje genético es la K Los nucleótidos UCA codifican para el aminoácido serina, cuya letra para el lenguaje genético es la S</p>
--	--

Tres bolas de colores verde, roja y amarilla, en su respectivo orden, codifican para la letra p	
Particularidades	
El código monstruo consta de letras mayúsculas, minúsculas, espacios y signos de puntuación que forman la frase que señala la característica física codificada en el monstruo	El código genético tiene 4 codones que no necesariamente codifican para un aminoácido, sino que corresponden a señales de inicio y de parada de la traducción. Estos son: AUG (Metionina: señal de inicio) y UAG, UAA, UGA (señales de finalización).

Actividad contextualizada

Antes de iniciar, es importante decir que los procesos de replicación, transcripción y traducción tienen una dirección (polaridad), por lo que no es lo mismo leer una secuencia de ácido nucleico de derecha a izquierda que de izquierda a derecha. Es por ello que, para precisar la dirección de lectura, se nombran los extremos de la cadena como **3'** y **5'** indicando los carbonos del azúcar del nucleótido. Es de resaltar que la traducción ocurre siempre desde el extremo **5'** (inicio) hacia el extremo **3'** (finalización).

Ejercicio

La secuencia de bases de una de las hebras de un fragmento de ADN es:

3' – AATTACTGCCGGTTAATTCGT - 5'

Represente:

1. La cadena complementaria
2. El ARNm resultante de su transcripción
3. Los aminoácidos que codifica
4. Determine si la proteína se encuentra completa y explique.
5. Escribe dos secuencias posibles de anticodones, codones y de tripletes de bases en el ADN, para la siguiente secuencia de aminoácidos: Met–Ser–Gly–Thr

6. Consulta y completa la siguiente tabla con el nombre de las enzimas implicadas en cada proceso

Tabla 10

Enzimas presentes en los procesos de los ácidos nucleicos

Proceso	Enzimas participantes
Síntesis o replicación	
Transcripción	
Traducción	

GUIA N°3. ERRORES EN LOS PROCESOS: MUTACIONES

El constructor de monstruos nos introdujo el concepto de mutación, pero para comprender de una forma simple el concepto de cómo se presenta una mutación por errores en la codificación, se propone la actividad disponible en el siguiente link.

<https://app.legendsoflearning.com/join/YXNzaWdubWVudC02Nzc1MjU=>

- Regístrate como nuevo usuario en Sign up (puedes hacerlo creando un nombre de usuario y contraseña o mediante una cuenta de google).
- Te llevará a la pantalla donde ingresarás al juego asignado
- Espera unos segundos mientras carga el juego, posteriormente, debes dar click en NEXT para continuar a través de la presentación.
- Personaliza el avatar del juego (modificando color de piel, cabello y vestuario) de acuerdo a tus gustos. Cuando lo tengas listo debes dar click en “next” y asignarle un nombre.
- Presiona la opción “Finish” y espera unos segundos.

Observación: Los pasos anteriores sólo se realizan en caso de que el estudiante no tenga cuenta en la plataforma Legends of Learning, en caso de tenerla, basta con ingresar usuario y contraseña y dar click en la asignación correspondiente.

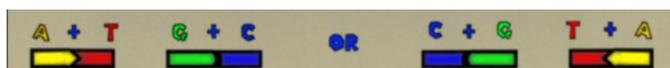
- Dirígete a la base “Mutation Creation” y presiona “start” para dar inicio al juego de mutaciones.
- Para jugar debes tener en cuenta la introducción al juego en la que se pregunta: ¿Por qué todas las células después de reproducirse no son las mismas? ¿Podrían las células tener diferente ADN?

- En algunas ocasiones en el proceso de síntesis del ADN resultan errores que nosotros llamamos “mutaciones”. Para entender cómo y por qué ocurren debemos observar el ADN.

La molécula de ADN está hecha en parte, de pares de nucleótidos



- Los cuales se emparejan cumpliendo la siguiente regla:



Considerando lo anterior, presiona en la parte inferior, el botón del nucleótido que se empareja correctamente con el nucleótido que se encuentra en la zona verde.

Después de jugar, resuelve la siguiente actividad.

Actividad

De acuerdo con lo observado en el juego responde las siguientes preguntas

1. ¿Cuáles son los tres tipos de errores que pueden presentarse en el momento de la replicación de ADN y en qué consiste cada uno?
2. Supongamos que se tiene el siguiente fragmento de una cadena de ADN:

3'-CCATTAGTGGGA-5'

Si por acción de una exposición a radiación, se presenta el siguiente cambio en la secuencia:

3'-CCGTTAGTGGAA-5'

Determina:

- a. Los codones que han sido modificados y los nuevos aminoácidos para los que codifican
 - b. ¿Qué efectos tienen estos cambios en la expresión de la proteína?
 - c. ¿Todas las modificaciones presentadas a nivel de nucleótidos pueden afectar la expresión de la proteína? Argumenta tu respuesta
3. ¿Existen mutaciones que puedan ser beneficiosas para los organismos? Argumenta tu respuesta
 4. ¿Qué consecuencias consideras podría tener una mutación en los organismos?

Observación:

Es importante aclarar que las mutaciones no sólo se presentan por cambios en las secuencias de nucleótidos, también pueden darse por deleciones y adiciones de nucleótidos, inversiones o traslocaciones que pueden afectar uno, miles o incluso millones de nucleótidos, pueden presentarse también a nivel del número de cromosomas o fracciones de genes

GUIA N° 4 EXPRESIÓN GÉNICA Y ESTRUCTURA PROTEICA

(PROFUNDIZACIÓN)

En la siguiente actividad, podrás aplicar los conocimientos alcanzados sobre el proceso de traducción de una secuencia de genes a proteína. Para ello, haremos uso de varias herramientas web gratuitas como lo son: swiss model, expasy translate e información del NCBI sobre genes de interés de las proteínas GFP y YFP.

Con esta actividad podrás también visualizar un modelo de proteína en estructura primaria, secundaria y terciaria.

Curiosidades fluorescentes

¡Hola! Soy Adenito

Hoy quiero contarte un poco sobre la medusa verde, conocida por los científicos como *Aequorea victoria*. Es una medusa que según Welter (2008) se asemeja en su forma a “un paraguas transparente con puntos verdes relucientes alrededor de su cuerpo” (p. 2). Los puntos verdes poseen una característica muy particular y de alto interés biotecnológico debido a su bioluminiscencia, lo que la ha hecho no solo atractiva visualmente, sino que además ha permitido realizar seguimiento a células vivas como las nerviosas y las cancerígenas.

Recuerdo que la profesora nos mencionó en clase que dicha bioluminiscencia era debida a la expresión de la proteína verde fluorescente o GFP, por sus siglas en inglés, “Green fluorescent protein”, y que se hacía evidente en el laboratorio al irradiarla con luz ultravioleta.

La proteína verde fluorescente consta de 238 aminoácidos y puede introducirse con facilidad en organismos vivos, pues no requiere de enzimas ni sustancias químicas adicionales para emitir luz (Welter, 2008, pág. 4), por lo que es ampliamente utilizada como marcador para gran variedad de proteínas de organismos vivos (Welter, 2008, pág. 5). Se ha estudiado también, que pequeños cambios en su secuencia de nucleótidos puede dar origen a fluorescencias de otros colores.

En clase, la profesora nos enseñó a comparar entre diferentes proteínas y nos explicó las diferentes estructuras que ellas contienen, haciendo uso de herramientas bioinformáticas disponibles en la web de forma gratuita. Me encantaría que tú también te aventures a aprender, y por ello, te invito a que sigas el paso a paso y respondas las preguntas que van surgiendo de modo que puedas sorprenderte al igual que yo con los resultados.

¡Muchos éxitos!

Estas son las secuencias de genes que vas a estudiar:

GFP:

5´-

ATGAGTAAAGGAGAAGAAGCTTTTCACTGGAGTTGTCCCAATTCTTGTTGAATTAGAT
GGCGATGTTAATGGGCAAAAATTCTCTGTCTCAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATGCAAC
ATACGGAAAAGCTTACCCTTAAATTTATTTGCACTACTGGGAAGCTACCTGTTCCATG
GCCAACACTTGTCCTACTTTCTCTTATGGTGTTCATGCTTTTCAAGATACCCAGAT
CATATGAAACAGCATGACTTTTTCAAGAGTGCCATGCCCGAAGGTTATGTACAGGA
AAGAAGTATATTTTACAAAGATGACGGGAAGTACAAGACACGTGCTGAAGTCAAGTT
TGAAGGTGATACCCTTGTTAATAGAATCGAGTTAAAAGGTATTGATTTTAAAGAAGA
TGGAACATTCTTGACACAAAATGGAATACAAGTATAACTCACATAATGTATACATC
ATGGCAGACAAACCAAAGAATGGAATCAAAGTAACTTCAAATAGACACAACATT
AAAGATGGAAGCGTTCAATTAGCAGACCATTATCAACAAAATACTCCAATTGGCGAT
GGCCCTGTCTTTTACCAGACAACCATTACCTGTCCACACAATCTGCCCTTTCCAAA
GATCCCAACGAAAAGAGAGATCACATGATCCTTCTTGAGTTTGTAACAGCTGCTGG
GATTACACATGGCATGGATGAACTATACAAATAA -3´

YFP:

5´-

ATGGTGAGCAAGGGCGAGGAGCTGTTACCGGGGTGGTGCCCATCCTGGTCGAG
CTGGACGGCGACGTAAACGGCCACAAGTTCAGCGTGTCCGGCGAGGGCGAGGGC
GATGCCACCTACGGCAAGCTGACCCTGAAGTTCATCTGCACCACCGGCAAGCTGC
CCGTGCCCTGGCCACCCTCGTGACCACCTTCGGCTACGGCGTGCAGTGCTTCGC
CCGCTACCCCGACCACATGCGCCAGCACGACTTCTTCAAGTCCGCCATGCCCGAA

```
GGCTACGTCCAGGAGCGCACCATCTTCTTCAAGGACGACGGCAACTACAAGACCC
GCGCCGAGGTGAAGTTCGAGGGCGACACCCTGGTGAACCGCATCGAGCTGAAGG
GCATCGACTTCAAGGAGGACGGCAACATCCTGGGGCACAAGCTGGAGTACAATA
CAACAGCCACAACGTCTATATCATGGCCGACAAGCAGAAGAACGGCATCAAGGTGA
ACTTCAAGATCCGCCACAACATCGAGGACGGCAGCGTGCAGCTCGCCGACCACTA
CCAGCAGAACACCCCATCGGCGACGGCCCCGTGCTGCTGCCCGACAACCACTAC
CTGAGCTACCAGTCCGCCCTGAGCAAAGACCCCAACGAGAAGCGCGATCACATGG
TCCTGCTGGAGTTCGTGACCGCCGCCGGGATCACTCTCGGCATGGACGAGCTGTA
CAAGTAA-3'
```

Antes de iniciar...

- A. Escribe cuáles son los codones del código genético que dan las señales de inicio y de parada de la transcripción.
- B. ¿Por qué crees que es importante una señal de inicio y de parada para la transcripción?
1. Visita el siguiente link para el proceso de traducción: <https://web.expasy.org/translate/>
Allí encontrarás el siguiente pantallazo.

Expasy Translate

Programmatic access

Translate is a tool which allows the translation of a nucleotide (DNA/RNA) sequence to a protein sequence.

DNA or RNA sequence

Please enter a DNA or RNA sequence - numbers and blanks are ignored

Output format

Verbose: Met, Stop, spaces between residues

Compact: M, -, no spaces

Includes nucleotide sequence

Includes nucleotide sequence, no spaces

DNA strands

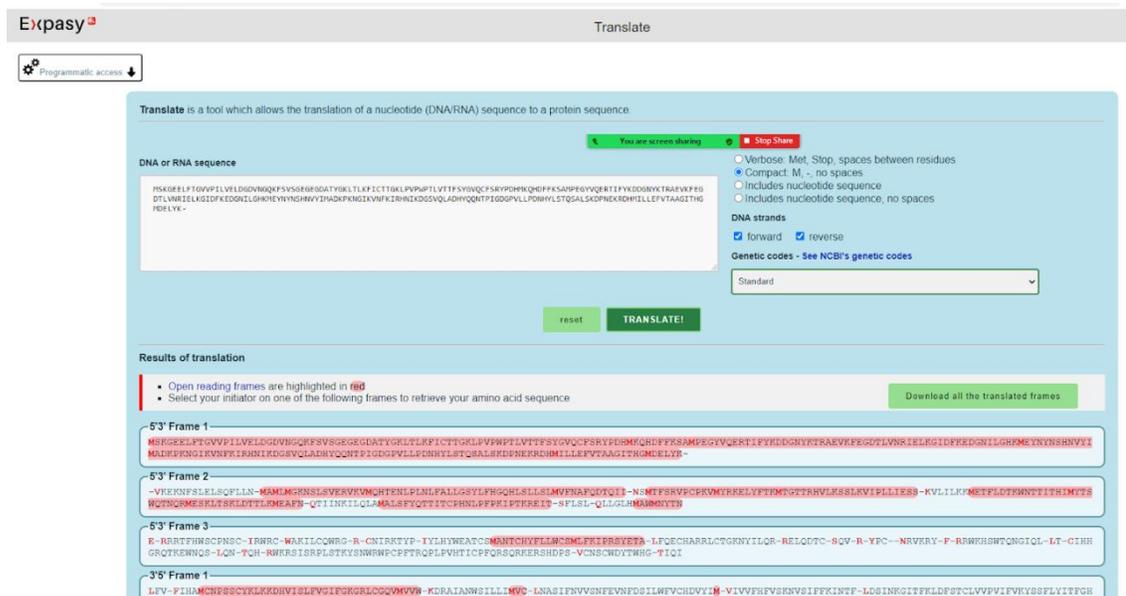
forward reverse

Genetic codes - See NCBI's genetic codes

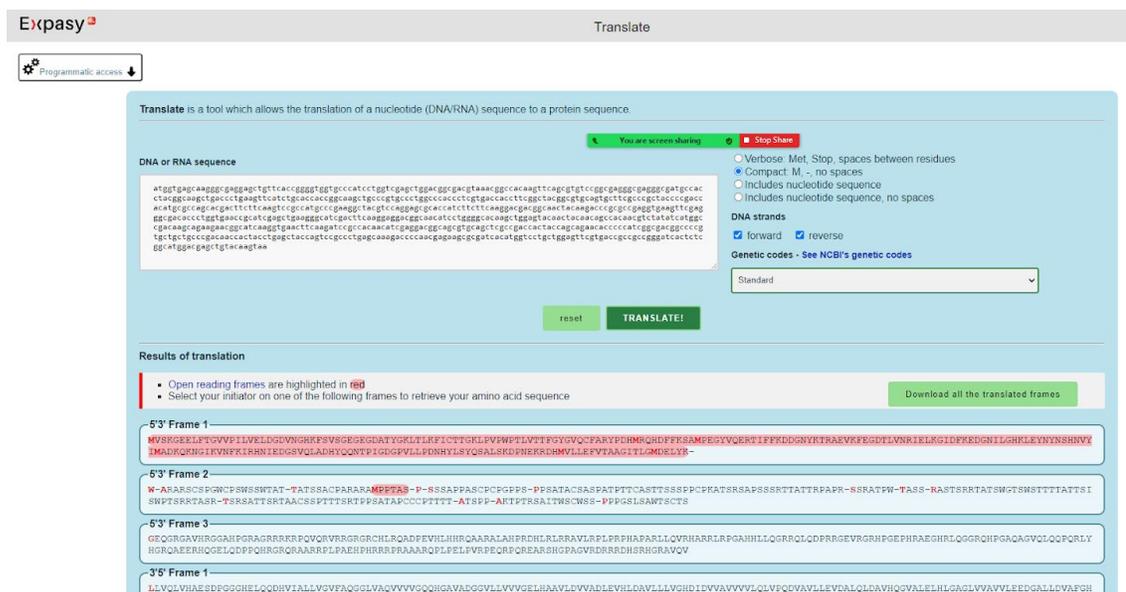
Standard

reset TRANSLATE!

1. En el espacio en blanco debes copiar y pegar la secuencia de los genes de proteína fluorescente GFP dados anteriormente y luego, da click en traducir ("translate"):



- Te arrojará como resultado varios frame indicando diferentes marcos de lectura, pero sólo tendrás en cuenta la secuencia más larga sombreada de color rojo.



- Selecciona y copia la secuencia de aminoácidos (5'-3' Frame) que se encuentre sombreada en mayor parte en rojo y pégalala en el siguiente recuadro.

GFP (5'3' Frame)

1. Repite el procedimiento para la secuencia dada de YFP y registra en el cuadro el frame con mayor coloración roja (selecciona, corta y pega)

YFP (5'3' Frame)

MUY BIEN!! HAZ TRADUCIDO TUS PROTEÍNAS FLUORESCENTES

Nota para el docente:

Las secuencias obtenidas al realizar el proceso anterior, son las siguientes:

YFP

MVSKGEELFTGVVPILVELDGDVNGHKFSVSGEGEGDATYGKLTCLKFICTTGKLPVPWPTLVTT
FGYGVQCFARYPDHMRQHDFFKSAMPEGYVQERTIFFKDDGNYKTRAEVKFEGDTLVNRIELK
GIDFKEDGNILGHKLEYNYNSHNVYIMADKQKNGIKVNFKIRHNIEDGSVQLADHYQQNTPIGD
GPVLLPDNHYLSYQSALSKDPNEKRDHMLLEFVTAAGITLGMDELYK-

GFP

MSKGEELFTGVVPILVELDGDVNGQKFSVSGEGEGDATYGKLTCLKFICTTGKLPVPWPTLVTTF
SYGVQCFSRYPDHMKQHDFFKSAMPEGYVQERTIFYKDDGNYKTRAEVKFEGDTLVNRIELK
GIDFKEDGNILGHKMEYNYNSHNVYIMADKPKNGIKVNFKIRHNIKDGSVQLADHYQQNTPIGD
GPVLLPDNHYLSTQSALSKDPNEKRDHMILLEFVTAAGITHGMDELYK-

Observación:

Previamente el estudiante debe haber aprendido que los nombres de los aminoácidos se pueden representar con una letra

2. Ahora que has traducido ambas proteínas verifica con cuál letra empieza y termina la secuencia de proteínas. ¿Por qué ambas proteínas empiezan con el aminoácido metionina (M) y terminan con el aminoácido lisina (K)?

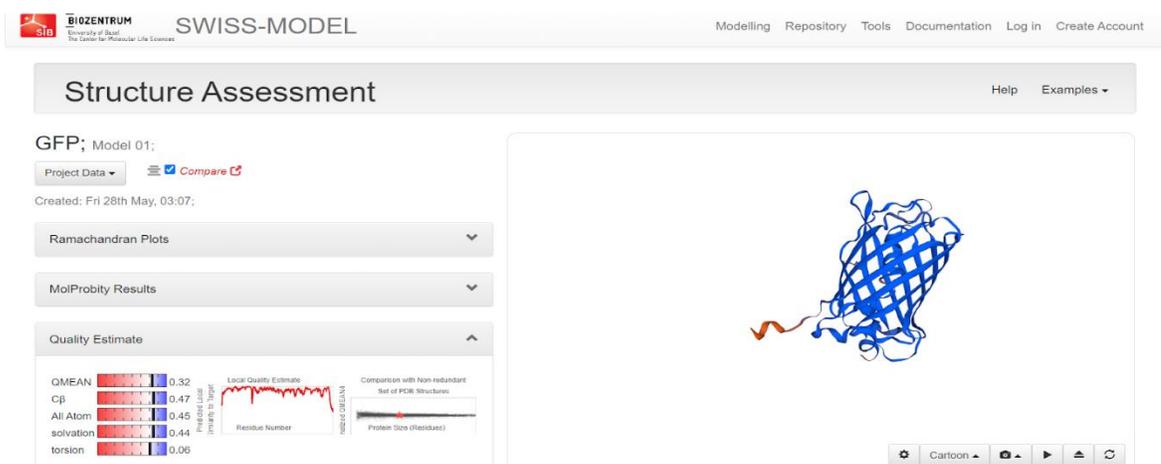
Ahora, te invito a modelar cada proteína y de esta forma podrás ver cómo es la estructura de una proteína en realidad.

1. Visita la página web: <https://swissmodel.expasy.org/> y da click en “Start modelling” para iniciar a modelar.

The screenshot shows the 'Start a New Modelling Project' page on the SWISS-MODEL website. The page has a navigation bar with 'Modelling', 'Repository', 'Tools', 'Documentation', 'Log in', and 'Create Account'. The main content area is titled 'Start a New Modelling Project' and contains the following elements:

- Target Sequence(s):** A text input field with the placeholder 'Paste your target sequence(s) or UniProtKB AC here'. Below it, a note states: '(Format must be FASTA, Clustal, plain string, or a valid UniProtKB AC)'. There are two buttons: a green '+ Upload Target Sequence File...' and a grey 'Validate' button.
- Project Title:** A text input field containing 'Untitled Project'.
- Email:** A text input field containing 'Optional'.
- Buttons:** Two large blue buttons at the bottom: 'Search For Templates' and 'Build Model'.
- Supported Inputs:** A vertical list of dropdown menus on the right side: 'Sequence(s)', 'Target-Template Alignment', 'User Template', and 'DeepView Project'.

2. Pega la secuencia de una de las proteínas que tradujiste en el punto 3, pon el nombre y si deseas guardar el modelo, puedes enviarlo a tu correo electrónico.
3. Da clic en “construir modelo” (Build model). Debes esperar un momento mientras se construye el modelo



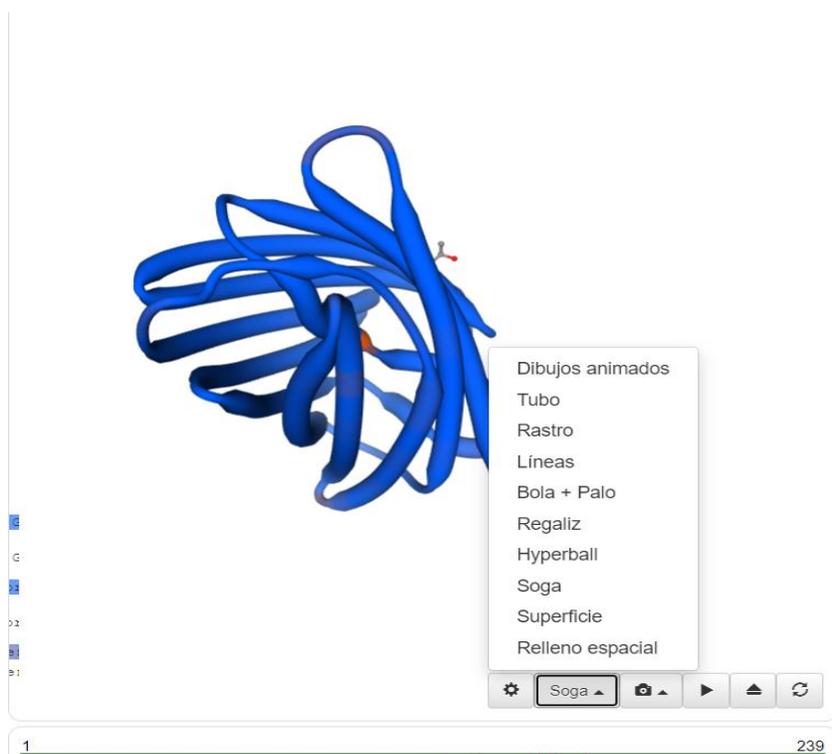
4. Da click en el cuadro pequeño blanco que aparece debajo de evaluación de la estructura. Al dar click te aparece la opción “comparar”.

Metric	Value
OMEAN	0.32
Cp	0.47
All Atom	0.45
solvation	0.44
torsion	0.06

5. En una nueva pestaña, realiza los pasos 1 a 5 con la secuencia de la proteína obtenida en el punto 4 del ejercicio de traducción.

Metric	Value
OMEAN	0.59
Cp	0.34
All Atom	0.48
solvation	0.05
torsion	0.52

6. Explora la estructura de cada una de las proteínas, moviéndola con el ratón, también puedes seleccionar entre las diferentes estructuras que ofrece el programa, cambiando las opciones que aparecen en la parte inferior (dibujo animado, tubo, superficie, bolas y palos, etc.).



7. Usando el ícono de “Cámara” guarda dos fotos para cada una de las proteínas. Usa dos estructuras diferentes y pégalas en los siguientes recuadros.

Tabla 11

Comparación de estructuras proteicas

Estructura	GFP	YFP

- ¿Cómo identificas la estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas modeladas?

**¡MUY BIEN!! YA OBTUVISTE LA ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS GFP Y YFP,
¿VERDAD QUE SON HERMOSAS?**

Nota: No cierres las ventanas de las proteínas modeladas

Ahora, vamos a comparar las secuencias de aminoácidos entre ambas proteínas, para ello, realizaremos la siguiente secuencia de pasos:

- Haz clic en el siguiente enlace <https://swissmodel.expasy.org/comparison/> sin cerrar las dos ventanas con los modelos que has construido.
- Selecciona ambos modelos de “YFP” y “GFP” y da clic en superpose o “sobreponer”

The screenshot displays the SWISS-MODEL comparison tool interface. It shows two protein models selected for comparison: '01' (GFP) and '02' (YFP). A 'Superpose' button is visible. Below the button is a 'Consistency with Ensemble' plot showing consistency values for residues 0 to 200. The plot shows high consistency (near 1.0) for most residues, with some fluctuations. The protein structure is displayed in a 3D ribbon representation, colored green and red. The sequence alignment at the bottom shows the consensus sequence: MVSKGEELFTGVVPIVLVDGQVNGKFSVSGEGEGDATYGKLLKFKICTTGKLPVWFTLVITTFXYGVQCFXRYFDHMQHDFKSAAP. The YFP sequence (02.AMV) is highlighted in red, showing a mutation at position 1: KGEELFTGVVPIVLVDGQVNGKFSVSGEGEGDATYGKLLKFKICTTGKLPVWFTLVITTFXYGVQCFXRYFDHMQHDFKSAAP.

- Explora con el mouse el alineamiento de ambas secuencias de aminoácidos. Identifica la posición de los aminoácidos que no coincide entre una y otra proteína y cual cambio se ha dado entre ellas.
- Señala el cambio entre las secuencias de ambas proteínas y responde las siguientes preguntas:

- a. ¿Qué tan similares son ambas proteínas? ¿En cuántos aminoácidos difieren?
- b. ¿Crees que los cambios en unos pocos aminoácidos puedan tener un efecto en el fenotipo?
- c. ¿Cuál es la función de esta proteína en particular e indica cómo podría verse afectada por los cambios visualizados en el modelo?
- d. ¿Podría decirse que la diferencia entre ambas proteínas corresponde a una mutación? De serlo así ¿de qué tipo de mutación estaríamos hablando? Justifica

GUÍA N°5 EPIGENÉTICA

Juego de epigenética ¡Nutre tu naturaleza! (Oregon Health & Science University y Let's Get Healty)

Ingresa al link: <http://www.letsgethealthy.org/students/games/epigenetics-game/>

Desplázate hasta la sección ¡Reproducir ahora! y allí selecciona el perfil que corresponda (hombre o mujer).

Completa el cuestionario inicial y empieza a interactuar con el contenido

Taller

Teniendo en cuenta el recorrido por el interactivo, responde las preguntas para cada nivel

Cuestionario nivel abejas:

¿Explica por qué es posible que dos abejas de una colonia puedan tener el mismo genotipo y difieran en su fenotipo?

¿Qué mecanismo de respuesta activan las abejas cuando el número de enfermeras en la colonia es muy reducido y cómo lo hacen?

¿Qué es la epigenética?

Cuestionario nivel ratones:

Escribe la secuencia que se realiza en el zoom partiendo del ratón hasta llegar al ADN desenrollado

¿Cuáles son los mecanismos epigenéticos más comunes para la activación e inactivación de la expresión génica?

¿Qué es el gen Agouti y qué implicaciones tiene su activación?

Cuestionario nivel humano:

¿Cómo influye el tiempo en la diferenciación de las características físicas y funcionales de dos gemelos idénticos?

Conclusiones:

Escribe en tus palabras, cómo explicarías a otra persona qué es la epigenética y qué implicaciones tiene en la calidad de vida.

¿De acuerdo con lo trabajado en el interactivo, qué consideraciones tendrás en cuenta para mejorar tu calidad de vida?

GUÍA N°6 GENERALIDADES DE LA EVOLUCIÓN

En esta guía conoceremos un poco sobre el concepto de evolución y los mecanismos por los cuales se puede llevar a cabo. Para ello, leeremos lo que Marcos nos quiere contar sobre su visita a un museo, pero antes de ello, te invito a ingresar al minivideo “la evolución de Homero Simpson” disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=G57u3V8MnO0> y luego, con la idea general que te dejó el video y lo que conoces, responde las siguientes preguntas:

¿A qué hace referencia el término evolución?

¿Al hablar de evolución siempre hacemos referencia a especies más desarrolladas?

¿Es el hombre la especie más desarrollada a nivel evolutivo? ¿Por qué?

¿Los factores ambientales influyen en el proceso evolutivo?

¿En qué escala de tiempo podemos referirnos para un cambio evolutivo?

Ahora, te invito a leer lo que Marcos nos quiere contar sobre su visita al museo...

Una visita al museo

En una visita al museo que Marcos realizó con su familia, realizaron un largo recorrido, pero recuerda con gran admiración y curiosidad la sala de evolución del hombre o de los homínidos como le llamaba el expositor. Allí pudieron observar diferentes objetos, restos fósiles, herramientas de casa, modelos de su apariencia física, de sus rituales y otra gran cantidad de imágenes e información que lo condujeron por el largo proceso que ha pasado nuestra especie hasta ser como la conocemos hoy.

Durante la exposición, el guía habló sobre la creencia que tiene la especie humana de ser superior a las demás especies conocidas hasta el momento y de los errores que muestran la mayoría de los cladogramas (árboles genealógicos) de ubicarlo no sólo como si fuese la especie más evolucionada en la diversidad de la vida, sino también como si fuese el fin último de la evolución, cuando en realidad, la evolución es un proceso constante y continuo que no garantiza que las especies contemporáneas sean las más evolucionadas o desarrolladas.

Es cierto que el hombre ha demostrado el mayor coeficiente intelectual por el tamaño de su cerebro, pero habilidades de mejores nadadores, velocidad, capacidad fotosintética, producción de veneno, etc, le pertenecen a otras especies. En palabras del guía, “continuamos en la creencia Aristotélica de que en la naturaleza existe una escala que va de un ser inferior a uno superior o mejorado, donde en su cima se encuentra el hombre, como el ser vivo más semejante a los dioses del Olimpo, la evolución no puede entenderse como progreso” (Dinghi, Guzmán, & Monti, 2019).

Alguien de los que visitaba la sala preguntó al guía: ¿Pero si la evolución no puede entenderse como progreso, entonces cómo debe entenderse?

Con respecto a esta pregunta el guía aclaró que cuando se habla del término evolución biológica, solo nos estamos refiriendo a cambios en el tiempo que requieren de dos condiciones: la primera, que dicho cambio permanezca en la descendencia, y el segundo, que provengan de un ancestro común, es decir, que se pueda mostrar su relación con otras especies, a pesar de su separación en el camino evolutivo.

Con relación al error de entenderla como “progreso” nos aclaró que cada especie evoluciona caracteres exclusivos de sus propios linajes y esto puede implicar incluso pérdida de estructuras o funciones que pueden ser útiles en su entorno. Para ejemplificar un poco hizo referencia a la desnudez de pelo de la especie humana con relación a otras especies emparentadas como los gorilas o los chimpancés; la pérdida de pelo pudo haber representado una desventaja en los primeros homínidos con dicha mutación, probablemente su protección a bajas temperaturas nocturnas se vería afectada al igual que el dedo gordo alineado con los otros dedos, que generaría dificultad para colgarse en los árboles, por mencionar algunas. ¿Cómo logró sobrevivir entonces? Por procesos de adaptación y alta tasa de reproducción, logrando con su escasez de vello corporal buscar alimento en horas de calor y atraer más sexualmente a su pareja y con la nueva disposición del dedo gordo la fuerza para caminar en dos pies.

Otro dato que le causó gran curiosidad a Marcos, fue cuando el guía habló de las dimensiones de la escala evolutiva, puesto que fue muy enfático en aclarar que se trataba de un espacio de tiempo muy amplio que comprendía miles de millones de años, que la evolución no es un proceso rápido ni depende de un solo organismo e incluso se refirió a que el término escala debe definirse en términos de espacio, tiempo y descripciones obtenidas con la herramienta que se analiza el objeto de estudio.

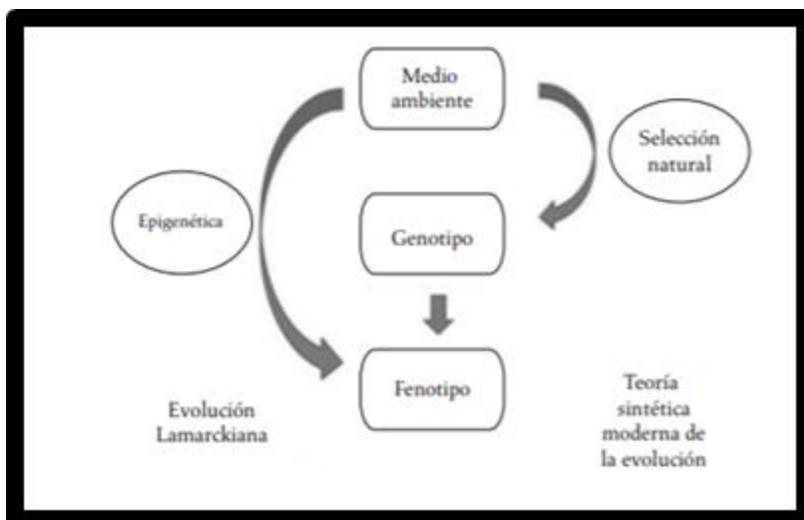
En una parte del recorrido, el guía refirió que para vislumbrar el proceso de evolución de los homínidos, en la actualidad, se basa en el criterio de descendencia común y no en las semejanzas físicas como solía pensarse, pues algunas especies pueden parecerse físicamente sin estar emparentadas evolutivamente, a este fenómeno de similitud física se le conoce como convergencia evolutiva y puede presentarse cuando las especies se encuentran sometidas a presiones ambientales similares, incluso, los ancestros comunes pueden no guardar similitudes físicas y ser completamente diferentes.

Uno de los errores que mencionó el guía fue creer que el hombre descende del mono y aclaró que los chimpancés constituyen una rama separada de una población ancestral que no era ni humano ni chimpancé (Dinghi, Guzmán, & Monti, 2019, pág. 4).

Para introducir a Marcos y los demás visitantes del museo, a los procesos que producen evolución, el guía enseñó el siguiente gráfico:

Figura 2

Impacto de la epigenética en la evolución humana



Nota. Impacto de la epigenética [Esquema], por Robles, Ayala y Perdomo, 2012.

Y a partir de allí, comenzó a explicar que los estudios actuales realizados sobre los procesos evolutivos, atribuyen las transformaciones evolutivas en el tiempo a dos condiciones: la epigenética y las mutaciones. Ambas, pueden producir cambios heredables en el ADN y en las histonas (proteínas reguladoras de la expresión génica). Dichos cambios pueden darse tanto en el genotipo (información contenida en los genes) como en el fenotipo (características observables de un individuo).

El proceso de evolución puede darse a través de varios mecanismos, para conocerlos, el guía nos motivó a interactuar con varios simuladores, ahora te invito a ti para que interactúes con ellos y saques tus propias conclusiones.

Algunos mecanismos de la evolución

Para hacerlo, ingresa a <https://www.biologysimulations.com/evolution>, y sigue las siguientes instrucciones:

Deriva genética: cuello de botella y efecto fundador

Cuello de Botella

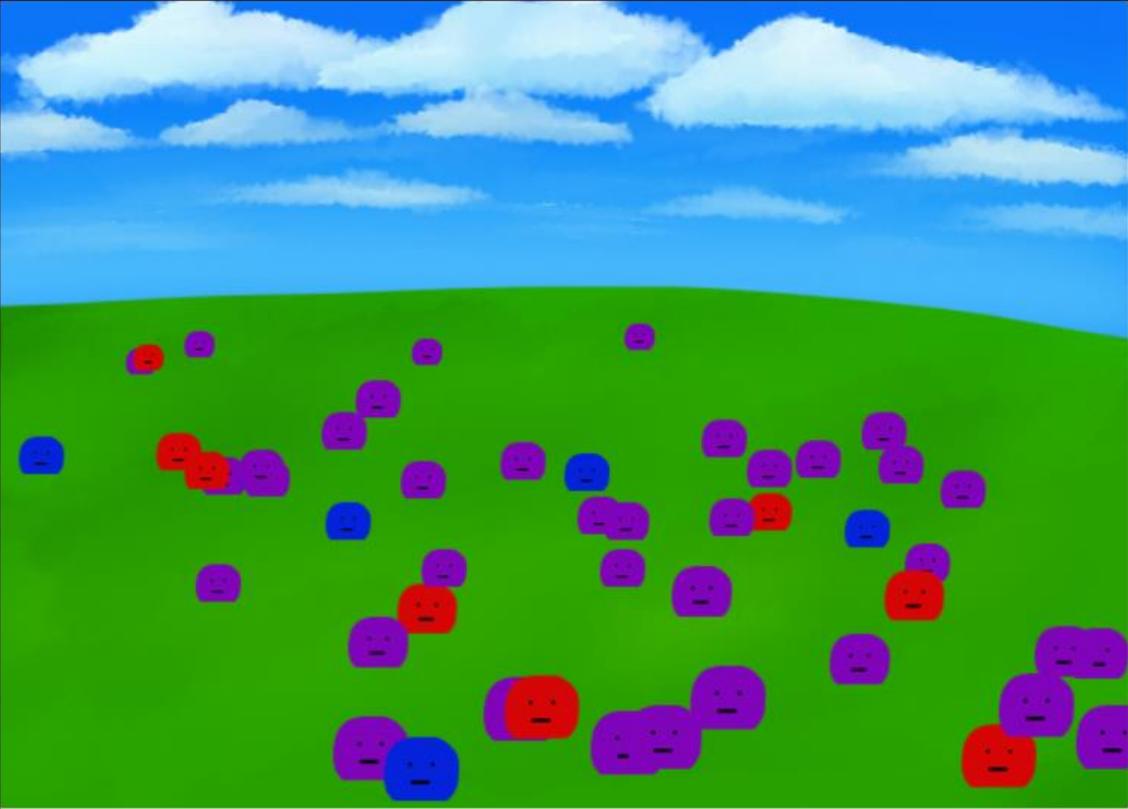
1. Da click en el enlace “Evento cuello de botella”
2. Lee la siguiente traducción de la introducción a la simulación:

“Un evento de cuello de botella es un ejemplo específico de una situación en la que una reducción en el tamaño de la población da como resultado un cambio evolutivo en una población. Esta simulación examina el impacto de una sequía en una población de organismos. Cada vez que se ejecuta la simulación, 4 individuos al azar sobreviven a la sequía. Ejecute la simulación varias veces para descubrir cómo pueden variar los resultados.

El color está determinado por un solo gen con dos alelos; rojo (R) y azul (B). Los heterocigotos (RB) son de color púrpura.” (Biology Simulations, 2021).

1. Click en el botón “Restart simulation”

Introduction Restart Simulation



An environment supports a large population with genetic diversity.
Click on the picture to continue...

Imagen tomada de: <https://www.biologysimulations.com/genetic-drift-bottleneck-event>

1. Ejecuta la simulación dando click sobre cada evento del cuello de botella, cuenta cuántos individuos hay de cada color en cada uno de los eventos y completa la siguiente tabla:

Tabla 12**Resultados simulación cuello de botella**

Fenotipo	Genotipo	Frecuencia fenotípica de la población en cada evento				Frecuencia alélica de la población en cada evento			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Rojo						R =	R =	R =	R =
Morado									
Azul						B =	B =	B =	B =
Población total									

2. Responde las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se ven afectados los fenotipos de la población inicial, a lo largo de los cuatro eventos por causa de la sequía? ¿Se presentaron variaciones en la población? ¿De qué tipo?
- Cómo cambia la sequía la frecuencia de los alelos “**R**” y “**B**”
- Define en tus palabras el mecanismo de cuello de botella y considera si este mecanismo selecciona al azar a los individuos de la población, o por el contrario, los selecciona por una característica específica.
- ¿Qué importancia tiene que en la población inicial se presenten tres fenotipos diferentes?
- ¿Cómo explicas que, al finalizar la simulación, en la población final (evento 4) aparece el fenotipo que en la tres no aparece, si ningún organismo de dicho fenotipo sobrevivió a la sequía?
- ¿Qué relación presenta el efecto cuello de botella con las especies que se encuentran en vía de extinción?

Efecto Fundador

- Ingresa al link <https://www.biologysimulations.com/genetic-drift-founder-effect>
- Lee la siguiente información, disponible en la introducción a la simulación:

“El efecto fundador describe una situación en la que se forma una nueva población a partir de un pequeño número de "fundadores" que emigran de la población original. En esta simulación, el color está determinado por un gen con dos alelos; rojo y azul. Los heterocigotos son de color

púrpura. El 90% de los alelos de la población original son rojos. Los individuos azules son raros (Biology Simulations, 2021).

El color está determinado por un solo gen con dos alelos; rojo y azul. Los heterocigotos son de color púrpura.

Rojo (Genotipo: RR)

Morado (Genotipo: RB)

Azul (Genotipo: BB)

“Cada vez que se ejecuta la simulación, se seleccionan aleatoriamente 5 individuos de la población original para que sean los fundadores de una nueva población. Ejecute la simulación varias veces para descubrir cómo pueden variar los resultados. Al finalizar cada ejecución, se genera un gráfico para comparar las frecuencias alélicas de la población continental y de la isla” (Biology Simulations, 2021).

1. Ejecuta la simulación y completa la siguiente tabla con la información de los dos eventos.

Tabla 13

Resultados simulación efecto fundador

Fenotipo	Genotipo	Frecuencia fenotípica de la población inicial	Frecuencia fenotípica de la población en la isla	Frecuencia alélica de la población inicial	Frecuencia alélica de la población en la isla
Rojo				R =	R =
Morado					
Azul				B =	B =
Población total					

1. Responde las siguientes preguntas:
 1. ¿Cómo cambia la frecuencia para cada uno de los fenotipos y alelos de la población de la isla con respecto a la población inicial?
 2. ¿Cuál es la probabilidad de que en la isla los fenotipos azul y morado se presenten?

3. Describe en tus palabras en qué consiste el efecto fundador y considera si este mecanismo selecciona al azar a los individuos de la población, o por el contrario, los selecciona por una característica específica.

Selección natural

1. Ingresa al link: <https://www.biologysimulations.com/natural-selection>

2. Lee la siguiente información, disponible en la introducción a la simulación:

“Esta simulación se puede utilizar para estudiar el efecto del ambiente en la selección natural. Un depredador se come a un organismo presa con dos posibles fenotipos; marrón y gris. Harás el papel del depredador. "Come" tantas presas como puedas en el tiempo disponible haciendo clic sobre ellas. Puede elegir entre tres entornos diferentes (pradera, montaña rocosa y desierto de arena). Seleccione el entorno, luego haga clic en "Ejecutar simulación" para comenzar.

Al comienzo de la simulación, la población de presas es una división aproximadamente uniforme de marrón y gris. La simulación comienza con 50 organismos presa y a cada uno se le asigna aleatoriamente un fenotipo, con un 50% del organismo de cualquier color. Después de que se haya ejecutado la simulación, se le darán los porcentajes de inicio y finalización para los individuos grises y marrones en la población de presas” (Biology Simulations, 2021).

3. Selecciona el ambiente y ejecuta la simulación.
4. Realiza la simulación para cada uno de los ambientes y registra los datos en la siguiente tabla:

Tabla 14

Resultados simulación selección natural

Ambiente	Fenotipo	Proporción inicial	Proporción final
Pradera	Marrón		
	Gris		
Montaña rocosa	Marrón		
	Gris		
Desierto de arena	Marrón		
	Gris		

5. Responde las siguientes preguntas:

- a. Describe para cada ambiente cuál fenotipo tiene mayor probabilidad de supervivencia. ¿Cómo influye el ambiente en la supervivencia de los fenotipos?
- b. En tus palabras explica cómo la selección natural puede contribuir con el proceso evolutivo y considera si este mecanismo selecciona al azar a los individuos de la población, o por el contrario, los selecciona por una característica específica.

Mutaciones

1. Ingresa al link: <https://www.biologysimulations.com/mutation>

2. **Procedimiento:**

- 1. Inicie la simulación seleccionando un tiempo de irradiación UV. Después de la irradiación, haga clic en el tubo de ensayo que contiene la suspensión bacteriana para colocar las bacterias en la placa.
- 2. Haga clic en la incubadora para incubar las muestras.
- 3. Haga clic en las placas para contar las colonias de bacterias en cada placa.
- 4. Haga clic en "Reiniciar simulación" para comenzar de nuevo.
- 5. Diagrama de flujo del procedimiento de simulación:

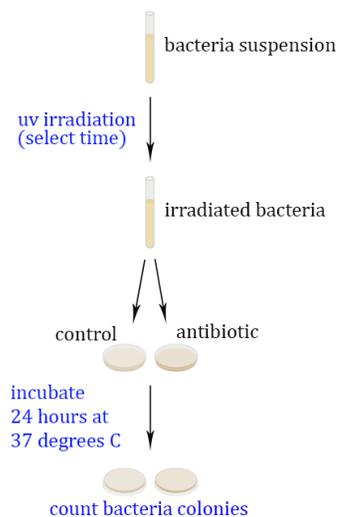


Imagen tomada de: <https://www.biologysimulations.com/mutation>

3. Cuenta las unidades formadoras de colonia (UFC) para cada tiempo de exposición a la luz ultravioleta y registra la cantidad de la placa control y la placa con antibiótico en la siguiente tabla:

Tabla 15

Resultados simulación mutaciones

Tiempo de exposición a la luz UV	Cantidad de UFC	
	Placa control	Placa con antibiótico
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		

Nota. Simulación de Mutaciones, por Biology Simulation, 2021. <https://docs.google.com/document/d/1Q44cU4djzQ1O-H8pPfdnMozQm47U1-uWqdg5MAEnH08/edit>

4. Responde las siguientes preguntas (traducidas y adaptadas de Biology Simulation, 2021).
 1. ¿Qué efecto tiene el tiempo de exposición a la luz UV en la resistencia bacteriana a antibióticos?
 2. Según sus datos, describe el impacto de la radiación ultravioleta en las tasas de mutación bacteriana.
 3. ¿Cómo la radiación UV puede causar mutaciones?
 4. Describe el papel de las mutaciones en la evolución

GUÍA N°7 PROCESO DE EVOLUCIÓN DE LOS HOMÍNIDOS

UNA VISITA VIRTUAL POR LA EVOLUCIÓN HUMANA

Luego de entender algunos mecanismos a través de los cuales se da el proceso de evolución, nos centraremos en el proceso de evolución de los homínidos.

Se consideran homínidos a los humanos y grandes simios que presentan un comportamiento social y un amplio desarrollo intelectual. A pesar de que provienen de un ancestro común, a lo largo de esta guía descubrirás que existen diferencias muy significativas en cuanto al desarrollo cognitivo y características físicas como el pelaje de sus cuerpos, el pulgar oponible, cola, entre otros.

Te invito a realizar una exploración por “**la sala de los orígenes humanos**” del Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, de Estados Unidos. Allí podrás realizar un recorrido por la historia de diferentes homínidos y su relación con un ancestro común.

Para ingresar, visita el link: https://naturalhistory2.si.edu/vt3/NMNH/z_tour-105.html

Allí podrás realizar un recorrido por el museo y observar características, herramientas, vida social, símbolos, expresiones culturales y linajes de diferentes homínidos.

Para realizar el recorrido por la sala, sólo debes dirigir las flechas de tu computador, celular o tablet o las que aparecen en pantalla en la dirección donde desees acercar tu cámara, para moverte en el lugar, debes presionar las flechas azules que aparecen en el museo. Para dirigirte de una sección a otra sólo basta con dar click en el botón de siguiente.

Actividad

1. Ingresa a la sección “Orígenes humanos: reconstrucción”, allí encontrarás rostros de diferentes homínidos, amplía y compara los rasgos físicos de los rostros del homo neanderthalensis y el Australopithecus ¿Qué diferencias encuentras entre el pelaje, sus narices, tamaño de mandíbula, tamaño del cráneo?
2. En la sección “Orígenes humanos neardental” ubica el árbol genealógico y extrae de allí el nombre de cuatro homínidos que comparten ancestro común con el homo sapiens.
3. En la sección “Orígenes humanos: especies pasadas” ubica las diferencias craneales entre el neanderthal y el humano moderno, ¿qué diferencias se observan en la gráfica? ¿cómo se reconoce que son de especies diferentes?
4. En la sección “Orígenes humanos: expresión” escribe dos tipos de símbolos usados por nuestros ancestros.

5. En la sección “Orígenes humanos: cambios” describe tres beneficios y tres costos traídos por el desarrollo humano.

GUIA N°8 RELACIÓN EVOLUCIÓN DE LOS HOMÍNIDOS Y ÁCIDOS NUCLEICOS

Se escucha con frecuencia que todos los seres vivos presentes en el planeta Tierra estamos conformados por las mismas moléculas básicas, un conjunto de cuatro nucleótidos que organizados en diferente orden dan origen a todas las características propias de cada especie. Estos cuatro nucleótidos han sido reunidos con fines académicos en un conjunto de reglas llamado código genético. Dicho código, se encuentra representado en una cuadrícula de 4x4, indicando los 64 codones (combinaciones posibles) y señala cómo debe interpretarse cada codón y algunas reglas generales sobre cómo se maneja la pauta de lectura.

Pero la magia no radica en el conocimiento de que toda nuestra información genética es similar sino en cómo estas huellas moleculares señalan el camino hacia un ancestro común que a través de cambios en la secuencia de estas moléculas básicas por efecto de las mutaciones y los factores epigenéticos dió origen a las especies, comportamientos y características que hoy conocemos.

Al trabajar con la proteína verde fluorescente presente en la medusa *Aequorea victoria*, vimos como unos pequeños cambios en la secuencia de nucleótidos del ADN produjeron una expresión proteica muy diferente, tanto así que cambió el color verde característico de su fluorescencia por color amarillo.

En la presente guía veremos cómo esos cambios influyen los procesos evolutivos de los homínidos y cómo un cambio puede permanecer en el tiempo e incluso puede reemplazar la frecuencia en la población de la secuencia original.

Para el desarrollo de la presente guía es necesario que no existan dudas sobre los conceptos trabajados en las guías anteriores, pues para dar solución a la situación problema que se planteará más adelante, será necesario poner a prueba todo tu conocimiento sobre los ácidos nucleicos y las generalidades de la evolución, en especial de los homínidos.

Antes de iniciar, te invito a leer un poco sobre genes y proteínas que han participado en la aparición y permanencia del *homo sapiens*.

Alquimia genómica: ¿un quiebre en nuestra evolución?

Fragmento tomado de La lógica de los genomas de Miguel L Allende (2018).

“Hace 5 millones de años, en un primate, ocurrió un pequeño cambio genómico que permite que Ud. esté leyendo este libro.

En el linaje que derivó hacia los Neandertales, los Denisovanos y los humanos actuales, un gen llamado ARHGAP11 se duplicó. Del gen original, que detectamos todavía inalterado en los chimpancés, se formaron dos copias, ARHGAP11A y ARHGAP11B, en esta pequeña rama de los mamíferos, que son una pequeña rama de los animales, a su vez una pequeña rama de los eucariontes, etc.

Este insignificante evento en el cosmos de la vida tuvo su consecuencia: la copia B del gen, al quedar liberada para tomar nuevas funciones (la copia A continuó haciendo lo que siempre hizo), experimentó un leve cambio de secuencia lo que generó la novedosa propiedad de promover la proliferación de progenitores basales del cerebro. Esto, a su vez, permite la expansión de la neocorteza y los pliegues cerebrales.

En simple, el gen ARHGAP11B se hizo cargo de agrandarnos el cerebro y de poner a nuestra disposición como especie, la posibilidad de incrementar nuestras capacidades cognitivas. En las ciencias genómicas, nos encontramos a menudo con estos eventos de duplicación, o creación de genes, que nacen en la evolución para luego perderse rápidamente al estar repitiendo innecesariamente la función del gen original. A veces, incluso, vemos los restos de esos genes duplicados (los llamamos pseudogenes) que son testimonio de posibilidades evolutivas desaprovechadas.

El biólogo y ensayista Stephen Jay Gould, al observar que los experimentos evolutivos que fracasan son mucho más frecuentes que los exitosos, concluyó que la vida que conocemos es producto del azar y que, si echáramos a correr nuevamente el proceso desde el principio, de ninguna manera repetiríamos el resultado. Este “relojero ciego” es capaz de producir artefactos aparentemente perfectos, que dan la impresión de haber sido creados a propósito para su función. Como dijimos muy al principio, esta engañosa apariencia de diseño inteligente se debe únicamente a tres elementos: variación genética, selección natural y muuuucho tiempo. (p.81)

Volviendo al gen ARHGAP11B, los portadores este sesudo regalo evolutivo lo aprovecharon bien: bajaron de los árboles, dominaron el planeta, acomodaron la evolución de las demás especies a su antojo y llegaron a desarrollar un método para dirigir la propia evolución a voluntad. Jenniffer Doudna, no en vano ha llamado a esta tecnología “una grieta en la creación”. ¿Seremos realmente capaces de saltarnos el proceso Darwiniano y decidir racionalmente qué secuencia de

ADN queremos tener los humanos de aquí para adelante? Antes de intentar responder esta pregunta, veamos qué lecciones nos da la evolución que, mal que mal, nos trajo hasta aquí". (Allende, 2018, p.82)

Así como el gen ARGHAP11 juega un papel importante en el desarrollo cerebral de los más recientes homínidos, se han descubierto otros genes cuya función influye en el proceso evolutivo de determinadas especies de homínidos. En la tabla 16, se resumen algunos de ellos.

Tabla 16

Algunos genes involucrados en el proceso evolutivo homínido

GEN	FUNCIÓN PRINCIPAL
RNF213	Estimula el flujo de sangre hacia el cerebro al ensanchar la arteria carótida (BBC Mundo, 2015)
ASPM	Participa en la división del huso acromático durante la mitosis, por lo que se le considera determinante del tamaño cerebral (Sampedro, 2004)
SLC2A1 y SLC2A4	forman proteínas que transportan glucosa dentro y fuera de las células. Se le atribuye influencia en el crecimiento cerebral (BBC Mundo, 2015)
HACNS1 (Fragmento de ADN)	Relacionada con el desarrollo de habilidades manuales
MYH16	Genera músculos delgados en la mandíbula que la hace más pequeña, liberando espacio para el crecimiento cerebral (BBC Mundo, 2015)
SRGAP2	Genera células cerebrales con mayores conexiones neuronales
FOXP2	Permite aprender y usar el lenguaje
AMY1	Fabrica la enzima amilasa salival, la cual permite mayor consumo de carbohidratos. Se le asocia con el inicio de la agricultura
MC1R	Asociado a la coloración de la piel y la velloidad corporal. Gobierna la producción de una proteína productora de los pigmentos humanos (Wade, 2003)

RPTN	codifica para una proteína que se expresa en los folículos pilosos (Lalueza, 2011)
-------------	--

Recapitulación: ¿Qué nos hace humanos?

Durante estas guías de aprendizaje, hemos visto que todos los seres vivos almacenamos nuestra información genética en nuestro ADN, que está compuesto de genes o largas secuencias de nucleótidos conformados por la combinación de cuatro nucleótidos básicos: Adenina, Guanina, Citosina y Timina.

Hemos aprendido que estos nucleótidos al ser organizados en tripletes o codones codifican para un aminoácido específico, y que varios aminoácidos dan lugar a proteínas que desempeñan diversas funciones en la célula.

Si te has preguntado si tus genes determinan quién eres, la respuesta es sí en gran parte. La información que está en tus genes no puede ser cambiada y puede determinar muchos factores que ni siquiera te imaginas: por ejemplo, el color de tu cabello u ojos, enfermedades con las que naces o puedes padecerlas con el tiempo y también pueden determinar tu forma de ser; sin embargo, estudios han demostrado que el ambiente y la epigenética pueden regular la expresión de ciertos genes y, por tanto, también es importante al momento de definir quiénes somos y con quiénes estamos relacionados.

El estudio del ADN es importante porque la diferencia en ADN es una prueba diferencial entre especies, definiendo que tan cercanos o lejanos son. Por cierto, ¿te has preguntado qué tan diferentes somos entre humanos y que tan cercanos somos al chimpancé? La respuesta es que la diferencia entre humanos desde el punto de vista genético es inferior al 0.1 % en promedio y la diferencia entre un humano y un chimpancé es cerca de 1.2% y por ejemplo con el gorila del 1.6%. Estas diferencias las podrás ver gráficamente, como lo hacen los científicos, visitando el “árbol de la vida” (The tree of life) en la página web de NCBI dentro de las actividades de esta guía.

Es importante que tengas en cuenta que es posible corroborar la evidencia de las similitudes en el ADN con los múltiples fósiles que se encuentran en los museos y los que aún faltan por descubrir hasta llegar a un ancestro común que vivió entre 8 y 6 millones de años atrás. Además, debes saber que como especie humana también compartimos muchos genes con otros organismos diferentes a los primates.

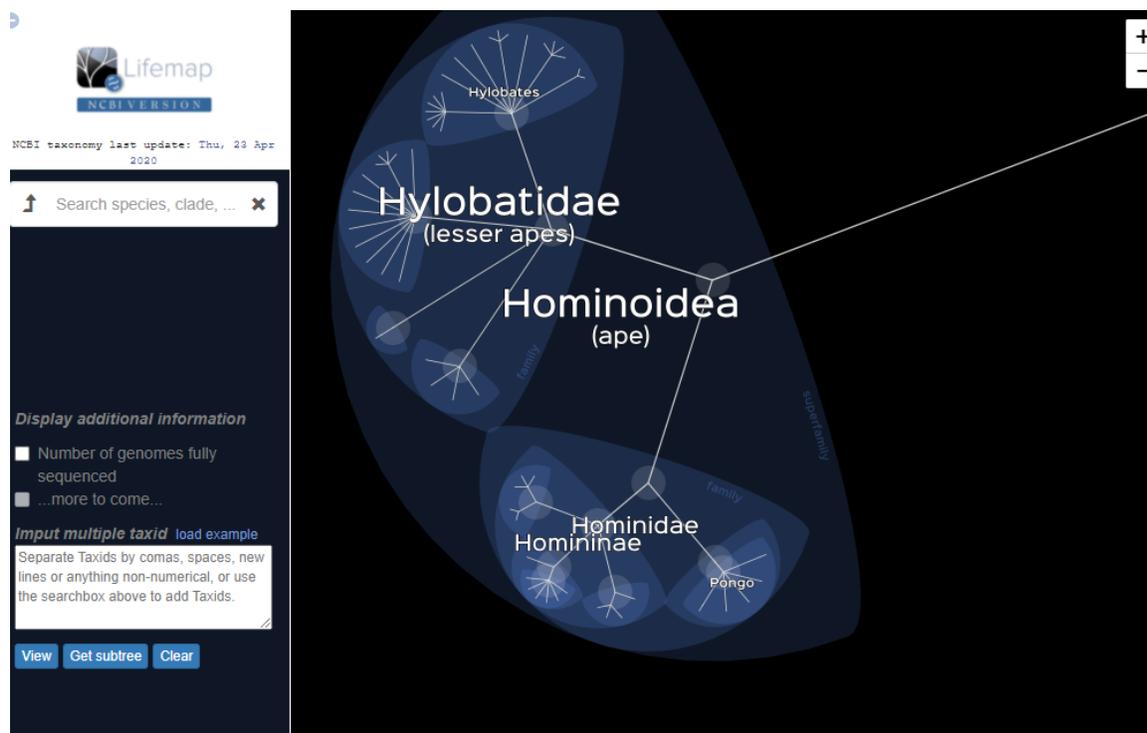
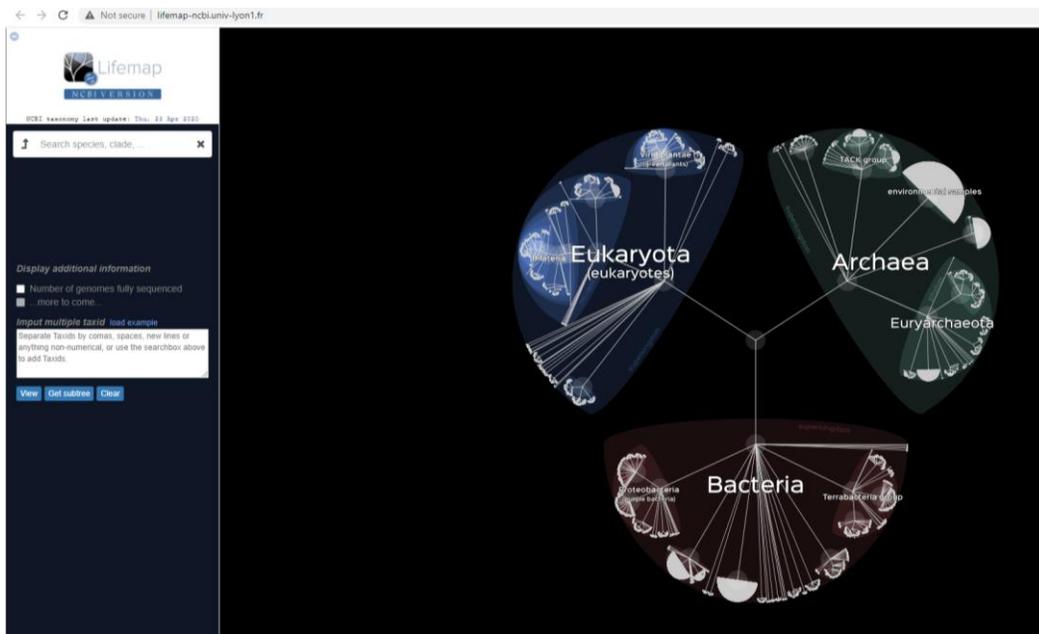
A continuación, te invito a explorar un poco sobre lo que te he hablado, siguiendo las instrucciones.

- Visita la página web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>
- Inserta en el buscador “homo” y le das click en Search (búsqueda). Y vuelves a dar click en “homo”, en taxonomy browser le das click en “Homo” y en el cuadro en la columna derecha das click en “Lifemap”. Te llevará al “lifemap” (mapa de vida) donde podrás explorar la organización taxonómica de los organismos que actualmente se encuentran secuenciados, es decir, de los cuales se conoce su genoma o gran parte de su información genética.

Los humanos nos encontramos dentro de la superfamilia hominoidea donde se encuentra también Gorila, Pongo y la subfamilia homininae. Dentro de esta subfamilia se encuentran especies “Homo”. En la actualidad se encuentran secuenciados tres subespecies Homo sapiens, Homo sapiens denisova, Homo sapiens subsp Homo sapiens neanderthalensis y parcialmente la subespecie Homo heidelbergensis.

Lo primero que observarás, son los tres grandes grupos de la organización taxonómica: Archeas y bacterias (son microorganismos) y eucariotas (eukaryote) donde nos encontramos los humanos juntos con el resto de seres vivos que tenemos células con núcleo diferenciado.

- En la barra de búsqueda puedes escribir “homo sapiens” y te aparecerán “homo sapiens denisova” “homo sapiens neardentalis” y en un lado el “homo heidelbergensis” con quienes compartimos un ancestro común. Sigue las líneas del árbol hasta encontrar el nodo donde se unen. ¿Quién es Catarrhini?



Como hemos mencionado anteriormente los científicos realizan los árboles filogenéticos, como los que has explorado con base al porcentaje de similitud genética entre diferentes especies. Debido a la magnitud del tamaño de la información almacenada en el ADN, hacer la comparación total del genoma de dos organismos diferentes nos tomaría mucho tiempo, software especializados, análisis estadísticos entre otros. Por esta razón, vamos a realizar un pequeño ejercicio donde vamos a alinear secuencias de las proteínas codificadas por el gen

Visita la página web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Selecciona Gene en la base de datos que quieres buscar y escribe el nombre del gen/proteína FOXP2 y le das click en buscar.
- Inmediatamente te aparecerá un recuadro con información del gen en homo sapiens, por ejemplo: otros nombres. Encontrarás una pestaña que dice: “orthologs” (ortólogos) que corresponden a los mismos genes en distintas especies, comparten un ancestro común y cuya diferencia probablemente se deba a las características de la especie. Da click en ortólogos.
- Lee la información relacionada a este gen que aparece en el encabezado. ¿Cuál es la función de este gen? ¿Qué podría causar una mutación en este gen?

[ncbi.nlm.nih.gov/gene/93986/ortholog/?scope=89593&term=FOXP2](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/93986/ortholog/?scope=89593&term=FOXP2)

FOXP2 - forkhead box P2

This gene encodes a member of the forkhead/winged-helix (FOX) family of transcription factors. It is expressed in fetal and adult brain as well as in several other organs such as the lung and gut. The protein product contains a FOX DNA-binding domain and a large polyglutamine tract and is an evolutionarily conserved transcription factor, which may bind directly to approximately 300 to 400 gene promoters in the human genome to regulate the expression of a variety of genes. This gene is required for proper development of speech and language regions of the brain during embryogenesis, and may be involved in a variety of biological pathways and cascades that may ultimately influence language development. Mutations in this gene cause speech-language disorder 1 (SPCH1), also known as autosomal dominant speech and language disorder with orofacial dyspraxia. Multiple alternative transcripts encoding different isoforms have been identified in this gene. [provided by RefSeq, Feb 2010]

Genes similar to FOXP2

NCBI Orthologs [How was this calculated?](#)

0 items

SEARCH THE TAXONOMY TREE

Enter taxonomic name

- Craniata
 - vertebrates

Genes Literature

348 genes for: *Craniata*

Add to cart Protein alignment Download

0 selected

Species	Gene	Architecture	aa	Previous	Next
<input type="checkbox"/> <i>Homo sapiens</i> human	FOXP2 forkhead box P2		715		▼
<input type="checkbox"/> <i>Mus musculus</i> house mouse	Foxp2 forkhead box P2		714		▼
<input type="checkbox"/> <i>Rattus norvegicus</i> Norway rat	Foxp2 forkhead box P2		711		▼
<input type="checkbox"/> <i>Danio rerio</i> zebrafish	foxp2 forkhead box P2		697		▼
<input type="checkbox"/> <i>Taeniopygia guttata</i> zebra finch	FOXP2 forkhead box P2		711		▼

- En el lado izquierdo selecciona vertebrates>> mammals >>placentals>>primates. De esta forma vamos a mirar cuáles genes ortólogos al FOXP2 se encuentran entre los primates. ¿Cuántos genes ortólogos hay entre los mamíferos?
- Cientos, ¿verdad? Ahora vamos a seleccionar unos pocos para comparar las secuencias.
- Vamos a seleccionar *Homo sapiens*, *Pan troglodytes*, *Gorilla Gorilla*, *Pan paniscus*, *Pongo abelii*. ¿Sabes cuáles son los nombres comunes de estos primates? Si no lo sabes, puedes consultarlos.
- Luego de seleccionar estas cinco especies das click en “protein alignment” y selecciona solo una secuencia por gen (“one sequence per gene (5)”)

ncbi.nlm.nih.gov/gene/93986/ortholog/?scope=9443&term=FOXP2

SEARCH THE TAXONOMY TREE

Enter taxonomic name

5 selected

one sequence per gene (5)
 all sequences per gene (37)

Species	Gene	Architecture	aa
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Homo sapiens</i> human	FOXP2		715
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Pan troglodytes</i> chimpanzee	FOXP2		758
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Macaca mulatta</i> Rhesus monkey	FOXP2 forkhead box P2		756
<input type="checkbox"/> <i>Gorilla gorilla</i> western gorilla	FOXP2 forkhead box P2		738
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Pan paniscus</i> pygmy chimpanzee	FOXP2 forkhead box P2		758
<input type="checkbox"/> <i>Callithrix jacchus</i> white-tufted-ear marmoset	FOXP2 forkhead box P2		761
<input type="checkbox"/> <i>Colobus angolensis palliatus</i>	FOXP2 forkhead box P2		456
<input type="checkbox"/> <i>Chlorocebus sabaeus</i> green monkey	FOXP2 forkhead box P2		739
<input type="checkbox"/> <i>Cercocebus atys</i> sooty mangabey	FOXP2 forkhead box P2		672
<input type="checkbox"/> <i>Macaca fascicularis</i> crab-eating macaque	FOXP2 forkhead box P2		739
<input type="checkbox"/> <i>Macaca nemestrina</i> pig-tailed macaque	FOXP2 forkhead box P2		739
<input type="checkbox"/> <i>Papio anubis</i> olive baboon	FOXP2 forkhead box P2		739
<input type="checkbox"/> <i>Theropithecus gelada</i> gelada	FOXP2 forkhead box P2		739

- Te llevará a la siguiente ventana donde debes dar click en align (“alinear”). De esta forma vamos a organizar una secuencia sobre la otra para determinar qué tan similares son.

COBALT Constraint-based Multiple Alignment Tool

COVID-19 Information

Public health information (CDC) | Research information (NIH) | SARS-CoV-2 data (NCBI) | Prevention and treatment information (HHS) | Español

COBALT computes a multiple protein sequence alignment using conserved domain and local sequence similarity information.

Enter Query Sequences

Enter at least 2 protein accessions, gis, or FASTA sequences

NP_055200.1
NP_016812279.1
NP_034810276.1
NP_027790953.1
NP_024106057.1

Or, upload FASTA file No file chosen

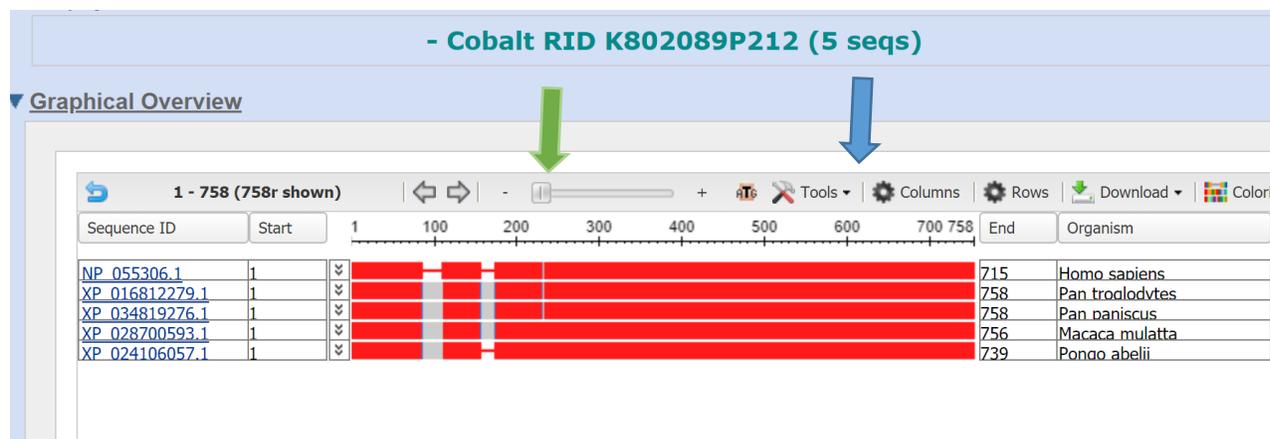
Job Title

Show results in a new window

Advanced parameters

BLAST is a registered trademark of the National Library of Medicine.
Copyright | Disclaimer | Privacy | Accessibility | Contact | Send feedback

- Te llevará a una vista grafica en dos colores; la parte roja indica las áreas comunes o que son iguales, la parte gris indica la parte donde son diferentes, puede incluso pasar que esa parte del gen está ausente en cierto organismo. También debes notar que en la parte derecha aparece el nombre de cada uno de los organismos para los cuales estamos comparando la secuencia.
- Vamos a cambiar al modo secuencia para ver las diferencias en aminoácidos. Para ello, ingresa a:
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/cobalt/cobalt.cgi>



- Da click al botón indicado con la flecha azul llamado “ATG”. Puedes desplazarte por la secuencia usando las flechas señaladas con la flecha color verde. Empieza a explorar la secuencia desde + hacia – (dirección derecha a izquierda). ¿A partir de qué posición (número) empiezas a encontrar diferencias entre los cinco? ¿Qué tipo de diferencia encuentras relacionadas con aminoácidos ausentes o aminoácidos diferentes?
- ¿En qué región (posición de aminoácidos) se encuentra la mayor diferencia?
- Para finalizar, ¿cuántos aminoácidos tiene la proteína FOXP2 en humanos y cuántos en el resto de primates comparados? ¿Crees que el tamaño de la proteína tiene que ver con el hecho que somos los únicos primates que hablamos?

Comparemos ahora con otras especies

Algunas aves tienen limitadas habilidades de lenguaje, que te parece si repites la búsqueda, pero haces la alineación con vertebrates>>birds>>parrots and others y le das click en add to cart para *Melopsittacus undulatus* y *Strigops habroptila*.

- Luego vas a vertebrates>>mammal>> primates y seleccionas *Homo sapiens* que aparece de primero click en add to cart.

0 items

SEARCH THE TAXONOMY TREE

Enter taxonomic name

- Craniata
 - vertebrates
 - birds
 - swifts and hummingbirds
 - Emu and cassowaries
 - ostriches
 - tinamous
 - kiwis
 - Galloanserae
 - hawks & eagles
 - hoatzins
 - petrels and albatrosses
 - owls
 - turacos
 - trogons and quetzals
 - hornbills
 - shorebirds and others
 - storks and others

Genes Literature

2 genes for: parrots and others (*Psittaciformes*)

Add to cart Protein alignment Download

2 selected

Species	Gene	Architecture	aa
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Melopsittacus undulatus</i> budgerigar	FOXP2 forkhead box P2		739
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Strigops habroptila</i> Kakapo	FOXP2 forkhead box P2		714

- Vas al carrito de supermercado que aparece al lado derecho y dice 3 items.

Genes similar to FOXP2

NCBI Orthologs

3 items

SEARCH THE TAXONOMY TREE

Enter taxonomic name

- Craniata
 - vertebrates
 - birds
 - swifts and hu
 - Emu and cass
 - ostriches
 - tinamous
 - kiwis
 - Galloanserae

Cart

Protein alignment Download Remove all

3 selected

Species	Gene	RNA	Protein	Remove
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Melopsittacus undulatus</i> budgerigar	FOXP2 forkhead box P2	7	7	Remove
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Strigops habroptila</i> Kakapo	FOXP2 forkhead box P2	1	1	Remove
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Homo sapiens</i> human	FOXP2 forkhead box P2	9	7	Remove
<input type="checkbox"/> <i>Pan troglodytes</i> chimpanzee	FOXP2 forkhead box P2			
<input type="checkbox"/> <i>Macaca mulatta</i>	FOXP2			

aa

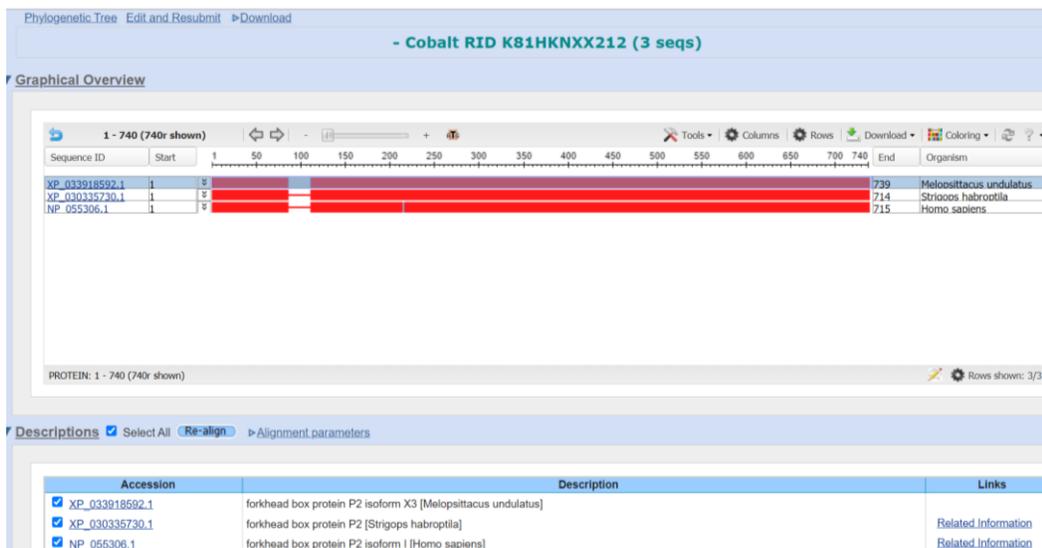
715

758

75

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/cobalt/cobalt.cgi>

- Das click en protein alignment>> one sequence per gene (3) y continuas con las mismas instrucciones dadas anteriormente.
- ¿Cuántos aminoácidos de diferencia hay entre *Homo sapiens* y cada una de las aves?



Actividad final

De acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo de la guía responde las siguientes preguntas:

- Explica qué tipo de cambios en la secuencia de ADN pueden conducir a un proceso evolutivo.
- Explica en tus palabras y ejemplifica la siguiente afirmación: “la cantidad de ADN de un organismo, no define su nivel de desarrollo ni su complejidad”, ten en cuenta la comparación entre diferentes homínidos y la especie *homo sapiens* con las aves.
- Consulta qué tipo de síntomas y/o enfermedad padecen las personas con anomalías en el gen FOXP2. Cómo crees que se pudo asociar este gen a sus funciones en el lenguaje de los humanos.

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Se propone para la evaluación de esta propuesta de enseñanza el desarrollo de las habilidades del grupo colaborativo para dar solución argumentada a las situaciones problema presentadas, de tal forma que se evidencie el alcance de las dimensiones de la competencia científica propuestas por Nagusia, (2009) que involucran la comprensión del conocimiento, explicación de la realidad natural, reconocimiento de la actividad científica y uso del conocimiento científico en la toma de decisiones. Para ello, se tendrá en cuenta en los parámetros de evaluación de la solución propuesta por los estudiantes, la argumentación soportada en bases científicas, la capacidad del grupo para dialogar y consensuar,

CAPÍTULO VI. Discusión final

La finalidad de la propuesta “enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos” se centra en proponer actividades que promueven el desarrollo de la competencia científica en los estudiantes. Para ello, se recurre al uso de las situaciones problema como un medio para orientar al estudiante, de tal forma que no se limite a acumular conocimientos, sino que como lo proponen los estándares en ciencias naturales, pueda realizar un análisis reflexivo del conocimiento y lo aplique a situaciones cotidianas.

Considerando lo anterior, la propuesta presenta una serie de situaciones problema que contextualizan el conocimiento y dos actividades de profundización, las cuales presentan un nivel de mayor complejidad, requiriendo de un mayor análisis y una mayor apropiación del conocimiento, de tal forma que el estudiante pueda llevar el conocimiento de los ácidos nucleicos más allá de su interpretación como moléculas portadoras de la información de la vida.

Para ello, se presentan usos actuales de los ácidos nucleicos en situaciones como la crisis de salud pública por Covid-19 -que, en la actualidad, no es ajena a ningún estudiante-, aplicaciones en campos investigativos como se presentó en el caso de la proteína GFP presente en la medusa verde y su extensión a las relaciones con el proceso evolutivo de los homínidos a través del uso de información patentada en las bases de datos genéticas.

Atendiendo a los argumentos anteriores, de esta propuesta se espera observar estudiantes que evidencien las dimensiones de la competencia científica que acogen la comprensión del conocimiento, la explicación de la realidad natural, el reconocimiento de la actividad científica y el uso del conocimiento científico en la toma de decisiones.

Se espera también, que el estudiante evidencie el desarrollo de las competencias sociales a través del trabajo colaborativo, donde el diálogo, el respeto por el otro y por el medio ambiente, la comprensión y el consenso serán pilares para la formación crítica, ética y con sentido de pertenencia.

CAPÍTULO VII. Conclusiones

Se identifican las dificultades asociadas al proceso de enseñanza de los ácidos nucleicos encontrando que se centran principalmente en un lenguaje abstracto y de difícil comprensión, al análisis de las estructuras de ácidos nucleicos trabajados en dos dimensiones cuando en realidad son compuestos cuyo ordenamiento es tridimensional y por último, el modo en el que los docentes presentan el tema, identificando que el tema es desarrollado de forma fragmentada y con poca orientación para reconocer las aplicaciones de los ácidos nucleicos en los múltiples campos y procesos de los que participan, lo que hace que el estudiante con poca frecuencia relacionen el conocimiento con sus vivencias.

Se construye un marco conceptual a partir de la revisión bibliográfica en artículos de revista y trabajos de tesis nacionales e internacionales, cuyo eje central se fundamenta en la enseñanza de los ácidos nucleicos, encontrando propuestas articuladas en tres ejes principales: el uso de las TIC y el papel del educador frente a éstas, las situaciones problema y el contexto como mediadores del aprendizaje y el trabajo colaborativo, evidenciando resultados significativos en la apropiación del conocimiento y en la transformación del conocimiento previo al conocimiento científico.

Se diseña una propuesta de enseñanza de los ácidos nucleicos involucrando como eje transversal la evolución de los homínidos. Se parte de una encuesta de conocimientos previos y se establecen ocho guías de aprendizaje que inician con la estructura y procesos de los ácidos nucleicos, continúan con las fuentes de variación, involucran las generalidades y el concepto de evolución hasta enfocarlo en la evolución de los homínidos y finalmente a través de un ejercicio con la información genética del árbol de la vida, se relacionan los ácidos nucleicos con el proceso evolutivo de los homínidos.

La construcción de la propuesta se realiza bajo la visión del aprendizaje significativo crítico y el trabajo colaborativo, por lo que el diseño de las actividades está orientado a enriquecer el

conocimiento previo del estudiante con el uso de los principios del conocimiento como lenguaje y la conciencia semántica. En la propuesta, se parte de la presentación didáctica de los conocimientos y posteriormente, se invita al estudiante al análisis y búsqueda de solución para situaciones problema, basadas en el contexto actual de las aplicaciones e implicaciones de los ácidos nucleicos y la evolución. Es allí donde el estudiante expresa el grado de comprensión y aprendizaje adquirido en el desarrollo de las actividades previas.

CAPÍTULO VIII. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo la implementación de la propuesta de enseñanza en el aula de clase, de tal forma que se puedan conocer con certeza los aciertos y dificultades en su desarrollo e interpretación y así, poder evaluar el alcance y pertinencia en el desarrollo de las dimensiones involucradas en el pensamiento científico.

La propuesta está diseñada en parte, para el contexto que surge a raíz de la situación de salud pública ocasionada por el covid-19, por lo que se sugiere evaluar su pertinencia en otros contextos y necesidades educativas. Igualmente, en su diseño se abordan variadas herramientas tecnológicas como simuladores, juegos, búsqueda en bases de datos, diseñadores moleculares entre otros, por lo que se recomienda evaluar y explorar con anterioridad cada una de las herramientas y ajustarlas a la situación particular.

El papel del docente durante la propuesta principalmente se acoge al de orientador y guía en el desarrollo de las actividades, pero es necesaria su vinculación en la ampliación de temas como los procesos de síntesis, transcripción y traducción y en una adecuada orientación para dar solución a las situaciones problema planteadas, debido a que requieren de una mayor profundidad teórica. Para su éxito se recomienda que tanto docente como estudiantes asuman el desarrollo de las actividades con compromiso y responsabilidad y en el caso del docente es además fundamental su mediación entre las TIC y el conocimiento.

Referencias

- 365, A. (16 de Abril de 2018). *Youtube*. Obtenido de Aula 365: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=8wUZZ03qGz8&t=364s>
- Abreu, V., Castello, K. M., & Vianna, J. (2011). "Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 115-124.
- Adu, E., & Galloway, G. (2015). Information and communication Technologies (ICT) and Teacher Education Preparation in South Africa: Implications for 21st Century Classroom-based Practice. *J Communication*, 242-247.
- Ajanaku, A., Gambari, I., & Ibrahim, I. (2019). Development and assessment of gamification instructional package on genetic concepts por senior secondary schools achievement and gender in Minna, Nigeria. *Actas de la Conferencia de la 3ra Conferencia y Taller Internacional de AITIE sobre Innovación, Tecnología y Educación (ICWITE, Abuja)* (págs. 244-249). Abuja: Dspace.
- Allende, M. (2018). *La lógica de los genomas*. Santiago de Chile: Centro de Regulación del Genoma.
- Arizona State University. (2021). *Arizona State University*. Obtenido de <https://askabiologist.asu.edu/c%C3%B3mo-construir-un-monstruo>
- Ayuso, G. E., & Hernández, E. B. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 133-157.
- Bastidas, L., & Oliveros, M. (2018). Aproximación a las concepciones sobre ADN y ARN de estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila. *Erasmus Semilleros de investigación*, 79-85.
- Bausela, E. (2004). La docencia a través de la investigación acción. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-9.
- BBC Mundo. (22 de Marzo de 2015). *BBC News*. Obtenido de BBC News: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150317_ciencia_15_cambios_humanos_finde_np
- Becerra, D. (2013). *Secuencia didáctica para el desarrollo de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estructura de los ácidos nucleicos - DNA - con estudiantes de noveno*

- grado de la Institución Educativa Diego Echavarría misas del municipio de Medellín – 2013. Medellín: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Belmonte, M., Garcia, M., & Hernández, J. (2021). Evaluación de un taller de gamificación para formar al Homo Ludens Educativo. *Revista portuguesa de educación*, 226 -245.
- Berritzegune Nagusia. (2009). *Competencia en cultura científica, tecnológica y de la salud: educación secundaria obligatoria*. Obtenido de Redined: <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/handle/11162/152585>
- Berritzegune Nagusia. (2016). *Caracterización de la situación problema. Educación básica modelos*. Obtenido de Berrigasteiz: https://www.berrigasteiz.com/site_argitalpenak/docs/320_curriculum/3202016006_Pub_BN_arazo_egoerak_oinarritzko_3202016006c_Pub_BN_arazo_egoerak_oinarritzko_ezaugarriak_c.pdf
- Besoain, F., Jego, L., & Arenas, M. (6-8 de Junio de 2018). Implementation of a Gamified Puzzle Based on Pro-origami Protein Structure Cartoons: an Experience in Virtual Reality. *Congreso Bienal de IEEE de Argentina* (págs. 1-7). San Miguel de Tucuman: ARGENCON.
- Biology Simulations*. (2021). Obtenido de <https://www.biology-simulations.com/genetic-drift-bottleneck-event>
- Biology Simulations*. (2021). Obtenido de <https://www.biology-simulations.com/evolution>
- Biology Simulations*. (2021). Obtenido de <https://www.biology-simulations.com/genetic-drift-bottleneck-event>
- Biology Simulations*. (2021). Obtenido de <https://www.biology-simulations.com/genetic-drift-founder-effect>
- Biomodel*. (2021). Obtenido de <http://biomodel.uah.es/>
- Bonilla, D., Villamil, V., & Montes, J. (2019). Uso de simuladores 3d como estrategia tecnopedagógica para la transferencia de conocimiento en el aprendizaje de la anatomía animal. *Ecapma: Working papers*, 1-12.
- Cabero, J., & Costas, J. (2016). La utilización de simuladores para la formación de los alumnos. *Prisma Social N° 17. Revista de investigación social*, 343-372.
- Cardellá, L., Companioni, M., Hernández, M., Briggs, M., & Gómez, A. (2009). Materiales en soporte electrónico para la enseñanza de la Bioquímica. *Panorama Cuba*, 25-30.

- Carreño, P., & Contraras, G. (2012). Simuladores en el ámbito educativo. Un recurso didáctico para la enseñanza. *Ingenium*, 107-119.
- Chamoso, J., & Herrera, J. (2003). Situaciones problemas generadas en contextos cotidianos: una estrategia didáctica. *Revista EMA*, 89 - 110.
- ConCiencia, S. C. (28 de Septiembre de 2017). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=G57u3V8MnO0>
- Congreso de la República de Colombia. (8 de Febrero de 1994). *Ley 115*. Obtenido de Ministerio de Educación Nacional: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906_archivo_pdf.pdf
- Constructor del Monstruo*. (2021). Obtenido de <https://askabiologist.asu.edu/constructor-de-monstruos-juego/play.html>
- Davenport, J., Pique, M., Getzoff, E., Huntoon, J., Gardner, A., & Olson, A. (2017). A Self-Assisting Protein Folding Model for Teaching Structural Molecular Biology. *Structure* 25, 671-678.
- Deweese, J. E., Osheroff, M. A., & Osheroff, N. (2008). DNA Topology and Topoisomerases: Teaching a “Knotty” Subject*. *Biochem Mol Biol Educ*, 2-10.
- Diez, D. (2010). *Aprendizaje significativo crítico del concepto de gen en estudiantes de la carrera docente de biología de la UPEL-IPC de Venezuela*. Burgos: Tesis de maestría de la Universidad de Burgos.
- Dinghi, P. A., Guzmán, N. V., & Monti, D. S. (2019). Jugando con Dragones: Una experiencia lúdica como introducción a los conceptos filogenéticos en la enseñanza de la biodiversidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1201(01) - 1201(16).
- Doliveira, H. S. (2015). *Projeto Genus: uma ferramenta pedagógica para auxiliar no processo ensino-aprendizagem de genética*. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Expasy. (2021). *Expasy*. Obtenido de <https://web.expasy.org/translate/>
- Expasy. (s.f.). *Expasy*. Obtenido de <https://www.expasy.org/about>
- Flores, D., Limaymanta, C., & Uribe, A. (2021). La gamificación en el desarrollo de la alfabetización informacional desde la perspectiva de los estudiantes universitarios. *Revista Interamericana de bibliotecología*, 1-13.

- Foncubierta, J., & Rodríguez, C. (2014). Didáctica de la gamificación en la clase de español. *Edinumen*, 1-8.
- Freitas, J. A. (2019). *A gamificação aliada ao uso das tecnologias móveis (smartphones e tablets) e QR code como estratégia facilitadora de aprendizagem dos conteúdos de genética*. Vitória de Santo Antão: Tesis de máster de posgrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- Funa, A., & Ricafort, J. (2019). Validation of Gamified Instructional Materials in Genetics for Grade 12 STEM Students. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 168-180.
- Fundación Ibercaja. (2021). *Fundación Ibercaja*. Obtenido de <https://aulaenred.ibercaja.es/contenidos-didacticos/adn-alfabeto-la-vida/replicacion-del-adn-5024/>
- Garrido, M. (2006). El reto del cambio educativo: nuevos escenarios y modalidades de formación. *Educar*, 243-258.
- Gutierrez, J., & Ysela, S. (2020). *Trabajo colaborativo y relaciones interpersonales en docentes de la I.E. N° 0073 "Benito Juárez" S.J.L. - 2020*. Lima Este: Tesis de maestría. Universidad César Vallejo.
- Hernández, W., Barrera, B., Mendoza, F., & Peña, J. (2017). Herramientas para la enseñanza de la visualización y diseño molecular de metabolitos y macromoléculas. *Investigación y Ciencia*, 45-51.
- Hünicken, L. A. (2020). *Gamificación y aprendizaje adaptativo para el desarrollo de competencias: El caso de la asignatura Algoritmos y Estructuras de datos*. Buenos Aires: Tesis de maestría. Universidad Nacional de la Plata.
- Hurtado, D. (2019). *Propuesta didáctica para lograr un aprendizaje significativo crítico del concepto de ciclo celular*. Medellín: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Iñiguez, F. J. (2006). *La Enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Barcelona: Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- Ituriago, V. (2011). *Implementación de las tics en la enseñanza de los ácidos nucleicos en los estudiantes de grado 10-3 de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta*. Medellín: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.

- labxchange. (2021). Obtenido de https://www.labxchange.org/library/pathway/lx-pathway:96f88863-df68-49da-b59d-7e2bc329e2b2/items/lx-pb:96f88863-df68-49da-b59d-7e2bc329e2b2:lx_simulation:32acd702
- Lalueza, C. (8 de Agosto de 2011). *Por qué el Homo sapiens' perdió el vello del cuerpo? ¿Qué ventaja le supuso esto?* Obtenido de Público: <https://www.publico.es/actualidad/homo-sapiens-perdio-vello-del.html>
- Lara, J. (1997). ESTRATEGIAS PARA UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO-CONSTRUCTIVISTA. *Enseñanza*, 29-50.
- Legends of Learning.* (2021). Obtenido de https://app.legendsoflearning.com/login/students/do_you_have_an_account
- Let's Get Healthy.* (2021). Obtenido de <http://www.letsgethealthy.org/students/games/epigenetics-game/>
- Londoño, D. (2019). *Estrategia de enseñanza – aprendizaje didáctico sobre los conceptos básicos de la genética en los estudiantes del grado octavo de la institución Educativa Juvenil Nuevo Futuro del municipio de Medellín.* Medellín: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Machado, G., Álvarez, M., & Suarez, S. D. (Junio de 2018). Impacto educativo del laboratorio virtual de propiedades coligativas. *XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (págs. 245-250). Posadas: Red de Universidades con Carreras en Informática.
- Marente, M. (2020). *Uso de la gamificación en la asignatura de Biología y Geología para abordar los contenidos de la célula, el ciclo celular y la herencia genética en 4º de ESO.* Cadiz: Trabajo fin de máster. Universidad Internacional de la Rioja.
- Medina, C. (2013). Bioinformática, más que una herramienta de investigación. *Revista Habitus: Semilleros de investigación*, 46-47.
- Méndez, E., & Arteaga, Y. (2016). Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la genética. *Revista Omnia*, 61-73.
- Ministerio de Educación de Colombia. (1998). *Lineamiento curriculares ciencias naturales.* Bogotá.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2004). *Estándares básicos de competencias sencillo.* Bogotá: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf.

- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2006). *Estandares básicos completo*. Obtenido de Mineducación: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf3.pdf
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje: Ciencias Naturales*. Obtenido de Eduteka: https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/DBA_CNaturales.pdf
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2017). *Guía de orientación PISA 2018. Competencia global Colombia*. Bogotá, Colombia. Obtenido de ICFES.
- Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2002). *Política nacional de educación ambiental*. Obtenido de Universidad Católica de Oriente (UCO): <https://www.uco.edu.co/extension/prau/Biblioteca%20Marco%20Normativo/Politica%20Nacional%20Educacion%20Ambiental.pdf>
- Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente. *Actad del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo*, (págs. 1-16). Burgos.
- Moreira, M. A. (1997). *APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: UN CONCEPTO SUBYACENTE*.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa. Boletín de estudios e investigación*, 83 - 102.
- Naciones Unidas. (2002). *Informe de la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible. Johannesburgo (Sudáfrica)*. Nueva York: Naciones Unidas.
- National Center for Biotechnology Information. (2021). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/NationalMuseumofNaturalHistory>. (2021). Obtenido de https://naturalhistory2.si.edu/vt3/NMNH/z_tour-105.html
- NCBI. (2021). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>
- NCBI. (2021). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/cobalt/cobalt.cgi>
- Nunes, R., Barbosa de Almeida Júnior, E., Pinto de Menezes, I. P., & Malafaia, G. (2015). Learning nucleic acids solving by bioinformatics problems. *Biochemistry Molecular Biology Education*, 377 - 383.
- Ortiz, L., & Sanz, I. (2021). Estado actual de las vacunas frente a la Covid-19-. *Revista de formación continuada de la sociedad española de medicina de la adolescencia*, 90-101.
- PEI I.E. Rosa Mesa de Mejía. (2019). Misión.

- Pereira, M., & Martins, F. (2004). *O uso do jogo Dominó/DNA na aprendizagem de duplicação de cromossomos na Escola de Aplicação da FFPG/UPE*. Recife: Dissertacoes de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- Polanco, M. (2011). Resolución de situaciones problemas en la enseñanza de las ciencias: un estudio de análisis.. *Revista EDUCyT*, 123 - 138.
- Potyrala, K., & Wolek, J. (2005). The influence of ict tools on biological competence of students in the area of genetic knowledge: preliminary report. *Actas de la conferencia CBLIS 2005 Integración de nuevas tecnologías en la ciencia y la educación* (págs. 516-526). Nicosia: Universidad de Zilina.
- Prada, R., Hernandez, C., & Avendaño, W. (2021). Gamificación y evaluación formativa en la asignatura de matemática a través de herramienta web 2.0. *Revista Boletín Redipe*, 243-261.
- Rassetto, M., Abad, A., Zapata, N., Orellano, P., & Hidalgo, A. (2009). Implementación de las tic en temas ambientales en la formación de profesores de enseñanza primaria. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didacticas*, 2297 - 2302.
- Replicación del DNA*. (2021). Obtenido de <http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/replic/replic7.html>
- Restrepo, E. (2021). *Estrategia didáctica basada en gamificación para el proceso de enseñanza de la genética molecular*. Medellín: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Robles, R., Ayala, P., & Perdomo, S. (2012). Epigenética: definición, bases moleculares e implicaciones en la salud y en la evolución humana. *Revista Ciencias De La Salud*, 59-71.
- Rodriguez, L. (2014). *Aprendizaje de los ácidos nucleicos desde la modelización en estudiantes de educación superior de la Universidad del Cauca*. Popayán: Tesis de maestría. Universidad del Cauca.
- Said, A., Acevedo, E., Urzúa, B., Cifuentes, V., & Sepúlveda, D. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la biología molecular y la biotecnología, en estudiantes de educación media. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 3138 - 3142.
- Sampedro, J. (27 de Enero de 2004). *El país*. Obtenido de El país: https://elpais.com/diario/2004/01/28/futuro/1075244401_850215.html

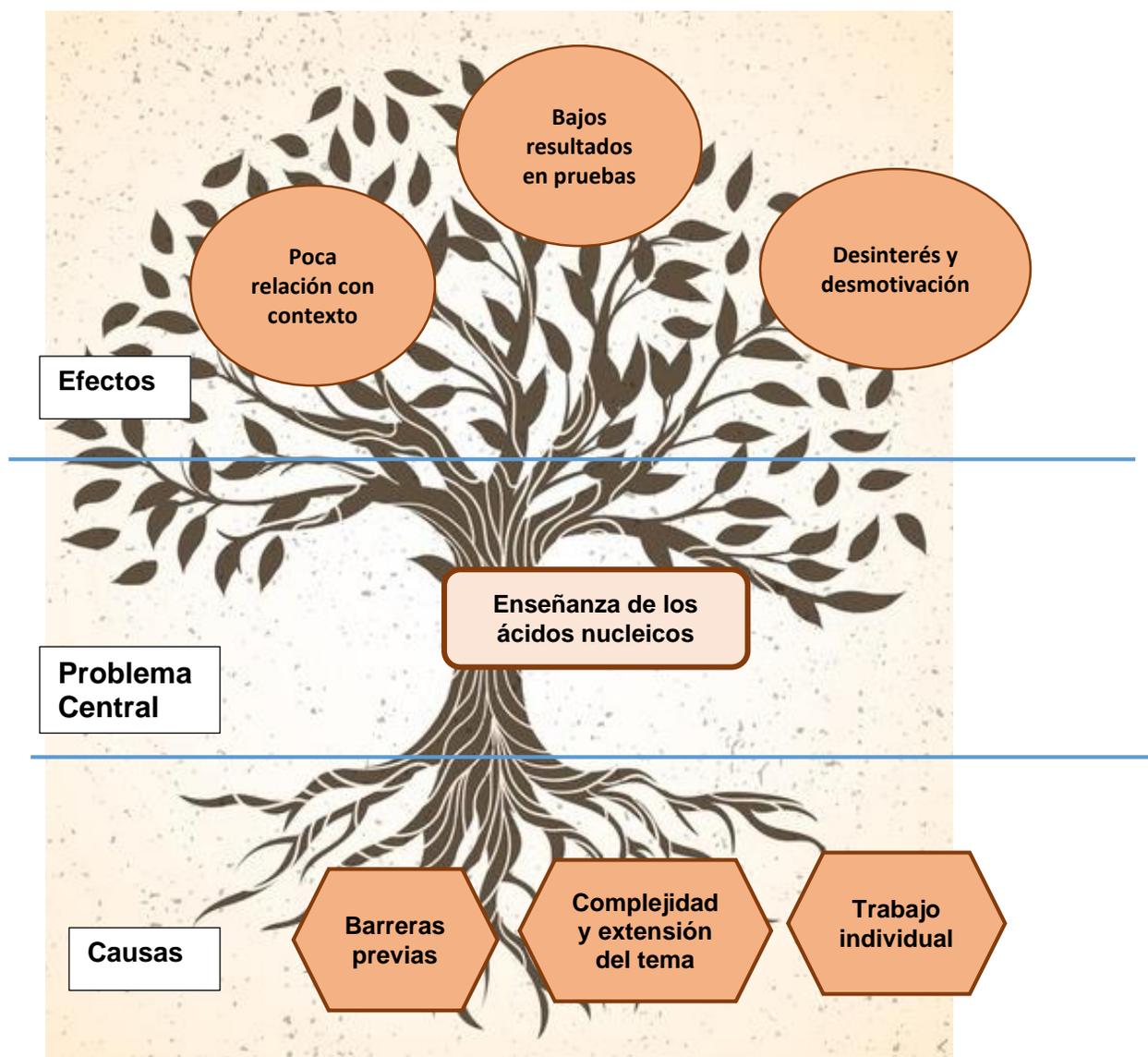
- Sanchez, L. (2021). Gamificación personalizada para fortalecer aprendizajes significativos de la asignatura matemática. *Interconectando Saberes*, 29-37.
- Santas, L. (2017/2018). *Gamificación en el aula: el azar de las enfermedades genéticas*. Zaragoza: Trabajo fin de máster. Universidad de Zaragoza.
- Serna, A. (2017). El conocimiento profesional del profesor de biología en relación con el aprendizaje del concepto ácido nucleico. *Bio-grafía*, 311-318.
- Séverine, D., Gabella, C., Lisacek, F., Stockinger, H., Ioannidis, V., & Durinx, C. (2021). Expasy, the Swiss Bioinformatics Resource Portal, as designed by its users. *Nucleic Acids Research*, 216-227.
- Sinivas, H. (2011). *Collaborative Learning*. Obtenido de <http://www.gdrc.org/kmgmt/c-learn/>
- Sister, A. (29 de Agosto de 2019). *Youtube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=JQByjprj_mA
- Suárez, M. (2000). Las corrientes pedagógicas contemporáneas y sus implicaciones en las tareas del docente y en el desarrollo curricular. *Acción Pedagógica*, 42-51.
- Swiss-Model. (2021). Obtenido de <https://swissmodel.expasy.org/>
- Swiss-Model. (2021). Obtenido de <https://swissmodel.expasy.org/comparison/>
- Tamayo, L. (2007). Tendencias de la pedagogía en Colombia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 65 - 76.
- Understanding Evolution*. (2021). Obtenido de https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_02_sp
- UNESCO. (2015). *Educación 2030. Declaración de Incheon y Marco de acción hacia una educación inclusiva y equitativa de calidad y un aprendizaje a lo largo de la vida para todos*. Obtenido de UNESCO: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_spa
- Villalobos, E., Zepeda, C., Noriega, A., Espejo, L., Sánchez, G., Sánchez, J., & Carrillo, J. (2013). Enseñanza de la bioinformática utilizando programación estructurada para el análisis de ADN. *Primer foro multidisciplinario de investigación*. Tuxtepec: Universidad del Papaloapan.
- Wade, N. (16 de Septiembre de 2003). *El País*. Obtenido de *El País*: https://elpais.com/diario/2003/09/17/futuro/1063749601_850215.html
- Welter, K. (2008). La proteína verde fluorescente: una herramienta valiosa en la biomedicina. *Avances en Química*, 99-103.

Anexos

A. Anexo A: Lluvia de ideas

- Barreras previas en cuanto a dificultad en comprensión del tema de enseñanza de los ácidos nucleicos.
- La enseñanza de los ácidos nucleicos, al resignificarla con un contexto, promueve el desarrollo del pensamiento científico.
- Relacionar los dominios de conocimiento sobre ácidos nucleicos con contextos reales, de modo que se pueda abarcar mayor sentido del mundo que los rodea.
- Se hace necesario el desarrollo de una propuesta que guíe al estudiante a la comprensión de que los ácidos nucleicos van más allá de unas simples moléculas, y que su importancia radica en que abarca todos los procesos biológicos de los seres vivos.
- Desarrollo del pensamiento científico como finalidad central de la educación en ciencias y tecnología.
- El pensamiento científico se logra a través del paso por tres procesos mentales: descripción, explicación acudiendo a conceptos teóricos y explicaciones generales holísticas.
- Proceso general para el tema de ácidos nucleicos: resolución y planteamiento de problemas.
- La propuesta debe abarcar lo sugerido por los estándares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional y mejorar los niveles en pruebas internas y externas.
- Debido a la complejidad y relevancia del tema, debe flexibilizarse el tiempo establecido para su enseñanza.
- Situaciones problema como estrategia de enseñanza para abordar la relación de ácidos nucleicos con evolución de los homínidos.
- Esta propuesta debe impactar no solo en estudiantes sino también en docentes, al tomar otra visión de la importancia de los ácidos nucleicos en los procesos biológicos.

B. Anexo B: Árbol del problema



[Vector de Árbol creado por freepik - www.freepik.es](https://www.freepik.es/vectores/arbol)

C. Anexo C: Antecedentes

Se tendrán en cuenta primero los estudios que tienen relación con la disciplina que enmarca esta propuesta de enseñanza: los ácidos nucleicos y su relación con la evolución de los homínidos. En segundo lugar, se proseguirá con antecedentes de la metodología que se asumirá en el diseño e implementación de la estrategia de

enseñanza, en relación al desarrollo del ciclo didáctico bajo el aprendizaje significativo crítico.

Nota: Los resúmenes en su mayoría, han sido tomados textualmente, por lo que se cita la fuente para su ampliación.

Antecedentes nacionales

Año: 2019	Carácter de la publicación: Tesis de maestría
Autores: Londoño España, Diana Carmenza (Autora), Álvarez Restrepo, John Alejandro(Asesor)	Título: Estrategia de enseñanza – aprendizaje didáctico sobre los conceptos básicos de la genética en los estudiantes del grado octavo de la institución Educativa Juvenil Nuevo Futuro del municipio de Medellín.
Resumen: Presenta una propuesta de enseñanza para el aprendizaje didáctico sobre los conceptos básicos de la genética. Se implementó con los estudiantes del grado octavo de la básica secundaria de la institución educativa Juvenil Nuevo Futuro de la ciudad de Medellín en el periodo del 2018 - 2019, bajo el modelo constructivismo social. Tiene como objetivo principal, el mejoramiento de la enseñanza de los conceptos básicos de la genética por medio de la implementación de dos estrategias fundamentadas en algunos principios del aprendizaje significativo crítico de Marco Antonio Moreira en el año 2010 y algunos principios del modelo educativo tradicional.	
Link de Acceso: http://www.bdigital.unal.edu.co/74855/2/43906459.2019.pdf	
Referencia: Londoño, D (2019). Estrategia de enseñanza – aprendizaje didáctico sobre los conceptos básicos de la genética en los estudiantes del grado octavo de la institución Educativa Juvenil Nuevo Futuro del municipio de Medellín. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.	

Año: 2017	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autor: Serna Dimas, Andrea	Título: El conocimiento profesional del profesor de biología en relación con el aprendizaje del concepto ácido nucleico
Resumen: Plantea una serie de aspectos involucrados en los procesos que adelanta el profesor en el aula, dentro de los cuales se incluyen sus concepciones respecto a la materia que enseña, el cómo la enseña y cuáles son sus propósitos, implícitos y explícitos, respecto al aprendizaje.	

<p>Específicamente, en la enseñanza de las ciencias, se relaciona el modelo de formación al cual responde el profesor como un factor influyente en la manera como este presenta los contenidos de las ciencias, particularmente, de la biología.</p>
<p>Link de Acceso: https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/7120/5787</p>
<p>Referencia: Serna, D (2017). El conocimiento profesional del profesor de biología en relación con el aprendizaje del concepto ácido nucleico. Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. ISSN 2027-1034. Edición extraordinaria pp.311-318.</p>

<p>Año: 2014</p>	<p>Carácter de la publicación: tesis de maestría</p>
<p>Autores: Rodríguez Argote, Libia Jannet</p>	<p>Título: Aprendizaje de los ácidos nucleicos desde la modelización en estudiantes de educación superior de la Universidad del Cauca.</p>
<p>Resumen: Se indaga sobre las dificultades, potencialidades, estilos de aprendizaje y la posible estrategia frente para enfrentar el aprendizaje de la estructura química y funcional de los ácidos nucleicos en estudiantes de la asignatura de genética del programa de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la educación, de la Universidad del Cauca, durante dos períodos académicos.</p> <p>El trabajo se desarrolla mediante la etnografía educativa, empleando la observación participante con diarios de campo, test de Kolb, aplicación de cuestionarios, entrevistas y talleres.</p> <p>Se usa la modelización para el aprendizaje de la estructura de los ácidos nucleicos, facilitando el paso de lo concreto a lo abstracto. El uso de las TIC, se enfocó en el intercambio de información entre docentes y estudiantes a través del correo electrónico y las estrategias didácticas del docente con más empatía, se relacionaron con la motivación por parte de los estudiantes.</p> <p>Según el text de Kolb, se describen para el grupo I (segundo periodo académico de 2012) los estilos Teórico y Activo, mientras que para el grupo II (primer período académico de 2013), los estilos Teórico, Reflexivo y Pragmático.</p> <p>La propuesta de aprendizaje se sustenta en el proceso de modelización con maquetas que mostró buena acogida por parte de los estudiantes y expresiones sobre su influencia positiva en el aprendizaje, de igual manera en la incorporación del lenguaje de programación Scratch para desarrollar animaciones virtuales que empiecen a involucrar el uso de las TIC en el aula.</p>	
<p>Link de Acceso: http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/960</p>	
<p>Referencia: Rodríguez, L. (2014). Aprendizaje de los ácidos nucleicos desde la modelización en estudiantes de educación superior de la Universidad del Cauca. Tesis de maestría</p>	

Universidad del Cauca.

Año: 2011	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autores: Bastidas Varga, Leidy Lorena. Oliveros Calderón, Marilyn.	Título: Aproximación a las concepciones sobre ADN y ARN de estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila.
<p>Resumen: Presentamos resultados preliminares de un proyecto de investigación con el cual se pretendió favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras en estudiantes del grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva, Huila. El estudio tiene enfoque mixto con diseño cuasi experimental y alcance descriptivo e interpretativo en donde hacemos uso del cuestionario para indagar las concepciones e ideas previas en los dos grupos, uno de intervención y el otro tipo control. Los participantes del grupo intervenido, son 36 estudiantes con edades entre 14 y 17 años y pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2. Construimos categorías desde las respuestas del estudiantado para el momento inicial y final de la intervención de aula. Hacemos uso de la prueba t-student en el software SPSS para reconocer valores de significancia y un progreso en las concepciones. Destacamos, que inicialmente las concepciones de los estudiantes se alejaban de las definiciones desde el conocimiento científico, evidenciando dificultad en temáticas relacionadas con la estructura, composición e importancia del material genético a nivel celular. No obstante, posteriormente, se observa que las actividades propuestas aportaron al proceso formativo, movilizandando ideas y desarrollando competencias en el grupo intervenido.</p>	
Link de Acceso: https://journalusco.edu.co/index.php/erasmus/issue/view/166	
Referencia: Vargas, L. L. B., & Calderón, M. O. (2018). Aproximación a las concepciones sobre ADN y ARN de estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila. Erasmus Semilleros de Investigación, 3(1).	

Año: 2011	Carácter de la publicación: tesis maestría
Autores: Iturriago Arrieta, Vinelva (Autora), Piedrahita Ospina, Alberto Alejandro (Asesor) Ovalle Carranza, Demetrio Arturo (Director)	Título: Implementación de las TICS en la enseñanza de los ácidos nucleicos en los estudiantes de grado 10-3 de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta

<p>Resumen: La propuesta se orientó en sustentar el uso de las TIC como estrategia didáctica al proceso de la enseñanza de los ácidos nucleicos y las utiliza como alternativa innovadora para crear un ambiente apropiado que beneficie el aprendizaje de los estudiantes.</p>
<p>Link de Acceso: http://bdigital.unal.edu.co/5869/1/37933390.2012.pdf</p>
<p>Referencia: Iturriago, V (2011). Implementación de las TICS en la enseñanza de los ácidos nucleicos en los estudiantes de grado 10-3 de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta. Tesis de maestría Universidad Nacional de Colombia.</p>

<p>Año: 2013</p>	<p>Carácter de la publicación: tesis maestría</p>
<p>Autores: Becerra Murillo, Deyvis Del Carmen (autor) Moreno Alzate, María Neifer (director)</p>	<p>Título: Secuencia didáctica para el desarrollo de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estructura de los ácidos nucleicos –DNA- con estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Diego Echavarría misas del municipio de Medellín - 2013</p>
<p>Resumen: El objeto fundamental se centra en abordar el concepto de estructura de los ácidos nucleicos-DNA, desde una praxis científica como experiencia de aprendizaje significativo. El enfoque instrumental gira en torno al diseño de una secuencia de actividades didácticas, con las que se busca, entre varios aspectos: (i) contextualizar la práctica del conocimiento de la estructura de los ácidos nucleicos-DNA en las prácticas de análisis biológico, (ii) relacionar dichos saberes con otras temáticas del área a lo largo de la formación académica y (iii) generar síntesis como plano de reflexión constructivista de los aprendizajes significativos en el debate crítico con los estudiantes; bien sea desde el acontecimiento biológico o desde las percepciones éticas de la ciencia, en la función de promoción, protección y conservación de la vida.</p>	
<p>Link de Acceso: https://core.ac.uk/download/pdf/19485242.pdf</p>	
<p>Referencia: Becerra, D (2013). Secuencia didáctica para el desarrollo de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estructura de los ácidos nucleicos –DNA- con estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Diego Echavarría misas del municipio de Medellín – 2013. Tesis de maestría Universidad Nacional de Colombia.</p>	

Antecedentes internacionales

<p>Año: 2019</p>	<p>Carácter de la publicación: tesis de maestría</p>
<p>Autores: Batista de Freitas, José Alexandre</p>	<p>Título: Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la genética</p>

Resumen: La enseñanza de la biología en las escuelas públicas actuales se presenta como un gran desafío para el docente, ya sea por el poco interés mostrado por los estudiantes en el proceso de aprendizaje, y también, no menos importante, por la falta de estructura física en las escuelas. Por otro lado, este mismo joven, que forma parte de la generación digital, habiendo nacido en un entorno con fácil acceso a internet, así como acceso a las más variadas tecnologías, tiene a mano herramientas que pueden ser utilizadas en favor del aprendizaje. Así, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar y aplicar una actividad práctica que implicó el uso de teléfonos inteligentes / tabletas, combinado con el uso de código QR, ambos asociados a una estrategia de gamificación en el aprendizaje de conceptos de genética para estudiantes de 1er grado de un colegio público, en un barrio de Nova Descoberta, en la parte norte de la ciudad de Recife / PE. La actividad se realizó con tres grupos de primer curso, totalizando 99 alumnos. Las clases realizaron la actividad práctica y respondieron un cuestionario "a priori" y "a posteriori" de la práctica, y un tercer grupo pasó por la clase expositiva tradicional y respondió los cuestionarios 1 y 2. El análisis de datos mostró que los estudiantes, que aprobaron la actividad de gamificación, tuvieron un mejor desempeño en los instrumentos de evaluación en comparación con los alumnos de 1er curso que no realizaron la actividad de gamificación. Por regla general, los grupos estaban bastante dispuestos a participar en la actividad propuesta y aún podían usar sus teléfonos celulares en el ambiente escolar a favor de una actividad pedagógica, lo que hizo que la actividad fuera aún más cautivadora para los estudiantes. Así, la actividad de gamificación fue bien acogida por los estudiantes que pudieron participar en una nueva práctica desafiante utilizando sus teléfonos inteligentes, dejando el lugar común de un aula local donde incluso está prohibido el uso de teléfonos celulares por parte de los estudiantes.

Link de Acceso: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35504>

Referencia: Freitas, J. A. B. D. (2019). A gamificação aliada ao uso das tecnologias móveis (smartphones e tablets) e QR Code como estratégia facilitadora de aprendizagem dos conteúdos de genética (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

Año: 2016	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autores: Méndez Méndez, Eduardo Arteaga Quevedo, Yannett	Título: Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la genética
Resumen: Describe las estrategias didácticas utilizadas por docentes de biología para la enseñanza de contenidos referidos a genética, bajo una investigación cualitativa de tipo etnográfico. Se trabajó la observación de clases con 16 docentes de tercero, cuarto y quinto año de Educación Media General en instituciones de Maracaibo, Zulia, Venezuela. Recomiendan que	

los docentes reflexiones sobre los propósitos de su enseñanza para planificar estrategias didácticas cónsonas con el desarrollo de aprendizajes integrales en el marco de la naturaleza del área.

Link de Acceso: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/737/73747750006/html/index.html>

Referencia: Méndez, E y Arteaga, Y (2016). Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la genética. Revista Omnia, año 22, No.1 pp. 61-73 Universidad del Zulia.

Año: 2015	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autores: Nunes, Rhewtwer. Barbosa de Almeida, Júnior. Pessoa Pinto de Menezes, Ivandilson. Malafaia, Guilherme	Título: Aprendizaje de los ácidos nucleicos resolviendo problemas bioinformáticos.
Resumen: El artículo describe el desarrollo de un nuevo enfoque para enseñar biología molecular a estudiantes universitarios de biología. Los 34 estudiantes que participaron en esta investigación pertenecían al primer período del curso de docencia en Ciencias Biológicas del Instituto Federal Goiano en el Recinto de Urutaí, Brasil. Fueron registrados en Biología Celular en el primer semestre de 2013. Recibieron cuatro conferencias expositivas / dialogadas de 55 minutos que cubrieron el contenido de "estructura y funciones de los ácidos nucleicos". Posteriormente se invitó a los estudiantes a asistir a cuatro reuniones (en un laboratorio de computación) en las que se presentaron algunos conceptos de Bioinformática y se resolvieron algunos problemas de la plataforma Rosalind. Las observaciones que presentamos aquí son muy útiles como base amplia para el desarrollo de nuevas investigaciones.	
Link de Acceso: https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.20886	
Referencia: Nunes R, Barbosa de Almeida Júnior E, Pessoa Pinto de Menezes I, Malafaia G. Learning nucleic acids solving by bioinformatics problems. Biochem Mol Biol Educ. 2015 Sep-Oct;43(5):377-83. doi: 10.1002/bmb.20886. Epub 2015 Aug 6. PMID: 26251209.	

Año: 2011	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autores: Abreu de Andrade, Viviane Castello Branco da Cunha, Karla Maria Vianna Barbosa, Júlio	Título: "Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos
Resumen: Presenta una propuesta de construcción de un modelo didáctico tridimensional para la enseñanza de ácidos nucleicos (ADN y ARN) a partir de materiales de bajo coste, como: pajitas	

de refresco, tijeras, elástico látex y aguja; de simple manipulación y de fácil adquisición en el mercado. Y sugiere el empleo didáctico de éste en la enseñanza de conceptos básicos referentes a los ácidos nucleicos y a algunos temas relacionados a éstos como: la replicación semiconservadora de la molécula de ADN, transcripción, recombinación genética, transgénicos y terapia genética.

Link de Acceso: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/2699-Texto%20del%20art%C3%ADculo-10149-2-10-20170705.pdf

Referencia: Abreu, V (2011). "Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 8 (1), 115-124, 2011.

Año: 2005	Carácter de la publicación: artículo de revista
Autores: Potyrala, Katarzyna Wolek, Jerzy	Título: La influencia de las herramientas TIC en la competencia biológica de los estudiantes en el área del conocimiento genético: informe preliminar
Resumen: El objetivo principal de la investigación es intentar encontrar la respuesta a la pregunta sobre la influencia de las herramientas TIC preparado por autores sobre la competencia de los estudiantes de secundaria en el área de conocimientos y habilidades genéticas. En la investigación participaron 300 estudiantes de secundaria. El resultado apunta a que en todos los casos estudiados los logros son significativamente más altos en el grupo intervenido que en el grupo control.	
Link de Acceso: https://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/64668	
Referencia: Potyrala, K. y Wolek, J. (2005). La influencia de las herramientas TIC en la competencia biológica de los estudiantes del área del conocimiento genético: informe preliminar. <i>Pruebas / Evaluación</i> .	

Antecedentes metodológicos

Año: 1997	Carácter de la publicación: Artículo
Autores: Moreira, Marco Antonio	Título: Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente
Resumen: Hasta cierto punto, el propósito de este documento es rescatar el verdadero significado del concepto de aprendizaje significativo. Es un concepto muy popular por nuestros días, tan popular, que	

podría volverse trivial e inútil. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es demostrar que el aprendizaje significativo es un concepto subyacente con respecto a varios puntos de vista contemporáneos sobre el aprendizaje y la enseñanza, tales como conflictos cognitivos, interacción personal, compartir significados, construcciones personales, modelos mentales, y la integración constructivista de pensamiento y actuación. Sin embargo, se argumenta también desde el punto de vista instructivo, los verdaderos significados del aprendizaje significativo según lo propuesto por Ausbel y Novak, como herramienta útiles para el docente.

Link	de	Acceso:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40784677/apsigsubesp.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAPRENDIZAJE_SIGNIFICATIVO_UN_CONCEPTO_SU.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200319%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200319T163159Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=90aecafa51b843e1b13c91f1ad39ed6be6095550cdab954787b363f317753c4d		

Referencia: Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente. Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos España.

Año: 1997	Carácter de la publicación: Artículo
Autores: Lara Guerrero, Juan.	Título: Estrategias para un aprendizaje significativo-constructivista.
<p>Resumen: Los docentes suelen preocuparse casi exclusivamente del qué y cómo enseñar; pero, generalmente, suelen desentenderse del aprendizaje de los alumnos al considerar que es competencia y responsabilidad de ellos. Hoy se pide un enfoque alternativo, en el cual se preste atención también al proceso de aprendizaje, porque es tan importante lo que se aprende como el modo en que se aprende. Se trata de orientarlos en el proceso de aprendizaje (cómo aprender) para que sean capaces de aprender por sí mismo («aprender a aprender» y «aprender a pensar»). La necesidad de estrategias de aprendizaje se evidencia cada vez más, en la misma medida en que se deben abandonar los aprendizajes reproductivos y conseguir aprendizajes significativos. En el modelo constructivista el profesor es mediador del aprendizaje en dos sentidos: en primer lugar, guiando y estructurando el aprendizaje de común acuerdo con el alumno y, en segundo lugar, construyéndole y ofreciéndole un material significativo. Nosotros hemos traído aquí los mapas conceptuales y los diagramas V. Con la utilización de estos dos instrumentos, el profesor no sólo presta atención al qué aprender contenido), sino también al cómo aprender (proceso); porque, si dirige a sus alumnos en el cómo han de aprender, auxiliados de estas herramientas,</p>	

les llevará progresivamente a la consecución de algo tan deseado por todos como es el «aprender a aprender».

Link de Acceso: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:20518/estrategias_para.pdf

Referencia: Lara, J.(1997). Estrategias para un aprendizaje significativo – constructivista. Revista Enseñanza [0212 - 5374 (1997) 15; 29-50].

Año: 2010	Carácter de la publicación: Tesis doctoral
Autores: Díez Escribano, Dalia (Autor) Caballero Sahelices, María Concesa (Directora)	Título: Aprendizaje significativo crítico del concepto de gen en estudiantes de la carrera docente de Biología de la UPEL-IPC de Venezuela.
<p>Resumen: El trabajo trata el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen entre estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas en Venezuela. El concepto de gen es complejo y fundamental para la Biología y su aprendizaje es difícil para la mayoría de los estudiantes de educación Básica, Media y Superior. Como información biológica, con diversas maneras de expresión, está relacionada con distintas funciones de los sistemas vivientes, lo que supone entender que su significado no es único en todos los campos de la Biología ni ha sido el mismo en la historia de esta ciencia.</p> <p>Se realizaron una serie de estudios, agrupados en dos Fases, la primera acerca de la información del concepto de gen contenida en libros de Básica, Media y Superior en Venezuela; además de identificar significados entre profesores del nivel pre-universitario. La segunda centrada en comprender los hechos, desde la perspectiva de los actores, a partir de una Investigación Acción Participativa (IAP) que permitió construir una propuesta de enseñanza potencialmente significativa a partir de principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005). Para identificar la evolución de significados del concepto de gen, se trabajó con 50 estudiantes, en cursos consecutivos de Biología Celular (BC) y Genética General (GG). Para construir la intervención didáctica se identificaron elementos de los modelos didácticos en la praxis docente de ambas profesoras, considerando dimensiones epistemológicas y psico-didácticas, así como elementos señalados por Ausubel (2002) para facilitar el aprendizaje significativo del concepto de gen. Los resultados señalan una evolución de significados y la asimilación de los contenidos de ambos cursos a partir de la intervención. La prueba de rangos de Wilcoxon, señala diferencias significativas entre los significados iniciales y los registrados en BC y altamente significativas en GG. El análisis de mapas de conceptos y representaciones gráficas elaboradas por los</p>	

estudiantes, corroboran dicha evolución, aunque la progresividad de la misma no es lineal, ni la misma entre todos los estudiantes.

Aceptar que el aprendizaje ocurre en el marco de un continuo entre un aprendizaje mecánico y un aprendizaje significativo (Moreira, 2000), permite explicar las progresiones relativas a la comprensión del concepto de gen. La intervención didáctica, dentro y fuera del aula, permitió compartir significados, reflexionar ante situaciones concretas donde se ponen de manifiesto dichos significados. También fue posible realizar actividades para exponer sus interpretaciones, lo cual puede considerarse como elementos de una enseñanza potencialmente significativa y crítica que favorece la evolución de significados del concepto de gen entre estudiantes de educación Superior. De igual forma, entre las docentes de ambos cursos, se evidenciaron cambios en la manera de organizar, secuenciar y conducir las clases.

A partir de este trabajo se conducen estudios para conocer posibles incidencias de la investigación en el desempeño docente de algunos participantes; asesorar investigaciones de maestría en enseñanza de la Biología, con los profesores que formaron parte del grupo de estudio, y en el trabajo de grado de profesores en la Maestría de Tecnología Educativa con la finalidad de facilitar un aprendizaje significativo crítico en otras áreas del conocimiento.

Descriptores: Aprendizaje significativo crítico; investigación acción participativa; concepto de gen; epistemología; historia de la Biología; enseñanza de la Biología.

Link	de	Acceso:
https://issuu.com/daliadiezdetancredi/docs/final_de_tesis_doctoral_dalia_d_ez		

Referencia: Díez, E. D. (2010). *Aprendizaje significativo crítico del concepto de gen en estudiantes de la carrera docente de biología de la UPEL-IPC de Venezuela* (Doctoral dissertation, Universidad de Burgos).

Año: 2019	Carácter de la publicación: Tesis de maestría
Autores: Hurtado Buenaños, Dora Ederleys (Autora), López Ortíz, Juan Bautista (Asesor)	Título: Propuesta didáctica para lograr un aprendizaje significativo crítico del concepto de ciclo celular.
Resumen: La realidad escolar amerita que los docentes desarrollen estrategias metodológicas para generar interés en los estudiantes; El Ministerio de Educación requiere que las instituciones educativas proporcionen las habilidades básicas necesarias para su desarrollo que les permitan alcanzar un conocimiento profundo de los conceptos adquiridos para lograr competencias relacionadas con la vida diaria y su formación académica. El objetivo principal de este trabajo es diseñar una propuesta didáctica que aporte a la enseñanza y el aprendizaje de manera crítica del concepto de ciclo celular y sus implicaciones en el cáncer, en séptimo grado, alumnos de la	

Institución Educativa Manuel Uribe Ángel de la ciudad. de Medellín. El modelo teórico que se aplicó en el desarrollo de esta propuesta es el significativo aprendizaje crítico de Marco Antonio Moreira. Se considera que los principios propuestos por este teórico sirven como facilitadores para un aprendizaje significativo, ya que toma en cuenta lo que el alumno conoce previamente y crea una interacción entre él, el material didáctico y los nuevos conocimientos propuestos por el docente. Con esta propuesta logré cautivar y motivar a los jóvenes de la institución Manuel Uribe Ángel, encarando una nueva forma de enseñar y aprender, además de mejorar las competencias en el área de ciencias naturales en el componente celular. Esta propuesta servirá también como guía para otros docentes a nivel local, nacional o internacional que parezcan relevantes para su aplicación para el tema propuesto u otro. ya que toma en cuenta lo que el alumno conoce previamente y crea una interacción entre él, el material didáctico y los nuevos conocimientos propuestos por el docente. Con esta propuesta logré cautivar y motivar a los jóvenes de la institución Manuel Uribe Ángel, encarando una nueva forma de enseñar y aprender, además de mejorar las competencias en el área de ciencias naturales en el componente celular. Esta propuesta servirá también como guía para otros docentes a nivel local, nacional o internacional que parezcan relevantes para su aplicación para el tema propuesto u otro. ya que toma en cuenta lo que el alumno conoce previamente y crea una interacción entre él, el material didáctico y los nuevos conocimientos propuestos por el docente. Con esta propuesta logré cautivar y motivar a los jóvenes de la institución Manuel Uribe Ángel, encarando una nueva forma de enseñar y aprender, además de mejorar las competencias en el área de ciencias naturales en el componente celular. Esta propuesta servirá también como guía para otros docentes a nivel local, nacional o internacional que parezcan relevantes para su aplicación para el tema propuesto u otro. así como mejorar las habilidades en el área de ciencias naturales en el componente celular. Esta propuesta servirá también como guía para otros docentes a nivel local, nacional o internacional que parezcan relevantes para su aplicación para el tema propuesto u otro. así como mejorar las habilidades en el área de ciencias naturales en el componente celular. Esta propuesta servirá también como guía para otros docentes a nivel local, nacional o internacional que parezcan relevantes para su aplicación para el tema propuesto u otro.

Link de Acceso: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76526>

Referencia: Hurtado, D (2019). Propuesta didáctica para lograr un aprendizaje significativo crítico del concepto de ciclo celular.