

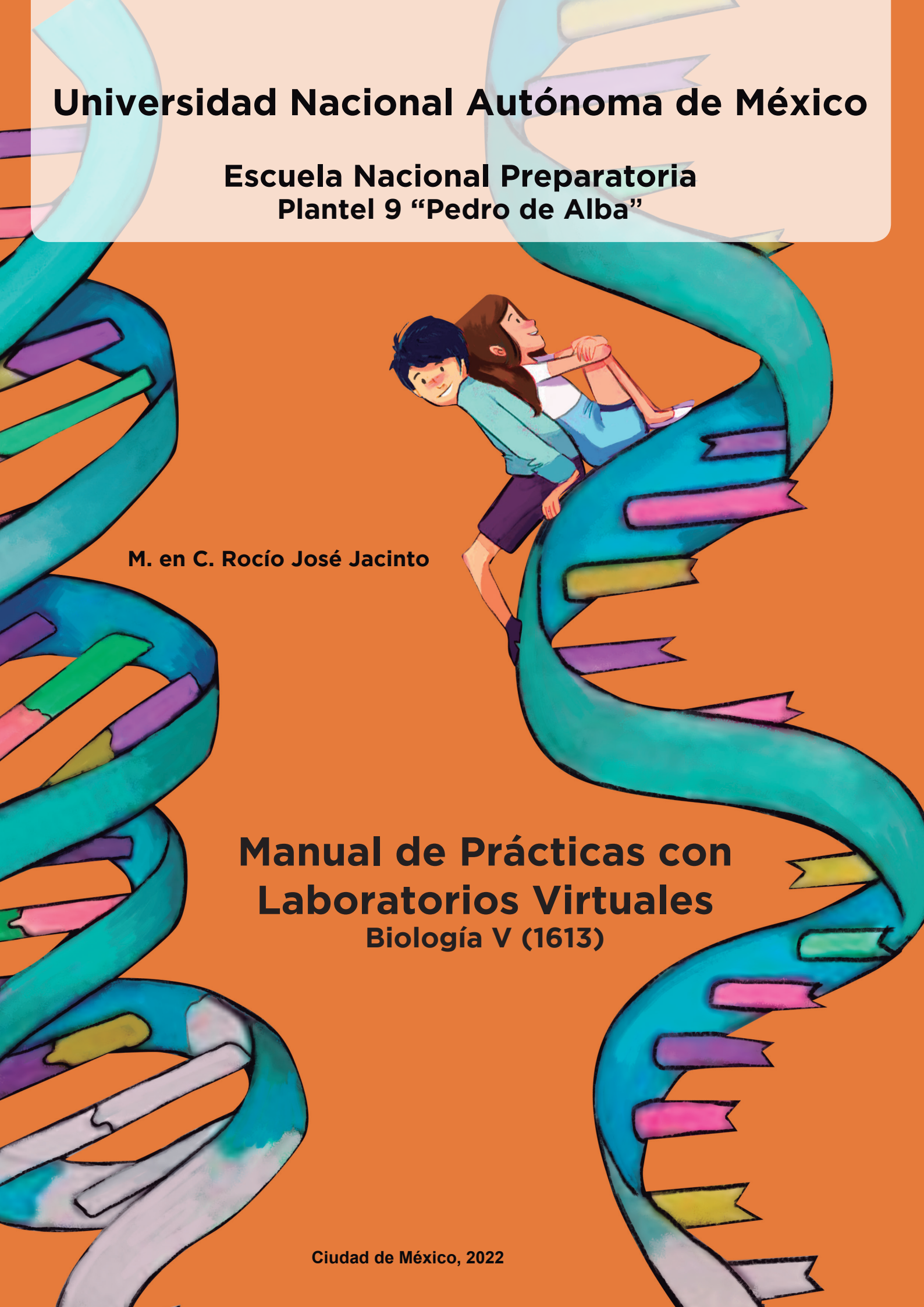
**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Escuela Nacional Preparatoria  
Plantel 9 "Pedro de Alba"**

**M. en C. Rocío José Jacinto**

**Manual de Prácticas con  
Laboratorios Virtuales  
Biología V (1613)**

Ciudad de México, 2022



**Directorio UNAM**  
**Rector**  
**Dr. Enrique Luis Graue Wiechers**

**Secretario General**  
**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**

**Secretario de Desarrollo Institucional**  
**Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda**

**Directorio ENP**  
**Directora General**  
**Biól. María Dolores Valle Martínez**

**Secretario General**  
**Lic. Jaime Cortés Vite**

**Secretaria Académica**  
**M. en C. María Josefina Segura Gortares**

**Directorio**  
**Plantel 9 “Pedro de Alba”**  
**Dirección**  
**M. en I. Raúl Rodríguez Díaz**

**Secretaría General**  
**Mtra. Alejandra Victoria Álvarez Palacios**

**Secretaria Académica**  
**Ing. Pablo Dávila Silva**

**Coordinación de Materias Experimentales**  
**Mtro. Tonatíuh David Vázquez Galarza**

**Diseño Gráfico**  
**Mtra. Carmen Gutiérrez Cornejo**



**Foto 1. Aula Virtual Biología V  
Moodle - UNAM**

## Presentación

En el contexto del Modelo Constructivista de la ENP, se labora para una educación de excelencia, en la que el estudiante pueda forjarse con responsabilidad, hacia sí mismo, socialmente y en el aspecto ambiental. Es precisamente su experiencia escolar, así como su responsabilidad hacia nuestra escuela, la socialización del conocimiento, los valores positivos y la cultura científica, lo que vuelve a nuestra institución, el lugar en el que toda la comunidad (alumnos, docentes y administrativos) queremos estar.

La educación virtual es una parte de la solución ante la emergencia sanitaria; no obstante; conforme vaya pasando la situación actual y se logre la superar; se cambiará a una educación mixta ó híbrida y posteriormente presencial. Todo se transforma así que las herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) en la educación a distancia están para coadyuvar para siempre en el proceso de enseñanza en nuestro Bachillerato. El desafío es que independientemente del modelo presencial, híbrido y/o a distancia, la educación debe ser de calidad priorizando el humanismo y el conocimiento de todos los constructos de la cultura, ciencia y tecnología (Graue, 2019 y Valle, 2019).

Las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC), se han incorporado a los procesos de enseñanza, se utilizan por medio de equipos de cómputo, tabletas y/o teléfonos inteligentes, el acceso a la red y el manejo de herramientas tecnológicas; hay que seguir generando espacios abiertos a la inclusión para todos puedan acceder a los conocimientos por estos medios (UACM, 2020).

Se puede utilizar una gama diversa de herramientas tecnológicas como los Simuladores o Laboratorios Virtuales, que están orientados a utilizarse en clases asincrónicas; evitan que los alumnos estén expuestos a peligros por manipulación de materiales sin supervisión académica, para lograr aprendizajes y habilidades en diferentes procedimientos científicos. El manejo de la utilización de los simuladores debe estar mediada por instrucciones claras, conexiones estables, y/o software que sean amigables (UACM, 2020).

La actualización del Programa de Biología V (1613) aprobado en 2018, incluye las siguientes Unidades: *1. La energía en los procesos de la vida, 2. Expresión génica y la influencia del ambiente; 3. Biotecnología para un mundo sustentable.*

El propósito de este Manual es proponer una guía docente para realizar prácticas utilizando simuladores o laboratorios virtuales para el aprendizaje autónomo, autogestivo desarrollando aprendizajes esenciales de la asignatura de Biología V (1613) de La Escuela Nacional Preparatoria. Cada práctica tiene el siguiente formato: Título, introducción, objetivos, investigación previa, materiales, actividades (puede haber cuestionario), entrega por equipo, y referencias.

La Escuela Nacional Preparatoria es una institución que evoluciona para favorecer el aprendizaje significativo en nuestros alumnos, a través de poner a su disposición lo más novedoso en las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

### Referencias:

- Graue, W. E. L. (2019). Proyecto de Trabajo. 2019-2023. Recuperado de: [http://www.juntadegobierno.unam.mx/rector2019/files/DR-ENRIQUE-GRAUE/EGW\\_Proyecto\\_trabajo\\_2019\\_2023.pdf](http://www.juntadegobierno.unam.mx/rector2019/files/DR-ENRIQUE-GRAUE/EGW_Proyecto_trabajo_2019_2023.pdf)
- UACM. (2020). Taller Virtual Galatea para la Mejora de la Práctica Educativa A Distancia. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Materiales y Apuntes de Curso-Taller.
- Valle, M. M. D. (2019). Plan de Desarrollo 2018-2022. ENP-UNAM. 31 pp. Recuperado de: [http://www.dgenp.unam.mx/pdf/PD\\_ENP\\_2018%202022-2.pdf](http://www.dgenp.unam.mx/pdf/PD_ENP_2018%202022-2.pdf)

## **Agradecimientos**

Siempre he contado con colegas maravillosas que suman esfuerzos para revisar el escrito original y la pertinencia de las correcciones de este Manual de Prácticas con Laboratorios Virtuales, Biología V (1613): Biól. Irene Quiroz Amenta, M. en Edu. Yolanda Orijel Arenas, M. en D. Norma del Carmen Cambray Calderón, M. en D. Elizabeth Cruz Felipe, M. en Edu. María Guadalupe Márquez Suárez y a la Mtra, Carmen Gutiérrez Cornejo por el Diseño Gráfico.

Muchas gracias a la UNAM - ENP por ser la más noble, resiliente y la mejor institución de enseñanza, investigación y divulgación de las ciencias y las humanidades.

# Índice

**Práctica No. 1. Proteínas. La seda de araña.**

<http://biomodel.uah.es/model5/seda-aran/inicio.htm>

**Práctica No. 2. Arma las biomoléculas de DNA y RNA**

<http://biomodel.uah.es/model3j/adn.htm>

<http://biomodel.uah.es/model3j/arn.htm>

**Práctica No. 3. Laboratorio Virtual: Expresión Génica**

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/gene-expression-essentials>

**Práctica No. 4. La máquina de genes: El Operón Lac**

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/gene-machine-lac-operon>

**Práctica No. 5: Laboratorio Virtual: Learn. Genetics. Genetic Science learning Center. Clona tu propio ratón**

<https://learn.genetics.utah.edu/content/cloning/clickandclone/>

**Práctica No. 6. Laboratorio Virtual: HHMI Biointeractive, Prueba de Identificación de COVID-19**

<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/immunology-virtual-lab>



## ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”

### Biología V Instrucciones para el Alumno

#### Práctica No. 1. Proteínas. La seda de araña.

<http://biomodel.uah.es/model5/seda-aran/inicio.htm>



#### Introducción:

Las proteínas son biopolímeros constituídos por la unión de moléculas denominadas aminoácidos (aa); existen 20 aa esenciales en todos los organismos. Las proteínas tienen diferentes funciones, entre ellas las de tipo estructural; como la seda de las arañas; que está hecha de aminoácidos mayoritariamente no-polares, una proporción mediana de aminoácidos polares y poca proporción de aminoácidos aromáticos (Römer y Scheibel, 2008).

Las proteínas de la seda de las telarañas se sintetizan en glándulas especiales de las arañas, insectos y ácaros (Ibarra, 2008). La espidroína es una de las proteínas, que dentro de la araña tiene un pH = 7 y es soluble; pero cuando es expulsada al exterior cambia el pH a 6 y se vuelve sólida. Su estructura secundaria presenta segmentos repetitivos con dominios conservados no repetitivos (Askarieh *et al.* 2010).

Actualmente, el estudio de la estructura proteica de la seda de araña, por su alta resistencia y elasticidad, tiene aplicaciones en biomateriales, biomedicinas y estructuras. En el conocimiento tradicional ya se han utilizado las telarañas con fines medicinales fundamentalmente para sanar heridas, quemaduras y hemorragias, entre otras (González y Vallejo, 2012).

#### Objetivos:

- Realizar un análisis cualitativo de las proteínas de las arañas en *Biomodel*, *simulador virtual*.
- Investigar aplicando la metodología experimental, los componentes estructurales de la seda de las arañas con el uso de TIC y TAC.

#### Investigación Previa:

1. ¿Qué son los aminoácidos?
2. ¿Cómo se clasifican?
3. ¿Cómo se unen?
4. ¿Qué son las proteínas?
5. ¿Cuáles son las estructuras de las proteínas?

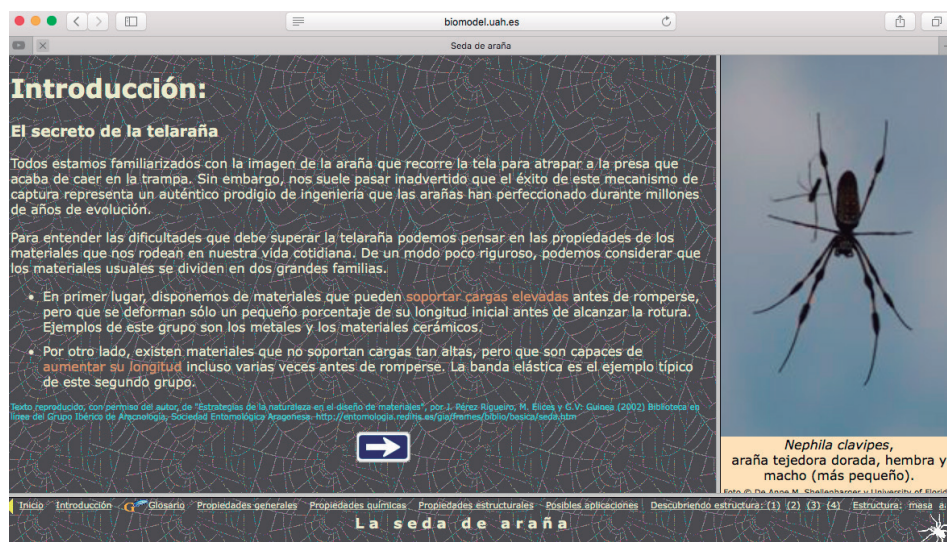


Foto 1. Introducción al tema de *Biomodel*.

## Materiales:

Computadora	Conexión a Internet
Servidor Safari, Google Chrome	

## Actividades:

1. En la computadora, con el servidor de Google Chrome, abrir la página:  
<http://biomodel.uah.es/model5/seda-aran/inicio.htm>
2. Abrir la página de *Biomodel* de la Universidad de Alcalá, España; e iniciar en el *Simulador Virtual*, el módulo de aprendizaje activo “*la seda de araña*” (La información está en español).
3. Resuelve las preguntas sobre las proteínas de la seda de araña que están en el simulador de *Biomodel* sobre: Propiedades Generales, Propiedades Químicas, Propiedades Estructurales, Posibles Aplicaciones, Estructuras, Biosíntesis, Genes y Obtención.
4. ¿Cuál es tu opinión sobre el contenido “*la seda de araña*”, que se encuentra en el *Simulador de Biomodel*?

## Entregar por Equipo:

Los equipos colaborativos de 4 personas, realizarán una revista electrónica en formato Issuu, <https://issuu.com>, con la información generada por el *Simulador virtual Biomodel: “la seda de araña”*; que no exceda 10 hojas incluyendo la portada y las referencias en formato APA. Se socializará la información de cada equipo en una plenaria (Foro/Aula) en la tercera sesión y se dará una retroalimentación a la actividad.

## Referencias:

- Askarieh, G., Hedhammar, M., Nordling, K., Saenz, A., Casals, C., Rising, A., Johansson, J. y Knight, S.D. (2010). *Nature*. 465:236- 239.
- [http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/115/guiadelmaestro\\_115.pdf](http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/115/guiadelmaestro_115.pdf)
- González, J. A. y Vallejo, J. R. (2012). Las telarañas en la medicina popular española: historia reciente, vigencia y distribución geográfica de un recurso terapéutico. *Revista Ibérica de Aracnología*, **21**: 169–174.
- Euronews (2015). Científicos alemanes crean seda de araña artificial – science. 2:00 min. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=4hxfAsD8weY>
- Ibarra, N.G. (2008). Seda de araña. ¿Cómo ves?. 115: 11-14. Recuperado de: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/115/seda-de-arana>
- Pérez, G. (2017). La telaraña de tarántula tendría utilidades tecnológicas. UAM VIDEOS. 6:07 min. Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=s\\_\\_J9ffocEs](https://www.youtube.com/watch?v=s__J9ffocEs)
- Römer, L. & Scheibel, T. (2008) The elaborate structure of spider silk, *Prion*. **2(4)**:154-161, DOI: [10.4161/pri.2.4.7490](https://doi.org/10.4161/pri.2.4.7490)
- Scheibel, T. (2004). Spider silks: recombinant synthesis, assembly, spinning, and engineering of synthetic proteins. *Microbial Cell Factories*. **3(14)**:1-10. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-3-14>
- TVE – CCASALSC. (2014). Científicos de la UCM descubren cómo las arañas hacen sus telarañas. TVE. 2:21 min. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=cF3byl3fsHo>
- Tokareva, O, Jacobsen, M., Buehler, M., Wong, J. y Kaplan, D. L. (2014). Structure-function-property-design interplay in biopolymers: Spider silk. *Acta Biomaterialia*. **10**:1612-1626. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.08.020>



## ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”

### Biología V Instrucciones para el Alumno

#### Práctica No. 2. Arma las biomoléculas de DNA y RNA

<http://biomodel.uah.es/model3j/adn.htm>

<http://biomodel.uah.es/model3j/arn.htm>



Universidad Nacional Autónoma de México

#### Introducción:

Los ácidos nucleicos son biopolímeros de los nucleótidos. El DNA (ácido desoxirribonucleico) es una cadena de doble hélice. Esta molécula se localiza principalmente en los núcleos, además de las mitocondrias y cloroplastos de las células eucariotas; también se encuentra en el nucleóide en las células procariontas. En una sola célula humana, el DNA puede llegar a medir dos metros de longitud; Cada molécula se enrolla primeramente en proteínas llamadas histonas y posteriormente puede empaquetarse para formar genes y cromosomas (Alberts, *et al.* 2019 y Alcamí, *et al.* 2016).

La estructura y función del DNA se dio a conocer en 1953 por James Watson, Francis Crick, Rosalind Franklin y Maurice Wilkins (Franklin, 1953; Watson y Crick, 1953 a ;1953 b). Es un hecho científico que impactó el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en las áreas de la biología molecular, la genética, la genómica y ha fortalecido nuestro entendimiento de la vida y su evolución.

El RNA es una cadena sencilla de nucleótidos, existen tres tipos básicos ( $r$ RNA,  $t$ RNA,  $m$ RNA); sin embargo se han encontrado: ribozimas,  $m$ iRNA,  $sn$ RNA,  $si$ RNA; entre otros; con funciones catalíticas, reguladora y de síntesis de proteínas. El descubrimiento de la síntesis del RNA fue hecho en 1959 por Severo Ochoa; posteriormente en las décadas de los 60 y 70 del siglo pasado; diferentes científicos, demostraron su función en la transcripción y traducción del DNA; lo que fue muy importante para comprender la síntesis proteica (Watson, *et al.* 2016).

#### Objetivo:

- Comprender la estructura y función de los ácidos nucleicos a través de un *Simulador Virtual*.

#### Investigación Previa:

- Realizar una línea de tiempo sobre la historia del descubrimiento de los ácidos nucleicos (DNA y RNA).

#### Materiales y Métodos:

Computadora	Conexión a Internet
Servidor Safari, Google Chrome	

#### Actividades:

- En la computadora, con el servidor de Google Chrome, abrir las páginas: <http://biomodel.uah.es/model3j/adn.htm> y <http://biomodel.uah.es/model3j/arn.htm>. En el *Simulador Virtual*, iniciar en la página de *Biomodel* de la Universidad de Alcalá, España; en el módulo de aprendizaje activo sobre DNA y RNA (La información está en español, Foto 1.). Primero comenzar con Modelo 3. Contestar y armar la biomolécula, según se solicita en cada apartado y avanzar sólo en los contenidos de DNA y RNA. Se puede avanzar al módulo 4 para ampliar información de nivel superior.
- Resolver las preguntas del Cuestionario.

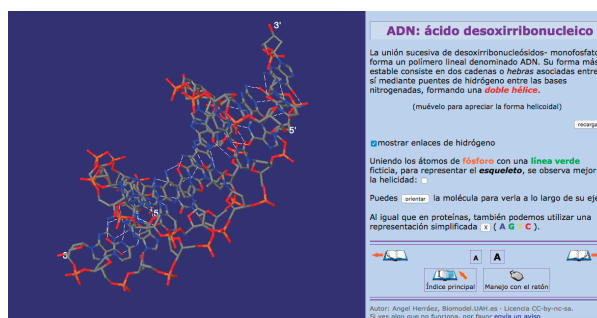


Foto 1. Proyección de la molécula de DNA.



### Entregar por Equipo:



Los equipos colaborativos de 4 personas, realizarán el informe de práctica con la información del *Simulador Virtual de Biomodel* (DNA y RNA). El informe se integra con: Portada con los nombres completos de los integrantes del equipo, grupo y materia. Introducción al tema con una línea de tiempo sobre la historia del descubrimiento de los ácidos nucleicos (DNA y RNA), Objetivos, Materiales y Métodos. Resultados: Fotos de la estructura del DNA y RNA, indicando los elementos que los integran, resaltando los nucleótidos y los enlaces que se encuentran entre ellos, (cuadros de datos, gráficos y/o fotos), discusión, conclusiones, cuestionario resuelto y 5 referencias como mínimo en formato APA, (un máximo de 10 cuartillas). En la tercera sesión se socializará la información de cada equipo en una plenaria en Foro/Aula; y se dará una retroalimentación a la actividad.

### Cuestionario:

1. Elabora un cuadro comparativo del DNA y RNA indicando:
  - Bases nitrogenadas
  - Tipos de enlaces que se da entre las bases nitrogenadas.
  - Tipos de DNA y RNA (esquemas).
  - Función Biológica
2. ¿Qué tipo de DNA presentan los humanos: A, B o Z?
3. ¿Qué significa que las cadenas de DNA sean antiparalelas?
4. ¿Qué lugar ocupa el azúcar en la estructura del DNA?
5. ¿Cómo está estructurado el anticodón en el RNA?
6. ¿Cuáles son las propiedades de las ribozimas?
7. ¿El *Simulador Virtual de Biomodel* para DNA y RNA sirvió para comprender el tema?

### Referencias:

- Acevedo, D. J. A. y García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la estructura molecular del DNA: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre su naturaleza. *Revista Científica*. 25:162-175. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/229145815.pdf>
- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2019). *Biología molecular de la célula*. 6ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Alcami, J., Bastero, J.J., Fernández, B., Gómez, S. J.M., Méndez, M.J. y Slöcker, J. (2016). *Biología 2 Bachillerato*. Savia. España. 383 pp.
- Guevara, P. G. (2004). ADN: historia de un éxito científico. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 3(11):9-40. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/414/41401101.pdf>
- Franklin, R. E. y Raymond G. G. (1953). Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. *Nature*:171: 740.
- Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (2021). Recuperado de: <http://www.genome.ad.jp/kegg>.
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2019). *Lehninger. Principios de bioquímica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1195 pp.
- Sadava, D., Heller, G., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2019). *Vida. La Ciencia de la Biología*. 10ma. Ed. Panamericana. México. 1376 pp.
- Watson, J. D. & Crick, F. H. (1953a). Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. 171(4356):737-738. Recuperado de: [https://www.nature.com/articles/171737a0.epdf?shared\\_access\\_token=u7zpv9I-DB7wyt-pL6M39RgN0jAjWel9jnR3ZoTv0MIQSfAKK-N3ExPCoil6lizSxUnqn1zZT12B85WNpyL4Ww1dYXUoR7cL5pfh3a\\_RHiFxG-UEZGWSr9xclRdY31Oh](https://www.nature.com/articles/171737a0.epdf?shared_access_token=u7zpv9I-DB7wyt-pL6M39RgN0jAjWel9jnR3ZoTv0MIQSfAKK-N3ExPCoil6lizSxUnqn1zZT12B85WNpyL4Ww1dYXUoR7cL5pfh3a_RHiFxG-UEZGWSr9xclRdY31Oh)
- Watson, J. D. y Crick, F. H. (1953b). Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*. 171(4361):964-967. Recuperado de: <https://www.nature.com/scitable/content/genetical-implications-of-the-structure-of-deoxyribonucleic-37655/>
- Watson, J. D., Baker, A. T., Bell, P. S., Gann, A., Levine, M., Losick, R. (2016). *Biología Molecular del Gen*. Editorial Médica Panamericana. México. 870 pp.

	<p><b>ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”</b></p> <p><b>Biología V</b></p> <p><b>Instrucciones para el Alumno</b></p> <p><b>Práctica No. 3.</b></p> <p><b>Laboratorio Virtual: Expresión Génica</b></p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/es/simulation/gene-expression-essentials">https://phet.colorado.edu/es/simulation/gene-expression-essentials</a></p>	
---	--	---

**Introducción:**

El DNA (ácido desoxirribonucleico, por sus siglas en inglés) es una biomolécula que contiene la información genética del individuo; los genes son segmentos de DNA que codifican para proteínas (existen diferentes tipos de genes). Los cromosomas son estructuras formadas por DNA y proteínas; los genes son porciones de DNA que tienen la información para sintetizar proteínas. El RNA es la molécula que dirige la síntesis de proteínas; éstas son moléculas formadas por aminoácidos (aa); cada uno de ellos se codifica en la secuencia de DNA por tres nucleótidos que se denomina codón. La combinación de diferentes codones da lugar a los 20 aa esenciales, que está especificado en el código genético (Mota, *et al.* 2016).

En 1956 F. Crick, establece el mecanismo para el flujo génico de la información, demuestra que el DNA se puede duplicar, que el mRNA transcribe información del DNA en los ribosomas donde el tRNA traduce el mensaje que determina el tipo, orden y número de los aa para ensamblar una proteína. Éstas posteriormente maduran y se pliegan para tomar estructura en el citoplasma (post-traducción), transformándose entonces en proteínas funcionales para el organismo, de diferentes tipos como: estructurales, enzimáticas, hormonales, inmunológicas, entre otras. (Mota, *et al.* 2016; Watson, *et al.* 2016).

**Objetivos:**

- Analizar los mecanismos de expresión génica mediante el uso de las TIC.
- Analizar el flujo génico de la información, replicación, transcripción y traducción de proteínas.
- Identifica la función de las moléculas que intervienen en el flujo génico de la información.

**Investigación Previa:**

- Explica el proceso de expresión génica en procariontas y eucariontas
- ¿Por qué es diferente este proceso en procariontas y eucariontas?
- Explica la transcripción inversa de los virus

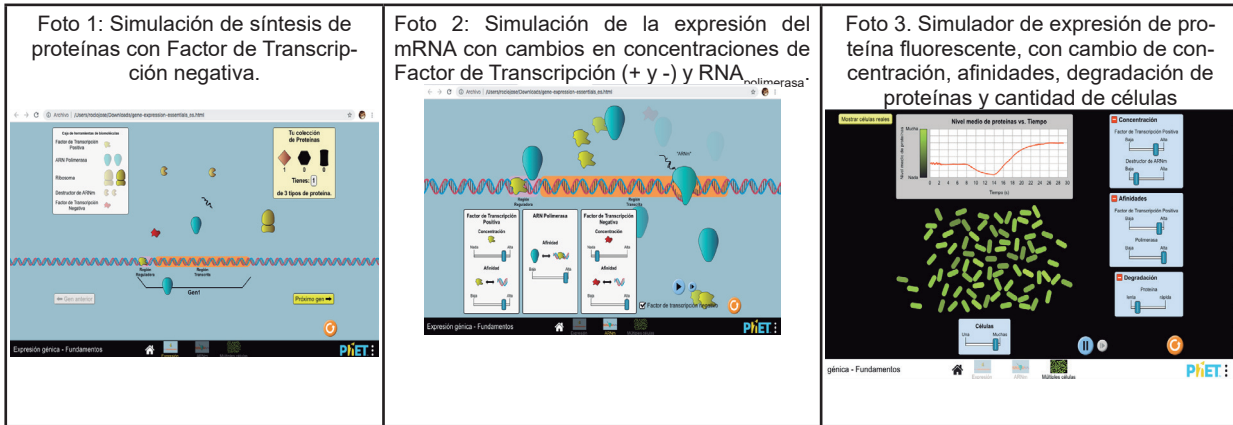
**Materiales y Métodos:**

Computadora	Conexión a Internet
Servidor Safari, Google Chrome	

**Actividades:**

- En la computadora, con el servidor de Google Chrome, abrir la página: *Laboratorio Virtual: Expresión Génica*, <https://phet.colorado.edu/es/simulation/gene-expression-essentials>. En el *Simulador Virtual*, que corresponde al módulo de aprendizaje activo sobre *Expresión génica*, hay que escoger el idioma dentro del módulo y bajar el archivo para poder ejecutarlo (La información está en español,).
- Iniciar con la simulación de síntesis de proteínas, con factor de transcripción negativa. De la caja de herramientas colocada en la parte izquierda, “arrastrar” los íconos de las moléculas en el orden correcto para lograr la síntesis de la primera proteína. Una vez hecho esto, llevar el ícono al cuadro izquierdo de proteínas. Pulsar el cuadro amarillo del siguiente gen. Realizar las anotaciones y captura de pantalla. Foto 1. Cuadro de datos (Anexo 1)

- c. Segundo ejercicio: Simulación de la expresión del mRNA con cambios en concentraciones de Factor de Transcripción (+ y -) y RNA<sub>polimerasa</sub>. Se puede elegir el nivel de afinidad para explorar las diferencias en la expresión. Realiza las anotaciones y captura de pantalla. Foto 2.
- d. Tercer ejercicio: Simulador de expresión de proteína fluorescente, con cambio de concentración, afinidades, degradación de proteínas y cantidad de células. Se puede elegir el nivel de afinidad para explorar las diferencias en la expresión de la proteína fluorescente. Realiza las anotaciones y captura de pantalla. Foto 3.



**Anexo 1. Cuadro de Datos.**

Ejercicio	Moléculas	Concentración	¿Qué sucedió en el proceso?
1. Expresión génica			
2. mRNA			
3. Múltiples células			

**Cuestionario:**

1. Con la información obtenida en la simulación, explica la función de: Factor de transcripción positiva, RNA<sub>polimerasa</sub>, Ribosoma, el factor de transcripción negativa.
2. ¿Por qué es importante que existan moléculas que destruyan el mRNA?
3. ¿Por qué es importante la afinidad en los factores de transcripción positiva y negativa?
4. ¿Qué afecta la expresión del gen de la fluorescencia?
5. ¿Qué es el splicing?
6. Investiga y muestra la estructura de 3 proteínas (utiliza la base de datos de NCBI o KEGG)
7. ¿Cómo se clasifican los genes?
8. Explica la diferencia entre intrones y exones
9. ¿Cómo se realiza la transcripción inversa?
10. ¿El *Simulador Virtual de Expresión Génica de Phet*, permite la comprensión del tema?

**Entregar por Equipo:**

Los equipos colaborativos de 4 personas, realizarán el informe de práctica con la información del *Simulador Virtual de Phet (Expresión génica)*. El informe contendrá: Portada con los nombres completos de los integrantes del equipo, grupo y materia. Introducción con los temas de la investigación previa. Objetivos, Materiales y Métodos. Resultados con el cuadro de datos, gráficos y fotos). Discusión y conclusiones. Cuestionario resuelto y 5 referencias como mínimo en formato APA.(10 hojas como máximo). En la tercera sesión, se socializará la información de cada equipo en una plenaria (Foro/Aula) y se dará una retroalimentación a la actividad.

**Referencias:**

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2019). *Biología molecular de la célula*. 6ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Alcamí, J., Bastero, J.J., Fernández, B., Gómez, S. J.M., Méndez, M.J. y Slöcker, J. (2016). *Biología 2 Bachillerato*. Savia. España. 383 pp.
- Cavagnari, M. B. (2012). Regulación de la expresión génica: cómo operan los mecanismos epigenéticos. *Arch. Argent. Pediatr.* 110(2):132-136. Recuperado de: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2012/v110n2a08.pdf>
- Centro Nacional de Biotecnología NCBI. (2021). Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (2021). Recuperado de: <http://www.genome.ad.jp/kegg>.
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2000). *Lehninger. Principios de bioquímica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1152 pp.
- Renneberg, R. (2008). *Biotecnología para principiantes*. Editorial Reverté. Barcelona, España. 300 pp.



## ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”

### Biología V Instrucciones para el Alumno

#### Práctica No. 4. La máquina de genes: El Operón Lac <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/gene-machine-lac-operon>



#### Introducción:

En 1965 Francois Jacob y Jacques Monod obtuvieron el premio Nobel, por el Modelo del Operón Lac (Castro, 2011; Alcamí, 2016) .

- 1) En la bacteria *Escherichia coli* se investigó el Operón Lac, que está integrado por un grupo de genes: promotor, represor y operador; en ausencia de lactosa, el gen regulador promueve la síntesis de una proteína represora activa que al unirse al operador inhibe el funcionamiento del operón.
- 2) En presencia de lactosa, una proteína alostérica se une a la proteína represora modificando su forma lo que permite su unión al operador. A partir de este momento, el promotor y el operador ponen en funcionamiento el operón.
- 3) El primer gen del operón (*lac Z*), codifica para la síntesis de la enzima (Z)  $\beta$ -galactosidasa en *E. coli*, esta enzima hidroliza la lactosa en glucosa y galactosa, las cuales se utilizan como fuente de energía y en la síntesis de otros compuestos. En ausencia de lactosa, no se sintetiza la  $\beta$ -galactosidasa.
- 4) Cuando al medio se le adiciona lactosa, *E. coli* comienza inmediatamente la síntesis de esta enzima.
- 5) El operón presenta otros dos genes estructurales: *Lac Y* y *Lac A*, que codifican para la síntesis de una permeasa que facilita la introducción de la lactosa al interior de la bacteria y una transacetilasa cuya función no es clara, aunque parece proteger a la bacteria de los productos tóxicos derivados de la degradación de la lactosa.

#### Objetivos:

- Analizar los mecanismos de expresión génica, a través de simuladores virtuales, como el modelo del Operón Lac para establecer las diferencias entre los procesos de regulación en procariontes y eucariontes.
- Explicar la influencia del medio en la expresión génica.

#### Investigación Previa:

1. Define los siguientes conceptos: genes estructurales, mRNA policistrónico, promotor, operador, gen regulador, gen represor, proteína reguladora, inductor.
2. Investiga la función y muestra la estructura de las proteínas:  $\beta$ -galactosidasa, Permeasa y Transacetilasa (acetiltransferasa).

#### Materiales y Métodos:

Computadora	Conexión a Internet
Servidor Google Chrome	

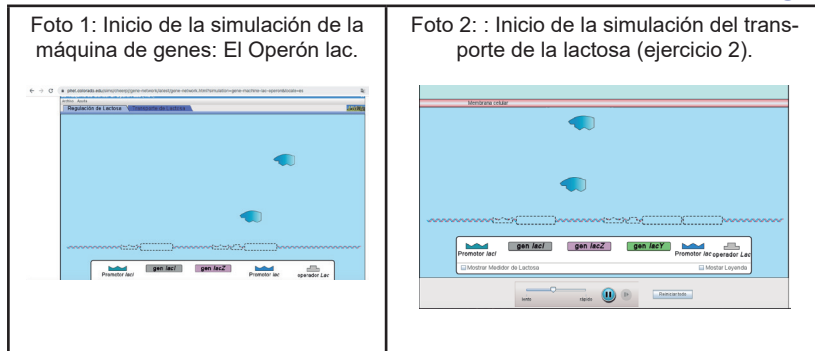
#### Actividades:

- a) En la computadora, con el servidor de Google Chrome, abrir la página: *Laboratorio Virtual: Operón Lac*, <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/gene-machine-lac-operon> En el *Simulador Virtual*, que corresponde al módulo de aprendizaje activo sobre Operón Lac (La información está en español, hay que elegir el idioma dentro del módulo y bajar el archivo para poder ejecutarlo).
- b) Comenzar con el ejercicio 1, regulación de la lactosa. Marcar los cuadros de medidor de la lactosa y las etiquetas de las moléculas, además, elegir la velocidad de la reacción.
- c) Llevar las moléculas a los sitios correspondientes para que se lleve a cabo la transcripción (Foto 1).
- d) Identificar el orden de los pasos del proceso; activar un botón colocado en la esquina superior izquierda, para inyectar manualmente automáticamente moléculas de lactosa; registre qué pasa con la lactosa y también cuando se termina el aporte de la lactosa.
- e) Revise las preguntas del cuestionario, para gestionar sus actividades.
- f) Ejercicio 2. Transporte de lactosa. Marcar los cuadros de medidor de la lactosa y las etiquetas de las moléculas y la velocidad de la reacción.
- g) Llevar las moléculas a los sitios correspondientes para que se lleve a cabo la transcripción (Foto 2).

- h) Identificar el orden de los pasos del proceso; activar el botón colocado en la esquina superior izquierda, para inyectar manualmente o automáticamente, moléculas de lactosa; registre qué pasa con la lactosa y también cuando se termina el aporte de la lactosa.
- i) Revisar las preguntas del cuestionario, para gestionar las actividades.

### Fotos: La máquina de genes: El Operón Lac

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/gene-machine-lac-operon>



#### Cuestionario:

- ¿Dónde ocurre el proceso de expresión génica del Operón Lac?
- ¿Cuántos cromosomas tiene un procarionota?
- ¿El DNA de los procarionotas tiene intrones?
- ¿En el ribosoma qué extremo de la secuencia de nucleótidos del mRNA se lee primero?
- Argumenta ¿En los procarionotas se forman polirribosomas durante la traducción?
- ¿Por qué la lactosa cuando entra a la célula se transforma en alolactosa?
- En bacterias de E. coli, con mutación defectuosa en el promotor del Operón Lac para los genes (Z, Y, A) que impiden la unión de la RNA<sub>polimerasa</sub>? ¿Qué pasa con la expresión? En los siguientes casos:
  - En ausencia de lactosa.
  - En presencia de lactosa.
- ¿El simulador del Operón Lac de Phet, permite la comprensión del tema?

#### Entregar por Equipo:

Los equipos colaborativos de 4 personas, realizarán el informe de práctica con la información del *Simulador Virtual de Phet (Operón Lac)*. El informe contendrá: Portada con nombres completos de los integrantes del equipo, grupo y materia. Introducción con los temas de la investigación previa. Objetivos, Materiales y Métodos. Resultados con el cuadro de datos, gráficos y fotos. Discusión y conclusiones. Cuestionario resuelto y referencias en formato APA mínimo 5 citas; la práctica no debe exceder 10 hojas. Con la información obtenida realizar una infografía. En la tercera sesión, se dará una retroalimentación a la actividad y se socializará la información de cada equipo en una plenaria (Foro/Aula); las infografías quedarán en un padlet.

## Referencias:

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2019). *Biología molecular de la célula*. 6ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Alcamí, J., Bastero, J.J., Fernández, B., Gómez, S. J.M., Méndez, M.J. y Slöcker, J. (2016). *Biología 2 Bachillerato*. Savia. España. 383 pp.
- Amoeba sisters. (2016). Gene regulation and the order of the operon. Video:6:15'min. Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=h\\_1QLdtF8d0](https://www.youtube.com/watch?v=h_1QLdtF8d0)
- Calcedo, C. (2020). Operon Lac. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Video:3:14'min. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=tKyHNQBhH2E>
- Castro, M. A. J. (2011). El modelo del operón Lac 50 años después. ¿Qué implicaciones tiene en la enseñanza de la Biología hoy?. *Bio-grafía: Escritos sobre Biología y su Enseñanza*. 4(7):100-110.
- Centro Nacional de Biotecnología NCBI. (2021). Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2019). *Lehninger. Principios de bioquímica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1152 pp.
- Sadava, D., Heller, G., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2019). *Vida. La Ciencia de la Biología*. 10ma. Ed. Panamericana. México. 1376 pp.
- Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr, L. (2019). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida*. 10ma ed. Cengage. México. 961 pp.
- Watson, J., Baker, T., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., Losik, R. (2016). *Biología Molecular del Gen*. Panamericana. México. 908 pp.



## ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”

Biología V – Rocío José Jacinto  
Instrucciones para el Alumno



### Práctica No. 5: Laboratorio Virtual: Learn. Genetics. Genetic Science learning Center. Clona tu propio ratón

<https://learn.genetics.utah.edu/content/cloning/clickandclone/>

#### Introducción:

La clonación es una técnica biotecnológica para generar copias idénticas del material genético de: virus, genes, células, tejidos y/o organismos. Existen tres tipos de clonación: génica, reproductiva y terapéutica.

En esta práctica, se emplea la técnica de clonación reproductiva: se extrae una célula somática madura de un ratón y se transfiere su núcleo a un óvulo donante de otro ratón; al que previamente se le ha extraído su propio núcleo. El óvulo se desarrolla *in vitro* hasta que se implanta en un ratón hembra adulta. La cría nacida de esta hembra será un clon del primer ratón. (NHGRI, 2021; Guerrero, 2004; Rojas. *et al.* 2004).

A partir de la técnica de transferencia de núcleos de células somáticas, se han clonado diferentes animales, el primer mamífero clonado fue la oveja Dolly; actualmente se han clonado vacas, gatos, venados, perros, caballo, mulas, conejos y un macaco (NHGRI, 2021).

Con respecto a la clonación humana, los protocolos no están aprobados por razones de bioética y porque no existe sustento científico sobre la experimentación con clones de embriones humanos; la NHGRI (2021) es muy enfática al afirmar que el grupo de Woo-Suk Hwang en 2004 se retractó de su investigación y el artículo aparecido en Nature en 2004 con información falsa, se retiró.

#### Objetivos:

- Realizar la técnica de clonación en laboratorio virtual para desarrollar actividades relacionadas con la biotecnología en el sector salud.
- Valorar el uso de la biotecnología a favor de la salud y el mejoramiento de la calidad de vida.

#### Investigación Previa:

En la página de Learn Genetics puedes encontrar información en español y videos de los procedimientos:

<https://learn.genetics.utah.edu/content/cloning/clickandclone/>

- ¿Qué es la Clonación?
- ¿En qué consisten las técnicas de clonación?

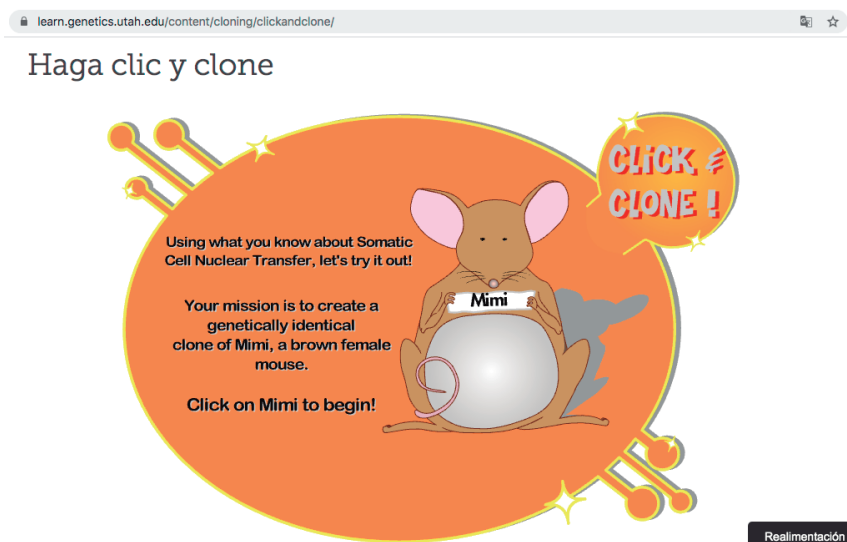


Foto 1. Inicio de la práctica virtual “Clona tu ratón” de Learn Genetics

#### Materiales:

Computadora	Incubadora (virtual)
-------------	----------------------



Servidor Safari, Google Chrome	Reloj-Cronómetro (virtual)
Conexión a Internet	Solución nutritiva (virtual)
Ratones (virtual)	Agua Destilada (virtual)
Microscopio (virtual)	Cajas Petri (virtual)
Micropipetas (virtual)	Solución química de estimulación de división celular (virtual)
Microjeringas (virtual)	

**Actividades:**

**Método: Transferencia de núcleos**

- En la computadora, con el servidor de Google Chrome, abrir la página: <https://learn.genetics.utah.edu/content/cloning/clickandclone/>
- Iniciar en la página de *Learn Genetics de la Universidad de Utah*; en el *Laboratorio Virtual*, la práctica de “Clona tú ratón” (sigue los siguientes pasos):
- Aísla las células de los ratones donantes (Coloca las cajas Petri en la platina del microscopio).
- Remover y descartar los núcleos de las células con las microjeringas y micropipetas.
- Transferir los núcleos a las células somáticas (sin núcleo) de otro ratón donante.
- Estimular la división celular (utilizar la solución).
- Implantar el embrión en una ratón madre sustituta.
- Esperar el nacimiento de los ratones.
- Argumentar los resultados obtenidos ¿Cuántas veces se repitió la experiencia? ¿Coincidieron los resultados?

**Cuestionario:**

- ¿Los animales clonados siempre son idénticos en fenotipo y genotipo?
- ¿Cómo es un animal quimérico?
- Menciona tres tejidos obtenidos con células troncales y sus usos potenciales.
- ¿Cómo actúan las proteínas fusiformes y los telómeros en la división celular?
- Menciona 3 ventajas y 3 desventajas de la clonación.
- Argumenta tres conflictos bioéticos relacionados con la clonación

**Entregar por Equipo:**

Presentar el informe de la práctica: Portada con los nombres de integrantes del equipo, grupo y materia. Introducción, Objetivos, Actividades. Materiales y Métodos, Resultados (Cuadros de datos, gráficos y/o fotos), Discusión y conclusiones. Cuestionario resuelto y referencias en formato APA mínimo 5 citas.

**Referencias:**

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2019). *Biología molecular de la célula*. 6ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Alcamí, J., Bastero, J.J., Fernández, B., Gómez, S. J.M., Méndez, M.J. y Slöcker, J. (2016). *Biología 2 Bachillerato*. Savia. España. 383 pp.
- Castañeda, P. M. J. (2004). Clonación. *Revista Digital Universitaria*. 5(2):1-12. Recuperado de: [http://www.revista.unam.mx/vol.5/num2/art7/ene\\_art7.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.5/num2/art7/ene_art7.pdf)
- Gómez-Gamino, A. (2020). ¿Qué es la clonación?. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=YKmXEZ9COT8>
- Guerrero, M.V. (2004). Células Troncales: La Controversia. *Revista ¿Cómo ves?*. (62). Recuperado de: <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/62/celulas-troncales-la-controversia.pdf>
- Mangel Ciencia. (2020). Clonación de la oveja Dolly. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=IC3TYMGOUMI>

- National Human Genome Research Institute (2021). Clonación. NHGRI. Recuperado de: <https://www.genome.gov/es/about-genomics/fact-sheets/Clonación>
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2000). *Lehninger. Principios de bioquímica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1152 pp.
- Rojas, M., Venegas, F., Servey, J. L. y Guillomot, M.. (2004). Clonación, Producción de Quimeras y Células Pluripotenciales. *International Journal of Morphology*, 22(4), 343-350. Recuperado de: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022004000400018&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022004000400018&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Watson, J., Baker, T., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., Losik, R. (2016). *Biología Molecular del Gen*. Panamericana. México. 908 pp.



## **ENP – PLANTEL 9 “PEDRO DE ALBA”**

**Biología V – Rocío José Jacinto**

**Instrucciones para el Alumno**

**Práctica No. 6. Laboratorio Virtual: HHMI Biointeractive,  
Prueba de Identificación de COVID-19**

<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/immunology-virtual-lab>



Universidad Nacional  
Autónoma de México

### **Introducción:**

La pandemia por coronavirus, se inició a partir de diciembre de 2019 en la Provincia Wuhan, China; presuntamente por un problema de zoonosis. El virus SARS-CoV-2-19 tiene genoma de RNA con 57,719 nucleótidos y contiene 4 proteínas estructurales importantes (Cevallos, 2020; NCBI, 2021).

El virus se transmite a través de pequeñas gotas de saliva provenientes de individuos portadores (enfermos o asintomáticos). Los virus pueden entrar directamente a las vías respiratorias o través de los ojos. Es importante mantener siempre las manos limpias y evitar tocarse la cara, pues también es posible infectarse al ponerse en contacto con superficies contaminadas.

Es necesario seguir cuidadosamente los protocolos de Prevención y Medidas de Seguridad Colectivas, así como la aplicación de vacunas y terapias biotecnológicas. Actualmente se están aplicando en todo el mundo vacunas con mRNA, Adenovirus y Coronavirus atenuados para contrarrestar la pandemia (Robles, 2021).

Desde la disciplina de la Biología, es importante conocer en qué consisten las pruebas de identificación del virus SARS-CoV-2-2019. Actualmente como una medida de contención de la pandemia es necesario realizar las pruebas diagnósticas pertinentes para identificar el virus en muestras de individuos sospechosos de portarlo. La importancia del conocimiento de la inmunología y el uso de la biotecnología aplicada al sector salud, ha resultado en gran beneficio para la humanidad.

Para neutralizar esta pandemia y evitar otras catástrofes naturales, es esencial cambiar el paradigma de nuestra interacción con el planeta. La situación en la que vivimos es resultado de la crisis de la civilización moderna, en la que se existen diferentes problemas como el cambio climático, pérdida de la biodiversidad, efecto invernadero, el aumento de enfermedades, reducción de arrecifes y glaciares, aumento de huracanes; además del incremento de la población humana; la inequidad social, por lo cual es importante reinventar una “Modernidad Alternativa” con la recuperación de la naturaleza (con educación ambiental, considerar al ecosistema como sujeto de derechos y proteger los procesos ecosistémicos), así como, la conciencia de nuestra especie *Homo sapiens* y el desarrollo de sistemas democráticos sociales y ecológicos (Toledo, 2019 y Harari, 2020).

### **Objetivos:**

- Valorar el uso de la biotecnología en respuesta al problema actual de la pandemia.
- Utilizar laboratorios virtuales para reforzar las habilidades de manejo y uso de material de laboratorio.

### **Investigación Previa:**

- ¿En qué consiste una prueba de laboratorio ELISA?
- ¿Qué es un antígeno?
- ¿Qué es un anticuerpo?

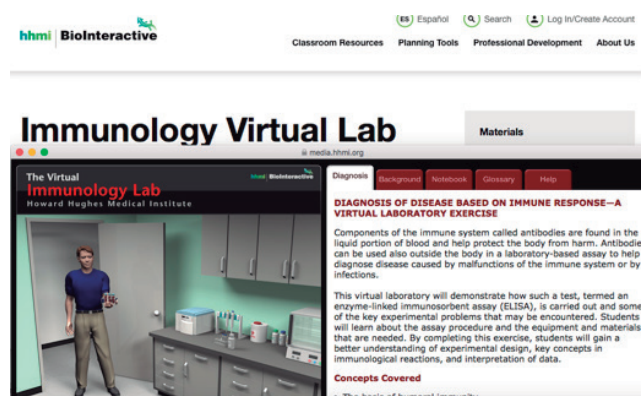


Foto 1. Inicio de la práctica virtual de HHMI BioInteractive. Prueba de Identificación de COVID-19

### Materiales:

Computadora	Placa de ELISA (Virtual)
Servidor Safari, Google Chrome	Buffer Fosfato (Virtual)
Conexión a Internet	SLE de anticuerpos (Virtual)
Guantes, cubrebocas y bata de laboratorio (Virtual)	Anti DNA negativo (Virtual)
40 ml de sangre por paciente (Virtual)	Incubadora (Virtual)
Tubos de centrifuga (Virtual)	PBS (Virtual)
Centrífuga (Virtual)	Enzima HRP (Virtual)
Tubos de muestra eppendorf (Virtual)	Reloj – Cronómetro (Virtual)
Micropipetas de 1 y 10 mL (Virtual)	

### Actividades: Método de ELISA

1. Abrir en la computadora la página: <https://www.biointeractive.org/classroom-resources/immunology-virtual-lab>.
2. Oprimir el botón que está arriba del título de la práctica para poder comenzar, a la derecha están las instrucciones en inglés y de lado izquierdo están las animaciones para realizar la práctica.
3. Se obtiene 40 ml de sangre de 3 pacientes (tubos identificados: A, B y C).
4. Ponerse el equipo de seguridad (cubrebocas, bata y guantes)
5. Obtener el suero de las muestras; colocar los tubos en la centrífuga y balancearlos, cerrar la tapa y centrifugar.
6. Transferir las muestras y obtener el suero. Pipetear con la micropipeta 1mL en tubo de muestra eppendorf, 1mL en un tubo de centrifuga y 1 mL en otro tubo de centrifuga.
7. Pipetear 1:2 con el buffer de fosfato en el tubo de muestra eppendorf.
8. Pipetear 1:10 con el buffer de fosfato en el primer tubo de centrifuga.
9. Pipetear 1:100 con el buffer de fosfato en el segundo tubo de centrifuga.
10. Mezclar
11. Diluir el suero con la micropipeta con 0.1 mL y depositarlo en los pozos de una placa de ELISA.
12. Repetir con la muestra B.
13. Repetir con la muestra C.
14. Mezclar
15. Aplicar SLE anticuerpo; 0.1 mL para el control positivo en los pozos de la placa de ELISA.
16. Aplicar el control negativo anti-DNA; 0.1 mL para el control positivo en los pozos de la placa de ELISA.
17. Pulsar sobre la placa para continuar e incubarla a 37°C por 15 min (abrir la puerta de la incubadora, colocar la placa dentro de la incubadora y programar la temperatura y el tiempo y pulsar el botón de inicio).
18. Transferir la placa para lavar con la micropipeta y 0.1 mL de PBS a las muestras.
19. Añadir con la micropipeta 0.1 mL de enzima HRP a las muestras

20. Nuevamente incubar la placa de ELISA a 37°C por 15 min (abrir la puerta de la incubadora, colocar la placa dentro de la incubadora, programar la temperatura y el tiempo; pulsar el botón de inicio).
21. Transferir la placa y lavar las muestras con 0.1 mL de PBS con ayuda de la micropipeta.
22. Reposar 15 minutos la placa (ajustar el reloj-cronómetro) y obtener los resultados.

#### Questionario:

23. ¿Qué indica un resultado negativo de la prueba?
24. ¿Qué indica un resultado positivo de la prueba?
25. ¿Por qué existen falsos positivos y negativos de la prueba?
26. ¿Cómo funciona el factor antígeno-anticuerpo en esta prueba?
27. Mencione tres ventajas y tres desventajas de esta prueba.

#### Entregar por Equipo:

- 1) Presentar el informe de la práctica: Portada con los nombres de integrantes del equipo, grupo y materia. Introducción, Objetivos, Actividades, Materiales y Métodos. Resultados (Cuadros de datos, gráficos y/o fotos). Discusión y conclusiones. Cuestionario resuelto y Referencias en formato APA mínimo 5 citas.
- 2) Una presentación de Power Point o en Genialy que contendrá: Portada con Nombres del equipo, grupo y materia. Introducción sobre la importancia de las pruebas de identificación inmunológicas del virus SARS-CoV-2-19 y mostrar el desarrollo de su práctica.

#### Referencias:

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Watson, J. D. (2019). *Biología molecular de la célula*. 6ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Alcamí, J., Bastero, J.J., Fernández, B., Gómez, S. J.M., Méndez, M.J. y Slöcker, J. (2016). *Biología 2 Bachillerato*. Savia. España. 383 pp.
- Cárdenas, G. G. (2020). Biotecnología contra la pandemia. *¿Cómo ves?*. (265): 6-11. Recuperado de: <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/265/biotecnologia-contra-la-pandemia.pdf>
- Cevallos, M. A. (2020). Coronavirus. La epidemia. *¿Cómo ves?*. (256): 8-21. Recuperado de: <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/256/nuevo-coronavirus-la-epidemia.pdf>
- Centro Nacional de Biotecnología (2021). Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Estructuras terciarias de proteínas. Recuperado de: <http://www.rcsb.org/pdb/>
- HHMI Biointeractive. (2021). Immunology Virtual Lab. Recuperado de: <https://www.biointeractive.org/classroom-resources/immunology-virtual-lab>
- Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (2021). Recuperado de: <http://www.genome.ad.jp/kegg>.
- Mota, C. M., Cuenca, P. J.B. y Sipán, S. M. C. (2016). *Biología molecular y citogenética*. Paraninfo. España. 216 pp.
- Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2000). *Lehninger. Principios de bioquímica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1152 pp.
- Renneberg, R. (2008). *Biotecnología para principiantes*. Editorial Reverté. Barcelona, España. 300 pp.
- Robles, R. L. M. (2021). Las vacunas que acabarán con la pandemia. *¿Cómo ves?*.(266): 6-12. Recuperado de: <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/266/las-vacunas-que-acabaran-con-la-pandemia.pdf>