



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

BIOLOGÍA

Diseño y calificación de herramientas y estrategias didácticas para cursos remotos de biología impartidos a nivel medio superior

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:

**Fátima Ivonne Escalante Almazán**

TUTOR:

Dr. Miguel Murguía Romero  
Instituto de Biología

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Ana María Bañuelos Márquez  
Facultad de Psicología

Dra. Reyna Elena Calderón Canales  
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, abril 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## RESUMEN

Pese a que la educación en línea ya gozaba de una larga historia de uso y de una exitosa y creciente tasa de adopción, nunca antes la humanidad había experimentado una transformación tan acelerada de los sistemas de educación a razón de la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2. Se espera que el cambio a sistemas educativos basados en plataformas digitales tenga impactos dramáticos y permanentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles educativos. En el marco de este suceso y al ser el soporte primario de la educación en línea, el diseño de las herramientas didácticas virtuales se ha convertido en un factor crítico para asegurar que la experiencia del usuario sea la apropiada y que esté encaminada al logro de los objetivos de aprendizaje. En este trabajo de investigación se diseñó una página web dirigida al nivel medio superior para soportar el proceso remoto de aprendizaje-enseñanza de la temática “Organismos Genéticamente Modificados”, para la cual se han reportado dificultades de aprendizaje, además de ser un tema de creciente interés y controversia en México a razón de la reciente prohibición gradual al maíz genéticamente modificado por el Gobierno Federal. Para el diseño y desarrollo de la herramienta digital se siguió la metodología ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación). La implementación de la herramienta se llevó a cabo en una población de estudiantes de preparatoria del Estado de México entre octubre y noviembre de 2021. La evaluación de la herramienta se centró en la calidad de la misma y fue medida a través de una encuesta de reacciones y de dos instrumentos de autoevaluación. La página web fue calificada positivamente por la población objetivo. Los instrumentos de autoevaluación demostraron que la página web tiene un porcentaje de cumplimiento de las buenas prácticas que oscila entre el 80% y 89%, siendo susceptible a mejoras moderadas.

## **ABSTRACT**

Although online education already had a long history of use and a successful growing rate of adoption, never before the humanity had experienced the accelerated transformation of education systems due to the pandemic caused by the coronavirus SARS-CoV-2. The shift to educational systems based on digital platforms is expected to have dramatic and permanent impacts on the teaching and learning process at all educational levels. Within the framework of this event and because they are the primary support of online education, the design of virtual educational tools has become a critical factor to ensure that the user experience is appropriate and that the learning objectives are being achieved. In this study, we designed a website for secondary level education to support the remote learning-teaching process of the subject "Genetically Modified Organisms", for which learning difficulties have been reported, in addition to being a subject of increasing interest and controversy in Mexico due to the recent gradual ban on genetically modified corn by the Federal Government. The ADDIE methodology (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) was followed to design and develop the website. The implementation of the tool was carried out in a population of high school students from the State of Mexico between October and November 2021. The evaluation of the tool focused on its quality and was measured through a reaction survey and two self-assessment instruments. The website was positively rated by the target population. The self-evaluation instruments showed that the website has a percentage of best-practice compliance that ranges between 80% and 89%, being susceptible to moderate improvements.

# Contenido

<b>1. Preámbulo</b> .....	1
1.1 Introducción .....	2
<b>2. Marco teórico</b> .....	4
2.1 Concepto, características y alcances de la educación digital .....	5
2.2 Historia de la educación a distancia y su evolución hacia la educación digital .	12
2.3 Panorama mundial de la educación digital dirigida al nivel medio superior .....	19
2.4 Psicopedagogía de la educación digital .....	28
2.5 Herramientas digitales .....	36
2.6 Herramientas digitales en la educación media superior de México .....	39
<b>3. Problema</b> .....	41
3.1 Planteamiento y justificación del problema .....	42
<b>4. Metodología</b> .....	44
4.1 Objetivos .....	45
4.1.1 Objetivo general .....	45
4.1.2 Objetivos particulares .....	45
4.2 Hipótesis .....	45
4.3 Método .....	46
4.3.1 Fase de análisis .....	46
4.3.1.1 Estudio de percepciones .....	47
4.3.1.2 Estudio de las problemáticas de enseñanza-aprendizaje de temas de biotecnología .....	49
4.3.1.3 Análisis del contexto de los organismos genéticamente modificados en México .....	50
4.3.1.4 Población objetivo .....	51

4.3.1.5 Análisis del tema y actividades de aprendizaje .....	51
4.3.2 Fase de diseño .....	53
4.3.2.1 Definición del objetivo de aprendizaje .....	53
4.3.2.2 Secuencia de aprendizaje.....	54
4.3.2.3 Diseño instruccional.....	54
4.3.2.4 Modelo pedagógico .....	56
4.3.2.5 Estrategia de evaluación .....	56
4.3.3 Fase de desarrollo .....	70
4.3.3.1 Selección de la herramienta digital y la plataforma de soporte.....	70
4.3.3.2 Contenido .....	70
4.3.3.3 Elaboración del guion.....	71
4.3.3.4 Desarrollo de las actividades de práctica y pruebas de evaluación .....	73
4.3.4 Fase de implementación .....	73
4.3.5 Fase de evaluación .....	74
<b>5. Resultados</b> .....	75
<b>5.1 Análisis</b> .....	76
5.1.1 Encuestas de percepción.....	76
5.1.1.1 Percepciones de docentes .....	76
5.1.1.2 Percepciones de estudiantes .....	89
5.1.2 Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática de Organismos Genéticamente Modificados .....	98
5.1.3 Contexto nacional de los organismos genéticamente modificados .....	101
5.1.4 Población objetivo .....	104
5.1.5 Análisis del tema y objetivo de aprendizaje.....	105
<b>5.2 Diseño</b> .....	106
5.2.1 Características generales de la página web.....	106
5.2.2 Objetivos de aprendizaje .....	109
5.2.3 Aprendizaje esperado.....	110
5.2.4 Congruencia entre los elementos de aprendizaje .....	110

5.2.5 Secuencia del contenido .....	112
5.2.6 Estructura de la página web.....	112
5.2.7 Planeación de la página web.....	113
5.2.8 Estrategia instruccional y estrategia de entrega .....	115
5.2.9 Estrategia de evaluación .....	115
5.3 Desarrollo .....	120
5.3.1 Bases del contenido y lenguaje .....	120
5.3.2 Desarrollo del diálogo e interfaz .....	127
5.3.3 Costos de desarrollo y operación.....	135
5.4 Implementación.....	136
5.4.1 Instalación .....	136
5.4.2 Distribución.....	136
5.5 Evaluación.....	144
5.5.1 Evaluación de reacciones .....	144
5.5.3 Autoevaluación de la página web .....	147
6. <i>Discusión y conclusiones</i> .....	164
6.1 <i>Discusión</i> .....	165
6.2 <i>Conclusiones</i> .....	172
6.3 <i>Limitaciones y Perspectivas</i> .....	173
7. <i>Referencias</i> .....	175
8. <i>Bibliografía complementaria</i> .....	190
9. <i>Anexos</i> .....	193
Anexo 1. Encuesta de percepciones aplicada a docentes de educación media superior.....	194
Anexo 2. Encuesta de percepciones aplicada a estudiantes de educación media superior.....	206

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Algunas definiciones del concepto educación a distancia propuestas en el periodo 1973-2019.	5
<b>Tabla 2.</b> Características de la educación a distancia.	8
<b>Tabla 3.</b> Definiciones de educación digital (e-educación, e-learning o ciber-educación).	9
<b>Tabla 4.</b> Definición de educación en línea.	10
<b>Tabla 5.</b> Tendencias de la e-educación.	11
<b>Tabla 6.</b> Principios metodológicos de un curso de 1903 basado en correspondencia (con información de Bernath et al., 2005).	14
<b>Tabla 7.</b> Funciones consideradas como esenciales en los años 1970 para el desarrollo de cursos (con información de Bernath et al., 2005).	15
<b>Tabla 8.</b> Actividades observadas en una clase híbrida de química en China (con información de He & Wray, 2017).	21
<b>Tabla 9.</b> Contenido del programa de formación preuniversitaria de International Baccalaureate® (con información de International Baccalaureate, 2020).	23
<b>Tabla 10.</b> Dimensiones para la evaluación del docente en línea (con información de García-Cabrero et al., 2018).	35
<b>Tabla 11.</b> Dimensiones de la educación en línea basadas en el aprendizaje colaborativo-constructivista de la Universidad de Athabasca, Canadá (con información de García-Cabrero et al., 2018).	36
<b>Tabla 12.</b> Herramientas sincrónicas y asincrónicas que asisten en el proceso de educación en línea (con información de FAO, 2011).	37
<b>Tabla 13.</b> Estructura de la encuesta de percepciones de docentes.	47
<b>Tabla 14.</b> Estructura de la encuesta de percepciones de estudiantes.	48
<b>Tabla 15.</b> Palabras clave empleadas para la búsqueda de información.	49
<b>Tabla 16.</b> Factores a considerar al determinar la población objetivo de estudiantes (información traducida y adaptada de FAO (2011)).	51
<b>Tabla 17.</b> Tipos de contenido (FAO, 2011).	52
<b>Tabla 18.</b> Niveles de desempeño para el dominio cognitivo (FAO, 2011).	53
<b>Tabla 19.</b> Métodos instruccionales (FAO, 2011).	55
<b>Tabla 20.</b> Formatos del método expositivo (FAO, 2011).	55

<b>Tabla 21.</b> Preguntas incluidas en la encuesta para evaluar las reacciones de los estudiantes (evaluación formativa).	57
<b>Tabla 22.</b> Lista de cotejo de la FAO para verificar las buenas prácticas de los cursos en línea (FAO, 2021).	60
<b>Tabla 23.</b> Rúbrica de evaluación para verificar la calidad de los cursos en línea (Online Learning Consortium, 2021).	63
<b>Tabla 24.</b> Escala de cumplimiento de Bañuelos Márquez (2019).	69
<b>Tabla 25.</b> Recomendaciones para evaluar el contenido de un curso en línea (FAO, 2011).	73
<b>Tabla 26.</b> Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a seis criterios sobre la efectividad de las herramientas digitales en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).	82
<b>Tabla 27.</b> Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a cinco herramientas digitales empleadas en la enseñanza virtual una escala de efectividad 1 a 5 (en donde 5 es la más efectiva y 1 la menos efectiva).	83
<b>Tabla 28.</b> Priorización de la utilidad y practicidad otorgada por 203 docentes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 1 es la más práctica y útil, y 5 la menos práctica y útil).	84
<b>Tabla 29.</b> Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a siete criterios sobre la efectividad de la enseñanza virtual en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).	86
<b>Tabla 30.</b> Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a ocho criterios sobre la implementación de la enseñanza virtual en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).	88
<b>Tabla 31.</b> Distribución de la calificación otorgada por 52 alumnos a 14 criterios sobre la efectividad del proceso de enseñanza virtual.	91
<b>Tabla 32.</b> Aspectos positivos y negativos de la educación a distancia de acuerdo a los 52 estudiantes de bachillerato participantes en el estudio.	93
<b>Tabla 33.</b> Calificación de la efectividad otorgada por 52 estudiantes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 1 es la herramienta más efectiva, y 5 la menos efectiva).	95

<b>Tabla 34.</b> Priorización de la preferencia otorgada por 52 estudiantes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 1 es la herramienta preferida por ser la más práctica y útil, y 5 la menos preferida por ser menos práctica y útil).	95
<b>Tabla 35.</b> Calificación otorgada por 52 estudiantes a dos criterios relacionados con la medición de la efectividad de las herramientas digitales.	96
<b>Tabla 36.</b> Distribución de la calificación otorgada por 52 alumnos a seis criterios sobre la implementación de la enseñanza virtual.	97
<b>Tabla 37.</b> Relacionamiento entre los objetivos de aprendizaje, aprendizaje esperado, actividades e instrumentos de evaluación conforme a los seis dominios cognitivos.	110
<b>Tabla 38.</b> Secuencia del contenido.	112
<b>Tabla 39.</b> Estructura del contenido de la página web.	112
<b>Tabla 40.</b> Planeación de una página web para la enseñanza de la temática “Organismos Genéticamente Modificados”	114
<b>Tabla 41.</b> Métodos instruccionales a emplear en la página web.	115
<b>Tabla 42.</b> Estrategia de entrega de la página web.	115
<b>Tabla 43.</b> Estrategias para evaluar la página web.	116
<b>Tabla 44.</b> Cuestionario integrado en la sección “Evaluación” de la página web.	116
<b>Tabla 45.</b> Clasificación y lenguaje del contenido base para la interfaz.	120
<b>Tabla 46.</b> Interfaz y desarrollo del diálogo.	127
<b>Tabla 47.</b> Costos de desarrollo y operación de la página web.	135
<b>Tabla 48.</b> Transcripción de las participaciones en la sección “Foro” (se respeta la redacción original, sólo corrigiendo errores ortográficos).	140
<b>Tabla 49.</b> Comentarios recibidos sobre la página web.	147
<b>Tabla 50.</b> Autoevaluación de la página web con base en la lista de cotejo de la FAO (2011).	147
<b>Tabla 51.</b> Autoevaluación de la página web con base en la rúbrica OSCQR Online Learning Consortium (2021).	153
<b>Tabla 52.</b> Resultado numérico de la autoevaluación con base en la rúbrica OSCQR.	163
<b>Tabla 53.</b> Cumplimiento de la página web con base en base en la rúbrica OSCQR y la escala de cumplimiento de Bañuelos (2019).	163

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de crecimiento de la educación en línea esperado por sector en el periodo 2012-2017 a nivel global (Docebo, 2014).	19
<b>Figura 2.</b> Panorama global de la educación digital en el ámbito escolar y laboral visto como la tasa de crecimiento anual e ingresos estimados en los periodos 2014-2016 y 2017-2021, respectivamente (Docebo, 2014, 2016).	20
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de penetración de internet, usuarios de internet y número de habitantes por región geográfica en el primer trimestre de 2020 (Internet World Stats, 2020).	22
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de centros escolares de educación secundaria con conexión a internet en Latinoamérica (verde) y el Caribe (morado) en el periodo 2009-2010 (UNESCO, 2013a).	26
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de centros escolares de secundaria que ofrecen educación asistida por internet Latinoamérica (verde) y el Caribe (morado) en el periodo 2009-2010 (UNESCO, 2013a).	26
<b>Figura 6.</b> Tasa de adolescentes y jóvenes fuera de la escuela en edad de atender la educación secundaria alta (Cruz, 2018).	27
<b>Figura 7.</b> Características y elementos que definen a la educación digital de la cuarta generación (con información de Dron & Anderson, 2016).	29
<b>Figura 8.</b> Fases intelectuales de la teoría del aprendizaje colaborativo en línea (adaptado de Harasim, 2012).	30
<b>Figura 9.</b> Cuadrantes de la educación a distancia; imagen replicada de García Aretio (2011).	32
<b>Figura 10.</b> Afirmaciones del discurso de los nativos digitales (con información de Gallardo-Echenique et al., 2015).	33
<b>Figura 11.</b> Comportamientos pedagógicos para la educación en línea (con información de Mehanna, 2004).	35
<b>Figura 12.</b> Modelo ADDIE para el diseño instruccional de cursos y herramientas en línea (adaptado de Domínguez, Organista, & López, 2018; Khalil & Elkhider (2016)).	38
<b>Figura 13.</b> Herramientas digitales que los docentes utilizan para la educación a distancia por región geográfico-educativa; imagen replicada de Baptista et al. (2020).	39
<b>Figura 14.</b> Publicación de Twitter (derecha) realizada por el usuario SEMARNAT México para promocionar el curso en línea “Glifosato y Organismos Genéticamente Modificados” (SEMARNAT México, 2021) y constancia de participación (izquierda).	50

<b>Figura 16.</b> Aspectos que pueden ser evaluados de un curso en línea (FAO, 2011).	56
<b>Figura 17.</b> Encuesta para evaluar la reacción de los estudiantes.	58
<b>Figura 18.</b> Estructura típica de una lección virtual.	71
<b>Figura 19.</b> Componentes típicos de la implementación de un curso en línea (FAO, 2011, 2021).	74
<b>Figura 20.</b> Distribución por género ( <i>izquierda</i> ) y rango de edad ( <i>derecha</i> ) de los docentes participantes en el estudio.	76
<b>Figura 21.</b> Grado académico de los docentes que formaron parte del estudio.	77
<b>Figura 22.</b> Años que los docentes del estudio llevan impartiendo clases en línea.	77
<b>Figura 23.</b> Modalidad bajo la que los participantes del estudio han impartido clases con anterioridad ( <i>izquierda</i> ) y al momento de contestar la encuesta ( <i>derecha</i> ).	78
<b>Figura 24.</b> Número de usuarios de distintas herramientas digitales empleadas en la enseñanza virtual ( <i>izquierda</i> ); y número de usuarios que han recibido entrenamientos en el uso de tecnologías para la enseñanza virtual ( <i>derecha</i> ).	79
<b>Figura 25.</b> Número de docentes usuarios de distintas plataformas utilizadas en la enseñanza virtual.	80
<b>Figura 26.</b> Distribución por género ( <i>izquierda</i> ) y rango de edad ( <i>derecha</i> ) de los estudiantes participantes en el estudio.	89
<b>Figura 27.</b> Instalación de la página web y alojamiento en el dominio avelira.net.	136
<b>Figura 28.</b> Evidencia de progreso de un usuario participante en la primera implementación de la página web.	137
<b>Figura 29.</b> Evidencia de progreso de un usuario participante en la segunda implementación de la página web.	137
<b>Figura 30.</b> Evidencia de realización de la evaluación de conocimientos de un usuario participante en la primera implementación de la página web.	138
<b>Figura 31.</b> Evidencia de la participación en el foro resultado de la primera implementación de la página web.	139
<b>Figura 32.</b> Evidencia de la participación en el foro resultado de la segunda implementación de la página web.	140
<b>Figura 33.</b> Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Cómo calificas el diseño de la página web?”:	144
<b>Figura 34.</b> Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Consideras que tienes un mayor conocimiento en torno a los OGMs después de haber visitado la página y realizado las actividades ahí incluidas?”.	144

- Figura 35.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Consideras que el contenido de la página tiende a favorecer la tecnología de los OGMs?”. 145
- Figura 36.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿El contenido de la página hizo que cambiara tu opinión sobre los OGMs?”. 145
- Figura 37.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿La evaluación de conocimientos te pareció acorde al contenido presentado en la página?”. 146
- Figura 38.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Te gustó la página web?”. 146

# 1. Preámbulo

## 1.1 Introducción

La pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 a finales del 2019 produjo el cierre temporal de centros escolares de todos los niveles educativos alrededor del mundo. Con base en las cifras más recientes del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación en México (INEE, 2019), esta crisis de salud impactó a poco más de 30.5 millones de estudiantes mexicanos de preescolar, primaria, secundaria y media superior que tuvieron que dejar las aulas para migrar a sistemas de educación remota desde marzo de 2019, reincorporándose parcial o completamente a los centros escolares hasta mediados de 2021. Durante la jornada de sana distancia, poco más de millón y medio de docentes que impartían cátedra en al menos 244,117 planteles dedicados a brindar servicios de educación privada o pública también migraron a sistemas virtuales.

Diversas estimaciones ya habían proyectado un incremento exponencial de la educación a distancia a nivel global (Roser y Nagdy, 2020), pero ninguna de ellas pudo anticipar la inesperada y acelerada tasa de adopción de la educación digital que la pandemia trajo consigo. Prácticamente, a lo largo de todo el año 2020 y parte del 2021 el 100% de los estudiantes y docentes de todo el mundo basaron su aprendizaje y enseñanza en sistemas remotos. Y si bien la educación digital permitió que las actividades escolares continuaran fuera del aula, impulsando con ello a una industria que se espera alcance los 325 billones dólares en 2025 a nivel global (McCue, 2018), también vino a enfatizar las deficiencias y los retos de la educación a distancia que la comunidad científica ya había identificado desde tiempo atrás (Joksimovic et al., 2015; Sun & Chen, 2016), volviéndose motivo de notas periodísticas y conversatorios que evidenciaron la brecha y el analfabetismo digital de países como México (Sierra, 2020; Tonucci, Bucio, Calderón, & Schmelkes, 2020; Toribio, 2020).

Las instituciones que tradicionalmente basaban su educación en sistemas presenciales comenzaron a regresar a la normalidad hasta mediados de 2021. Lo anterior fue posible gracias al desarrollo de vacunas que ofrecieron protección inmunológica a distintos grupos poblacionales. Laboratorios y centros de investigación de todo el mundo desarrollaron las vacunas a velocidades récord gracias al conocimiento que la humanidad posee hoy en día en torno a la ingeniería genética. Vacunas como la desarrollada por la Universidad de Oxford y AstraZeneca fueron construidas con vectores virales a los que se les insertó la secuencia del coronavirus causante de la COVID-19 (University of Oxford, 2020), de modo que un virus genéticamente modificado fue el responsable de desencadenar la respuesta inmune en los receptores de dicha vacuna. En nuestro país el

laboratorio Avi-Mex, S.A. de C.V. trabaja desde marzo de 2020 en el desarrollo de la vacuna "Patria" contra COVID-19 (Avimex, 2021), la cual también se basa en tecnología recombinante por utilizar un vector viral no patógeno al cual se le introduce la parte de la secuencia genética del virus SARS-CoV-2.

Ha sido gracias a la ingeniería genética que estudiantes y maestros han podido regresar a las aulas con un riesgo disminuido. Si bien todavía hay grupos que reciben con escepticismo las vacunas, éstas hoy gozan de una aceptación generalizada entre la población, la comunidad científica, las agencias regulatorias y las distintas autoridades. Sin embargo, no siempre y no todas las aplicaciones de la ingeniería genética adquieren la misma aceptación. En diciembre de 2020, el Gobierno Federal de México anunció la prohibición gradual de maíz genéticamente modificado en pro de una agricultura sostenible y culturalmente adecuada (Diario Oficial de la Federación, 2020), sumándose a la lista de países que buscan privilegiar sistemas agroecológicos sobre sistemas agroindustriales.

A razón de la creciente tasa de adopción de la educación virtual, la relevancia de la ingeniería genética en la mitigación de la pandemia, y la postura gubernamental en torno al maíz genéticamente modificado, esta investigación buscó aprovechar la ventana de tiempo ofrecida por la pandemia para diseñar una herramienta digital basada en el modelo ADDIE dirigida al proceso de enseñanza-aprendizaje remoto sobre los organismos genéticamente modificados en el marco de la asignatura Biología I del programa de Bachillerato General de la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México.

## 2. Marco teórico

## 2.1 Concepto, características y alcances de la educación digital

La educación digital, también referida como enseñanza virtual, enseñanza en línea, e-educación, *e-learning* o ciber-educación, es considerada la evolución natural de la educación a distancia (Bezhovski & Poorani, 2011). Aunque distintas, las definiciones de educación a distancia que se han propuesto a lo largo de la historia coinciden en que la esencia de ésta radica en que el proceso de aprendizaje y enseñanza ocurre en un entorno en donde el alumno y el docente se encuentran físicamente separados (**Tabla 1**), siendo ésta la razón por la que en sus orígenes la educación a distancia también era referida como “estudios en casa” o “estudios independientes” (Bozkurt, 2019). La educación a distancia ha adquirido diversas denominaciones a lo largo de su historia (García Aretio, 2003), por ejemplo: educación por correspondencia, extensión de estudios, aprendizaje de por vida, aprendizaje privado dirigido, aprendizaje individualizado, educación flexible, autoinformación, teleformación, educación no tradicional y educación abierta, entre otros (Demiray, 2003; García Aretio, 2003). Para García Aretio (2003) la dimensión del concepto es dependiente de la definición teórica que se adjudique al proceso de aprendizaje.

**Tabla 1.** Algunas definiciones del concepto educación a distancia propuestas en el periodo 1973-2019.

Autor y año	Definición
M. Moore (1973)	Conjunto de métodos instruccionales en donde <b>los comportamientos de enseñanza se ejecutan por separado de los comportamientos de aprendizaje</b> , incluyendo aquellos que en situaciones contiguas serían ejecutados en presencia del alumno, de manera que la comunicación entre el maestro y el estudiante debe ser facilitada por medios impresos, electrónicos, mecánicos u otros dispositivos.
Wedemeyer (1981)	Aprender y enseñar, impartir y/o adquirir conocimiento a través de métodos que son usados porque los <b>maestros y los estudiantes están a distancia</b> el uno del otro.
Kaye (1988)	La educación a distancia es, por excelencia, enseñanza mediada. En la educación a distancia, la contextualización, transmisión de la información y estructuración conceptual -que es llevada a cabo por los maestros en las clases en vivo- son transferidos a medios técnicos variados: impresiones, casetes, bases de datos, discos, emisiones, etcétera. La interacción cara-a-cara se reserva para resolver problemas de comprensión y para el

Autor y año	Definición
	trabajo. La mayoría de <b>las actividades de enseñanza y aprendizaje están separadas en el tiempo y el espacio.</b>
Araujo e Oliveira y Rumble (1991)	Forma de educación en donde <b>el estudiante está separado físicamente del maestro.</b>
Bernath et al. (2005)	Educación basada en un profundo aprendizaje que resulta de una actividad individual. El aprendizaje es guiado o soportado por <b>medios no-contiguos</b> que activan a los estudiantes. Por ejemplo: comunicación mediada, usualmente basada en contenidos pre-producidos.
Roquet (2006)	Sistema o modalidad educativa en que <b>uno o más estudiantes se encuentran geográficamente separados de un centro de enseñanza y del docente</b> [...] lo que determina que estos interlocutores para comunicarse tienen que hacerlo utilizando medios que salven esta distancia.
Moore, Dickson-Deane y Galyen (2011)	Refiere al esfuerzo de proporcionar acceso al aprendizaje a aquellos que se encuentran <b>geográficamente distantes.</b>
García Aretio (2012)	La educación a distancia se basa en un diálogo didáctico mediado entre el profesor (institución) y el estudiante que, <b>ubicado en espacio diferente al de aquél</b> , puede aprender de forma independiente y también colaborativa.
Kentnor (2015)	Método de enseñanza en donde <b>el estudiante y el docente están físicamente separados.</b> Utiliza una combinación de tecnologías, incluyendo correspondencia, audio, video, computadora y el internet. Al menos 80% del curso es allegado por medios <u>en línea</u> .
Bilgiç, Doğan y Seferoğlu (2016)	Aprendizaje que ocurre en <b>ambientes temporales y espaciales independientes.</b> Esto significa que el alumno y el docente no necesitan estar en el mismo lugar o zona horaria.
Saykili (2018)	Forma de educación que acerca a maestros y estudiantes que están físicamente distantes la actividad de aprendizaje alrededor de experiencias de aprendizaje planeadas y estructuradas a través de <u>canales de transmisión de media bi- o multidireccionales</u> que permiten las interacciones entre aprendices, facilitadores, así como entre aprendices y recursos educativos.

Autor y año	Definición
Sadeghi (2019)	Tipo de educación en la que <b>los estudiantes no siempre están físicamente presentes en la escuela</b> . En otras palabras, se aprende, estudia y evalúa un contenido <u>en línea</u> dado sin tener que asistir a un centro para la evaluación, un edificio escolar o un campus universitario.

*Fuente: Elaboración propia con información de las referencias citadas en la tabla.*

Aunque la principal característica de la educación a distancia es que el maestro y el estudiante están en ambientes temporales y espaciales independientes, Bernath *et al.* (2005) señala que el proceso de educación a distancia puede ocurrir incluso en ausencia de un maestro. Esto último es particularmente aplicable a cursos autodirigidos, en donde el aprendizaje ocurre de forma independiente y sin interacciones (Clark, 2020). Por otra parte, cuando existen interacciones entre el docente y el alumno y/o entre alumnos, éstas pueden ser asincrónicas o sincrónicas. Las primeras son interacciones en donde la comunicación docente-alumno o alumno-alumno sucede en momentos que no están coordinados en el tiempo, lo que favorece que sean reflexivas, menos intimidantes, más razonadas y menos rigurosas; las segundas son interacciones que ocurren al mismo tiempo y por ende suelen ser espontáneas, efímeras, influenciables y pasionales (Vaughan, Cleveland-Innes, & Garrison, 2013). Ejemplos de herramientas que conducen las interacciones asincrónicas son los mensajes de audio/video programados, grabaciones, foros de discusión y blogs, en tanto que los chats, *webinars* o videollamadas ejemplifican al segundo tipo de interacciones (Clark, 2020).

La literatura que habla sobre la espacialidad, la temporalidad y otras características de la educación a distancia es vasta. Sobre este tema, en la **Tabla 2** se enlistan las perspectivas (complementarias entre sí) de tres autores. En cuanto a su propósito, es posible apreciar que históricamente la educación a distancia se ha distinguido por buscar crear más y mejores oportunidades de acceso a la educación para grupos marginados o vulnerables (ej. personas con discapacidad, personas en situación de pobreza) y/o sectores poblacionales específicos (ej. adultos trabajadores), sin que ello limite su uso en la población en general. En cuanto a su costo, la educación a distancia es propia de una economía de escala, en donde el costo se reduce a medida que aumenta el número de usuarios. En cuanto a su operación, la educación a distancia funciona como un proceso

sistémico o integral con enfoque a las personas y en donde se interrelacionan múltiples objetos, fenómenos y/o sujetos.

**Tabla 2.** Características de la educación a distancia.

<p>Bernath et al. (2005)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aprendizaje puede ocurrir en ausencia de un maestro.</li> <li>• El soporte a los estudiantes puede ser adaptado a los estándares de conocimiento del estudiante (versus requerir calificaciones formales de ingreso).</li> <li>• Permite la liberación de restricciones organizacionales y administrativas usualmente inevitables en la educación cara-a-cara (ej. limitación geográfica, ritmo de trabajo).</li> <li>• Presenta posibilidades para economías de escala.</li> <li>• Se puede ejercer para la educación adulta, capacitación para el empleado, nuevas oportunidades de estudio.</li> </ul>
<p>Moore, Dickson-Deane y Galyen (2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El contenido puede ser al ritmo del alumno, autodirigido o dirigido por el docente.</li> <li>• Requieren de automotivación y disciplina.</li> <li>• En general, permite tener un avance flexible, calendarizar las actividades y contar con retroalimentaciones prescritas sobre respuestas incorrectas.</li> </ul>
<p>Anderson y Simpson (2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee un sentido de justicia social y equidad.</li> <li>• Siempre está mediada por el uso de tecnología.</li> <li>• La interacción entre personas es la esencia de la educación a distancia.</li> <li>• Demanda trabajo en equipo efectivo.</li> <li>• Es un proceso sistémico que involucra muchos aspectos.</li> <li>• Se enfoca en las personas.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia con información de las referencias citadas en la tabla.*

Las definiciones más recientes de educación a distancia también incorporan como una característica de ésta el hecho de que el proceso de aprendizaje y enseñanza ocurre en plataformas en línea (Kentnor, 2015; Sadeghi, 2019) (Tabla 1). No obstante, es necesario precisar que aunque hoy en día el grueso de la oferta de educación a distancia se vale del internet y *World Wide Web* (WWW), la educación a distancia no necesariamente requiere de plataformas en línea para facilitar el proceso de aprendizaje y enseñanza. De hecho, como se describe a detalle en el siguiente subapartado, sus orígenes se remontan a tiempos en donde los recursos en línea no formaban parte de la realidad del hombre; de

modo que es necesario delimitar la frontera entre la educación a distancia y la educación digital.

Al derivar de la educación a distancia, la educación digital conserva todas las características de ésta, pero se distingue porque utiliza las tecnologías de la información enmarcadas en sistemas de cómputo e internet para soportar el proceso de enseñanza y aprendizaje a distancia (Tabla 3). Para algunos autores existe además un tercer término llamado educación en línea o educación basada en la red que representa la evolución de la educación digital hacia un estado más avanzado (Tabla 4). La diferencia entre estos dos términos (educación digital y educación en línea) puede resultar algo difusa, habiendo autores que prefieren emplearlas como sinónimos (ej. Mason y Rennie (2006)).

**Tabla 3. Definiciones de educación digital (e-educación, e-learning o ciber-educación).**

Autor y año	Definición
Paulsen (2003)	Aprendizaje interactivo en el que <b>el contenido de aprendizaje está disponible en línea</b> y proporciona una retroalimentación inmediata a las actividades de aprendizaje del estudiante.
García Aretio (2003)	Aprendizaje electrónico <b>generado o mediado a través de Internet.</b>
Nicholson (2007)	Uso de una diversas de prácticas, tecnologías y posiciones teóricas para el aprendizaje. <b>Además del contexto en línea, incluye todo el abanico de las plataformas de aprendizaje, métodos, géneros y formatos basados en computadoras</b> , tales como multimedia, programación educativa, simulaciones, juegos y el uso de nuevos medios en plataformas fijas o móviles a través de múltiples áreas disciplinares. Comúnmente se caracteriza por pedagogías centradas en el estudiante.
Horton (2006)	Uso de las <b>tecnologías de la información</b> para crear <b>experiencias de aprendizaje.</b>
Bezhovski y Poorani (2011)	Proceso en el que una serie de lecciones se proporcionan en <b>dispositivos digitales como computadoras u otros dispositivos móviles</b> que soportan el aprendizaje.
Moore, Dickson-Deane y Galyen (2011)	Las características del término no son exactas, pero es claro que comprende todas las formas de e-educación, ya sea que se trate de

Autor y año	Definición
	<b>aplicaciones, programas, páginas web, etcétera</b> , que proporcionan una oportunidad de aprendizaje para los individuos.
Tavukcu, Arap y Özcan (2011)	La e-educación es el uso de tecnologías <b>basadas en computadoras e internet</b> cuando sea y donde sea que los estudiantes requieran educación.
Kotoua, Ilkan y Kilic (2015)	Una clase en donde el <b>internet</b> engancha y asiste a los estudiantes para estudiar en su tiempo libre. Es un aprendizaje autodirigido.
Sudarsana et al. (2019)	Aplicación de las <b>tecnologías basadas en la web</b> que ayudan al mundo del aprendizaje como parte de un proceso educativo.

*Fuente: Elaboración propia con información de las referencias citadas en la tabla.*

**Tabla 4.** Definición de educación en línea.

Autor y año	Definición
Moore, Dickson-Deane y Galyen (2011)	Acceso a experiencias de <b>aprendizaje a través de tecnologías</b> . Es una versión reciente de la educación a distancia que mejora el acceso a las oportunidades educativas para los estudiantes, así como la flexibilidad y la habilidad para promover interacciones variadas.
Scagnoli (2009)	<b>Aprender usando el internet</b> como fuente de información, comunicación y colaboración, tanto en clases instruidas en aula como en la educación a distancia. Términos que se refieren a la educación en línea incluyen: aprendizaje basado en línea, aprendizaje basado en la web, comunicación mediada por computadora, e-learning, aprendizaje basado en tecnología y aprendizaje distribuido. El aprendizaje en línea es comúnmente referido como educación a distancia porque la educación a distancia hoy día se hace en línea. No obstante, la educación en línea tiene atributos de la educación tradicional y la educación a distancia, pudiendo ser parte de ambas.

*Fuente: Elaboración propia con información de las referencias citadas en la tabla.*

A medida que surgen más y mejores tecnologías y/o que éstas se vuelven más accesibles para los centros escolares, las corporaciones, las empresas y/o los gobiernos, surgen nuevas formas de aplicar la e-educación en pro del proceso de aprendizaje y enseñanza. Por ejemplo, los recientes avances de la tecnología móvil (ej. teléfonos móviles, computadoras portátiles, tabletas) han dado origen al término *m-learning*, m-aprendizaje o

m-educación para referir al método de aprendizaje basado en plataformas portables/móviles que son de fácil acceso para los estudiantes independientemente de su ubicación geográfica (Bezhovski & Poorani, 2011). Además del m-learning, otras tendencias de la e-educación incluyen al aprendizaje combinado o híbrido, la gamificación, el micro aprendizaje, el aprendizaje personalizado, el aprendizaje continuo y la educación abierta (Tabla 5).

**Tabla 5.** Tendencias de la e-educación.

Tendencia	Descripción	Referencias
Aprendizaje combinado o híbrido	Integración orgánica de dos o más métodos de enseñanza que son complementarios entre sí. Por ejemplo, la combinación de estrategias cara-a-cara y estrategias en línea, en donde los materiales del curso están en línea, pero las actividades se desarrollan en vivo dentro del aula.	Bezhovski & Poorani, (2011); Clark,( 2020); Vaughan et al., (2013)
Gamificación	Incorporación de elementos mecánicos, dinámicos, estéticos y de pensamiento de juego al método de e-educación con el fin de incrementar la motivación, experiencia y vinculación del estudiante. Este último participa en experiencias en donde adquiere el rol de alumno y de jugador.	Bezhovski & Poorani, (2011); Strmečki, Bernik, & Radošević, (2015)
Micro e-aprendizaje	Estrategia de aprendizaje basada en el uso de contenido (en línea) preciso, breve y perfectamente planificado distribuido en módulos, actividades o episodios que se cursan en un corto periodo de tiempo.	Alqurashi, (2017); Bezhovski & Poorani, (2011); Dolasinski & Reynolds, (2020)
E-aprendizaje personalizado / sistema de hipermedia adaptativa	El estudiante elige el contenido y la estructura de las instrucciones de aprendizaje (en línea). El estado de aprendizaje se evalúa con base en los problemas que el estudiante es capaz de resolver; las tecnologías de la información se configuran para personalizar, optimizar y reforzar la experiencia de aprendizaje. Considera la ausencia de estrategias fijas que sean aplicables a todos los estudiantes.	Ali, Eassa, & Hamed, (2019); Bachari, Abelwahed, & El Adnani, (2011); Berlanga, (2006); Bezhovski & Poorani, (2011); Colace, De Santo, & Greco, (2014)

Tendencia	Descripción	Referencias
E-aprendizaje continuo (de por vida)	Proceso de búsqueda continua del aprendizaje para satisfacer las capacidades laborales, aspiraciones de aprendizaje o necesidades de corto plazo. La responsabilidad del aprendizaje recae en el propio estudiante y está orientada a habilitar nuevas competencias o mejorar las existentes. Al hablar de e-aprendizaje continuo, se entiende que el contenido es acercado al usuario mediante plataformas en línea.	Bezhovski & Poorani, (2011); Mouzakitis & Tuncay, (2011)
m-learning	Método de aprendizaje basado en plataformas portables/móviles que acercan el conocimiento a través de la creación de contenido y conversaciones entre personas y tecnologías que ocurren en múltiples contextos y que son de fácil acceso para los estudiantes independientemente del tiempo y la ubicación.	Bezhovski & Poorani, (2011); Pedro, Barbosa, & Santos, (2018); UNESCO, (2013b)
E-educación abierta	Forma de aprovisionamiento de la educación en donde las restricciones impuestas a los estudiantes son mínimas o anuladas siempre que sea posible. El estudiante está habilitado para tomar las decisiones en torno al ritmo y lugar de estudio, así como los medios de aprendizaje (ej. en línea), métodos instruccionales, modos de acceso y otros factores relacionados con el proceso de aprendizaje.	Caliskan, (2012); Gaskell, (2007); Lewis, (1986)

*Fuente: Elaboración propia con información de las referencias citadas en la tabla.*

## 2.2 Historia de la educación a distancia y su evolución hacia la educación digital

La cultura de Sumeria inventó la escritura entre los años 3,500 A.C. y 3,000 A.C con el fin de grabar información en arcilla y trasladarla entre regiones distantes para enviar mensajes que auxiliaran el intercambio de bienes comerciales (Mark, 2011), estableciendo así un sistema de comunicación a distancia. Aunque en un principio los mensajes grabados en arcilla, papiro, madera o piedra tenían el objetivo de facilitar las relaciones comerciales, las culturas antiguas pronto emplearían el sistema de comunicación a distancia para aleccionar o adoctrinar a las personas de distintas regiones, razón por la cual algunos

autores lo consideran como el principio de la educación a distancia (Navarrete-Cazales & Manzanilla-Granados, 2017). Para autores como Wedemeyer (1981), los libros de Moisés, las cartas de San Pablo, las proclamas de reyes y papas, entre otros textos que tenían el propósito de llevar mensajes a las personas, dan testimonio de los ancestrales orígenes de la educación a distancia, sin que haya algo nuevo en el concepto que no sea su crecimiento y aceptación.

Otra línea de pensamiento, en la que se ubica el grueso de los autores, sugiere que la educación a distancia se origina hace aprox. 290 y 180 años con la aparición de los primeros cursos y lecciones que eran allegadas a los estudiantes vía correo postal (Jardines, 2009). Los que argumentan que la educación a distancia tiene al menos 292 años de historia, sostienen que ésta se originó en Estados Unidos con las lecciones semanales de taquigrafía corta anunciadas en 1728 por Caleb Phillips en la Gaceta de Boston (Bernath et al., 2005; Clark, 2020). Quienes argumentan que su origen data del año 1840 sostienen que fue el maestro inglés Sir Isaac Pitman quien ofreció el primer curso a distancia de taquigrafía corta en el sentido formal, pues involucraba el envío de textos transcritos en su propio sistema de taquigrafía corta a sus estudiantes, y la recepción de transcripciones hechas por los estudiantes para corrección, siendo este sistema de retroalimentación entre el docente y el estudiante un elemento clave que no fue considerado por Caleb Phillips (Kentnor, 2015). En cuanto a México, algunos consideran que el primer antecedente de la educación a distancia data de 1822, año en el que el médico español Manuel Codorniu fundó la Compañía Lancasteriana en el país y con ello dio inicio a la implementación del método lancasteriano, en donde un alumno monitor era previamente capacitado para controlar la enseñanza y aprendizaje de un grupo de diez alumnos de menor edad sin que fuera requerida la confrontación directa o el contacto físico entre los estudiantes y el profesor, quien capacitaba al alumno monitor (Bosco Hernández & Barrón Soto, 2008).

En general, se puede decir que fue a partir de la segunda mitad de los años 1800 que se establecerían importantes programas educativos basados en correspondencia (AECT, 2001; Bernath et al., 2005) y que constituirían la primera generación de educación a distancia (Anderson & Simpson, 2012; Sumner, 2000). Para los docentes a distancia de esta primera generación, quienes se caracterizaban por ejercer una “conversación didáctica guiada”, era importante ofrecer oportunidades educativas a mujeres y trabajadores que no tenían acceso a instituciones formales de educación. En este sentido, uno de los ejemplos más representativos de este periodo lo constituye el programa de la Universidad de Londres, el cual fue el primero en certificar los estudios a distancia en 1858 (Clark, 2020).

**Tabla 6.** Principios metodológicos de un curso de 1903 basado en correspondencia (con información de Bernath et al., 2005).

1	Presentación del curso autoguiado.
2	Información sobre el curso con preguntas y respuestas del contenido clave.
3	Resumen.
4	Preguntas con referencias a las secciones de la presentación en donde es posible encontrar las respuestas.
5	Ejercicios en formas de preguntas desarrolladas de modo que los estudiantes las puedan responder con base en lo que han aprendido. Las respuestas correctas se proporcionan cuando el estudiante inicia la siguiente unidad.
6	Correspondencia individual dirigida a desarrollar el pensamiento autónomo a través de la asignación de una tarea de comprensión realizada por el estudiante en forma escrita.

Gracias a la aparición de la radio en 1895, la educación a distancia pronto extendería su alcance más allá de la correspondencia. En 1919 instituciones como la Universidad de Wisconsin en Estados Unidos fundarían las primeras unidades de educación a distancia con licencias para operar sus propias estaciones radiofónicas. Para finales del año 1920 sumarían alrededor de 176 instituciones con licencia radiofónica, cediendo amplia popularidad a la educación a distancia radiofónica en Europa, en donde la radio resultaba ser más confiable que el servicio postal (Kentnor, 2015). En regiones de Latinoamérica la educación a distancia basada en radiofrecuencias también gozaría de buena popularidad (Jung, 2019; Rumble, 1986). En México se crearía la Escuela de Radio Difusión Primaria para Adultos en 1941, y en 1944 se fundaría el Instituto Federal de Capacitación del Magisterio, el cual ofrecía cursos que combinaban la modalidad de escuela por correspondencia y de escuela oral para capacitar a los maestros, que a su vez impartían lecciones a campesinos (Moreno, 2015; Navarrete-Cazales & Manzanilla-Granados, 2017). Años antes de este acontecimiento, la educación a distancia en México ya continuaba en 1923 con el proyecto de Misiones Culturales de la Secretaría de Educación Pública que tenía como objetivo capacitar a los profesores de escuelas básicas de áreas rurales directamente en sus centros de trabajo (Cookson & Domínguez, 2015).

Casi a la par de la adopción de la radio como medio educativo, en 1927 el mundo sería testigo del invento de la televisión. Su uso para fines educativos se exploraría por primera vez entre 1932 y 1937 en Estados Unidos, pero aún estaría lejos de ser empleada rutinariamente en la educación a distancia -salvo en entrenamientos militares- toda vez que la producción y la calidad del contenido de los cursos televisivos eran bastante precarios (Kentnor, 2015). En México, sería hasta 1966 cuando se iniciaría el proyecto piloto de Telesecundaria con clases en vivo, el cual finalizó dos años después para quedar formalmente inscrito en el sistema educativo nacional (Cookson & Domínguez, 2015; Navarrete-Cazales & Manzanilla-Granados, 2017). En general, se considera que la estandarización del contenido televisivo para soportar los modelos de educación a distancia ocurrió hasta la segunda mitad de la década de 1970 (Kentnor, 2015). En este periodo también destaca el uso del teléfono en programas como el de la Red de Teléfono Educativa (ETN por sus siglas en inglés), establecido en 1965 por la Universidad de Wisconsin y dirigida a la formación de doctores. A ETN le sucedieron los programas SEEN basado en la recepción de imágenes a través de un teleescritor o electrowriter (1970), DIAL-ACCESS basado en casetes a los que los usuarios podían acceder marcando el número de la grabación que deseaban escuchar (1974), ATN basado en una red de conferencias privadas dentro de los campus (1977), y MEET-ME basado en una red telefónica enlazada a hasta 20 números domésticos (1978) (Rutter, 1987).

El uso de la radio, la televisión y el teléfono con fines educativos constituirían la denominada segunda generación de educación a distancia, caracterizada porque las tecnologías facilitan considerablemente la educación mientras que la interacción entre docente y estudiante se mantiene al mínimo. Al igual que la primera generación, el aprendizaje en la segunda generación se basó en materiales estructurados con comunicaciones dominadas por el maestro y con un aprendizaje más individual que social, alineado a las teorías conductista y cognitiva (Anderson & Simpson, 2012).

**Tabla 7.** Funciones consideradas como esenciales en los años 1970 para el desarrollo de cursos (con información de Bernath et al., 2005).

1	Atraer la atención y motivar; la presentación de los objetivos es de particular importancia en este sentido.
2	Hacer que los estudiantes conozcan los resultados esperados.
3	Vincular el conocimiento previo e intereses de los estudiantes.

4	Presentar el material a ser aprendido.
5	Guiar y dar estructura al aprendizaje.
6	Activar.
7	Retroalimentar.
8	Transferir.
9	Facilitar la retención.

La tercera generación de la educación a distancia comenzó alrededor de 1980 con el avance y auge de las tecnologías y redes satelitales que permitieron la comunicación de doble vía entre el docente y el estudiante a través de interacciones mediante discos compactos, teleconferencias, videocintas y audiocintas (Jardines, 2009), impulsando con ello el ya creciente uso de la radio y la televisión. Algunas de las tecnologías que acompañaron a esta generación (ej. teleconferencias) permitieron establecer un estilo de aprendizaje basado en la acción de comunicar, en donde los participantes podían practicar la reflexión, el pensamiento crítico y la resolución de problemas; en contraste, otras más (ej. CD-Rooms) se caracterizaron por tener un estilo autoritario que para algunos autores no necesariamente promovía el desarrollo cognitivo (Sumner, 2000).

La cuarta generación de la educación a distancia nace a inicios de 1990 gracias a dos sucesos que posiblemente resultan ser lo más revolucionarios para la educación a distancia: 1) el uso de las computadoras, y 2) la expansión del internet y la aparición de la red informática mundial (también referida como WWW o *world wide web*). Aunque el internet se remonta a los primeros años de 1980 y el uso de las microcomputadoras ya se había popularizado en esa década, su incorporación formal a los programas educativos ocurriría hasta 1989, siendo la Universidad de Phoenix la primera institución en ofrecer un programa de licenciatura y maestría basado en computadoras. Poco después, cuando se libera al público en general la WWW en 1991, la Universidad de Phoenix también se convertiría en la primera institución en ofrecer programas educativos a través del internet (Kentnor, 2015). A partir de entonces, la educación electrónica basada en sistemas de cómputo (CBT por sus siglas en inglés) e internet se extendería ampliamente durante los años 1990 y sentaría

la piedra angular de la educación digital, también denominada e-educación o *e-learning* (Hubackova, 2015).

Sobre este último término, aunque posiblemente surgió en los años 1980 (Bezhovski & Poorani, 2011; J. L. Moore et al., 2011), su origen a menudo es acotado al año 1999 cuando se dio a conocer en un seminario sobre CBT impartido en Los Ángeles, California (Hubackova, 2015). El concepto de *e-learning* tomaría forma y florecería a lo largo de los primeros años del siglo XXI junto con múltiples, existentes y emergentes, sistemas de aprendizaje basados en ambientes virtuales (ej. CMI<sup>1</sup>, CMS<sup>2</sup>, ILS<sup>3</sup>, LMS<sup>4</sup>, MOOC<sup>5</sup>, IMI<sup>6</sup>, ODT<sup>7</sup>, TBL<sup>8</sup>, TEL<sup>9</sup>, WBT<sup>10</sup>, entre otros), mismos que se alinearían principalmente a las teorías pedagógicas que colocan al estudiante al centro del proceso de aprendizaje, con énfasis en actividades de aprendizaje basadas en la investigación y construcción (Howard & Mozejko, 2015).

En México, en 1972 se creó la Coordinación del Sistema Universidad Abierta (ahora Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia, CUAIEED) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para ofrecer el Sistema Universidad Abierta como una opción educativa que impulsara la creación, el desarrollo y la evaluación de modelos y metodologías de enseñanza-aprendizaje en ambientes educativos multimodales, además de asesorar y apoyar en el diseño, desarrollo y evaluación de proyectos y programas de estudio mediados por tecnología. Resultado de lo anterior, en 2004 la UNAM incorporaría las primeras licenciaturas a distancia y en 2007 sumaría a su oferta educativa el Bachillerato a Distancia, referido como B@UNAM (UNAM, 2021). La educación basada en medios informáticos también ha sido incorporada por otras instituciones educativas del país como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), quien fundaría su propia Universidad Virtual, suceso que después sería replicado por la Universidad de Guadalajara y la Universidad Veracruzana en 2004, la Universidad Virtual de Guanajuato en 2007, la Universidad Virtual de Michoacán en 2011, y la Universidad Digital del Estado de México y la Universidad Abierta y a Distancia de México en 2012 (Abad et al., 2020; Moreno, 2015).

---

<sup>1</sup> Instrucción asistida por computadora

<sup>2</sup> Sistema de gestión de cursos

<sup>3</sup> Sistemas de aprendizaje integrado

<sup>4</sup> Sistemas de gestión de aprendizaje

<sup>5</sup> Cursos masivos abiertos en línea

<sup>6</sup> Instrucción de multimedia interactiva

<sup>7</sup> Entrenamiento en demanda

<sup>8</sup> Aprendizaje basado en tecnología

<sup>9</sup> Aprendizaje optimizado por tecnología

<sup>10</sup> Entrenamiento basado en la web

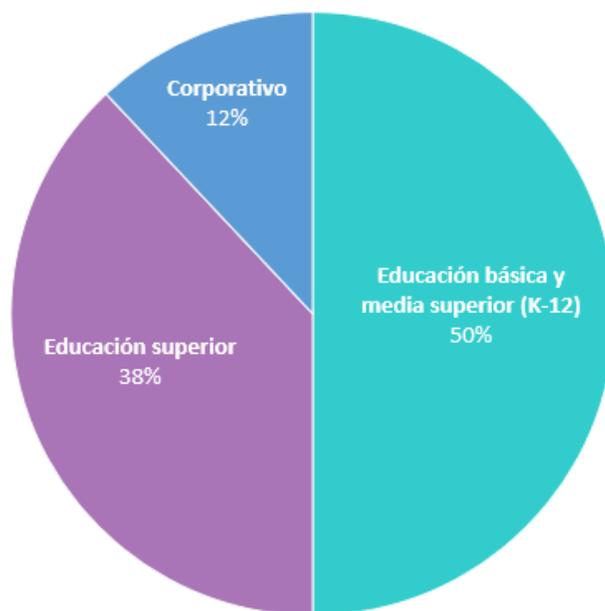
García Aretio (2014) propone que la historia reciente (2000 en adelante) de la educación a distancia puede ser seccionada en una quinta (Enseñanza 2.0), sexta (Aprendizaje móvil) y séptima (Sistemas automáticos, MOOC) generación. Para este autor, la quinta generación engloba a la educación 2.0 y se basa en el uso de aplicaciones y páginas web que utilizan la inteligencia colectiva para promover la interacción social en redes. La educación 2.0 está soportada por herramientas como blogs, wikis, podcasts, redes sociales, entre otras, y es testigo del nacimiento de aplicaciones como Gmail, Skype, MySpace, Facebook y LinkedIn. La sexta generación, que corresponde al aprendizaje móvil, está marcada por el nacimiento del Wi-Fi o red inalámbrica, y por la aparición de dispositivos móviles con pantallas táctiles y sistemas Windows, BlackBerry, Android, IOS, etcétera. La séptima generación surge a finales del 2002 y se caracteriza por el impulso al uso masivo de recursos digitales y electrónicos de carácter gratuito y abierto a todo público (García Aretio, 2014).

Ahora bien, aunque una parte de la historia refleja que la oferta de cursos y programas en línea ha crecido exponencialmente a nivel mundial desde la primera década del 2000, y con ella el número de usuarios inscritos (destacan por ejemplo los MOOC, cursos en línea introducidos en 2008 como abiertos y masivos sin límite de participantes (Jung, 2019)), otra parte de la historia de la e-educación está descrita por programas en línea de universidades y otros centros educativos que no han sobrevivido al tiempo a causa de diversos factores, como la falta de entendimiento de las bases pedagógicas que auxilian el proceso de aprendizaje en línea, la ausencia de capacidades docentes, la ausencia de apoyo institucional, la adaptación de tecnologías al contexto educativo (versus el desarrollo intencionado de tecnologías para fines educativos), la falta de motivación y el miedo a que la calidad de la educación en línea no tenga el nivel deseado (Grand-Clement, 2017; Howard & Mozejko, 2015; Kentnor, 2015). Así pues, pese a que el concepto de *e-learning* continúa vigente y experimenta un crecimiento importante, aún hay retos que deben ser abordados y que indudablemente intervendrán en la evolución y “futura historia” de la e-educación.

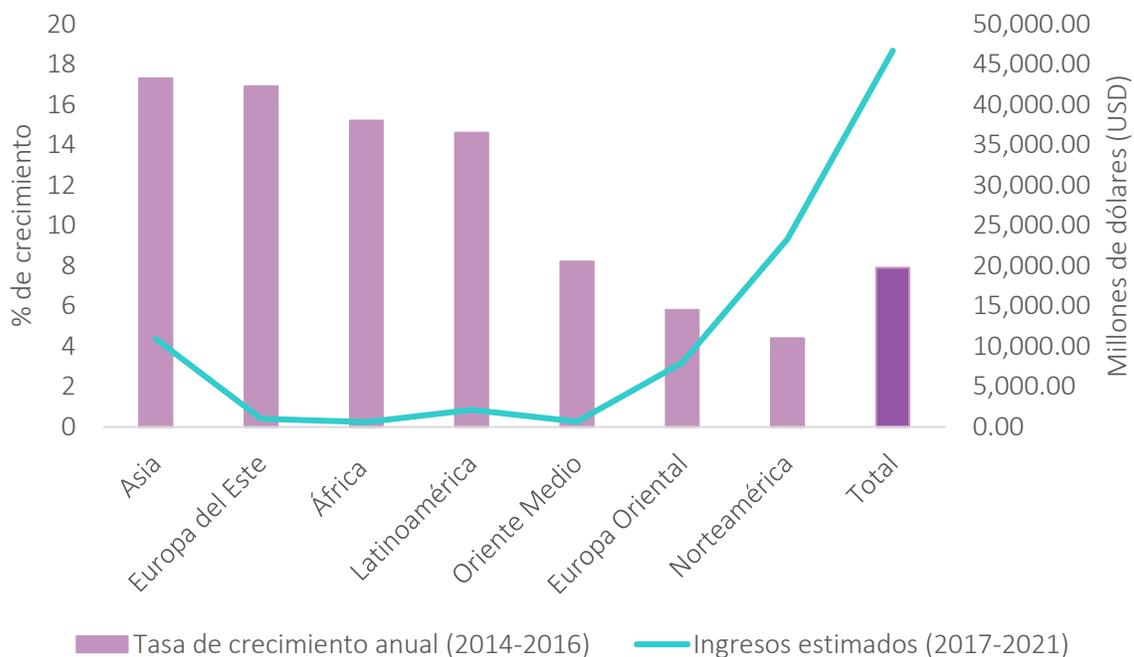
## 2.3 Panorama mundial de la educación digital dirigida al nivel medio superior

Existe una disparidad entre la tasa de adopción de la educación digital en el nivel medio superior y la investigación que se realiza en este campo. Por una parte, en las distintas regiones del mundo la tasa de adopción de la educación digital ha aumentado en todos los niveles escolares, incluyendo el nivel medio superior (M. K. Barbour, 2019), así como en el ámbito laboral o extraescolar (**Figura 1** y **Figura 2**). Sin embargo, por otra parte, el número de investigaciones y el estado del conocimiento en torno a la educación digital aplicada a los niveles de educación básica y media superior es considerablemente menor al que se tiene para el nivel superior. Dichev *et al.* (2013) sugieren que lo anterior se debe, al menos en parte, a que las motivaciones para impulsar la investigación de la educación digital aplicada al nivel superior han sido predominantes sobre los niveles que le anteceden.

A continuación, se presenta un panorama general de la tasa de adopción de la educación digital en el nivel secundario (medio superior) en distintas regiones del mundo.



**Figura 1.** Porcentaje de crecimiento de la educación en línea esperado por sector en el periodo 2012-2017 a nivel global (Docebo, 2014).



**Figura 2.** Panorama global de la educación digital en el ámbito escolar y laboral visto como la tasa de crecimiento anual e ingresos estimados en los periodos 2014-2016 y 2017-2021, respectivamente (Docebo, 2014, 2016).

### Norteamérica

En Estados Unidos el primer programa de educación digital para la educación básica y media superior (referida conjuntamente como K-12 en este país y otras regiones) fue desarrollado por una institución privada en 1991. Desde entonces, el número de programas se ha multiplicado en ese país, y con ello el número de estudiantes inscritos en programas en línea o híbridos para cursar la educación K-12, con estimaciones que van de los dos a los ocho millones de estudiantes digitales (M. K. Barbour, 2019). Canadá también ha experimentado un crecimiento exponencial de la educación digital en los niveles educativos preuniversitarios desde que su implementación empezara a reportarse en 1999. En dicho país el número de estudiantes a distancia y/o digitales a nivel nacional pasó de 25,000 en el ciclo 1999-2000 a 277,603 en el ciclo 2016-2017, cifra que representa el 5.4% de la población total de 5.1 millones de estudiantes del nivel K-12 (M. K. Barbour & LaBonte, 2017).

## Asia

Asia tiene una tasa de crecimiento de la educación digital del 17.3% (Docebo, 2014), la más alta a nivel mundial, con India, China y Malasia a la cabeza (Dichev et al., 2013). En esta región el uso incremental de la educación digital es característicamente impulsado desde el gobierno. En China, país en el que la totalidad del currículo de educación primaria y secundaria ya está en línea, y en donde el porcentaje de penetración de internet es del 85% a nivel nacional y 81% en escuelas rurales, el gobierno se propuso como objetivo tener 200 millones de estudiantes en línea para el 2020 (Dichev et al., 2013), habiendo ya logrado tener 59.9 millones de estudiantes digitales en 2014 (Wang, Liu, & Zhang, 2018). Al 2015 China contabilizaba alrededor de 64,000 centros escolares de nivel básico y medio superior que ya implementaban la educación digital, cubriendo 37% de las escuelas de estos niveles. En cuanto a los maestros, se estima que en ese país hay 4.2 millones de maestros digitales y 3.27 millones más que integran recursos virtuales a las instrucciones dentro del aula tradicional (Wang et al., 2018) (**Tabla 8**). Otros logros en la materia por parte de China incluyen al programa de “mochilas escolares electrónicas”, el cual ha sido impulsado en ciudades como Shanghái, Beijing, Guangzhou y Nanjing a partir de que el país logró que todas sus escuelas estuvieran conectadas a internet. La mochila escolar electrónica comprende libros electrónicos y otros recursos digitales para apoyar el proceso de aprendizaje de estudiantes de preescolar, primaria y secundaria, además de promover el desarrollo de las habilidades digitales para el manejo y búsqueda de información a partir de las tecnologías de la información (He & Wray, 2017). En Corea del Sur y Tailandia se han desarrollado bibliotecas digitales para la educación primaria y secundaria (medio superior) con el fin de auxiliar los procesos de aprendizaje basados en la búsqueda de información, fomentando con ello la adopción de nuevos modelos pedagógicos en donde el estudiante es conferido libertad de tiempo y espacio para aprender, y en donde el conocimiento es construido socialmente por los individuos (Hedberg & Ping, 2004).

**Tabla 8.** Actividades observadas en una clase híbrida de química en China (con información de He & Wray, 2017).

Examen rápido de cinco minutos sobre la última sesión utilizando la tableta (no en todas las clases).
Clase impartida por el docente ayudada por videos.
Exámenes rápidos sobre puntos específicos de la lección que son respondidos en la tableta.
El docente varía los exámenes rápidos con base en el conocimiento del estudiante y el desempeño en el último examen rápido.

Discusión grupal sobre aplicaciones prácticas en la vida real.

Los estudiantes hacen una búsqueda de reacciones químicas usando la tableta.

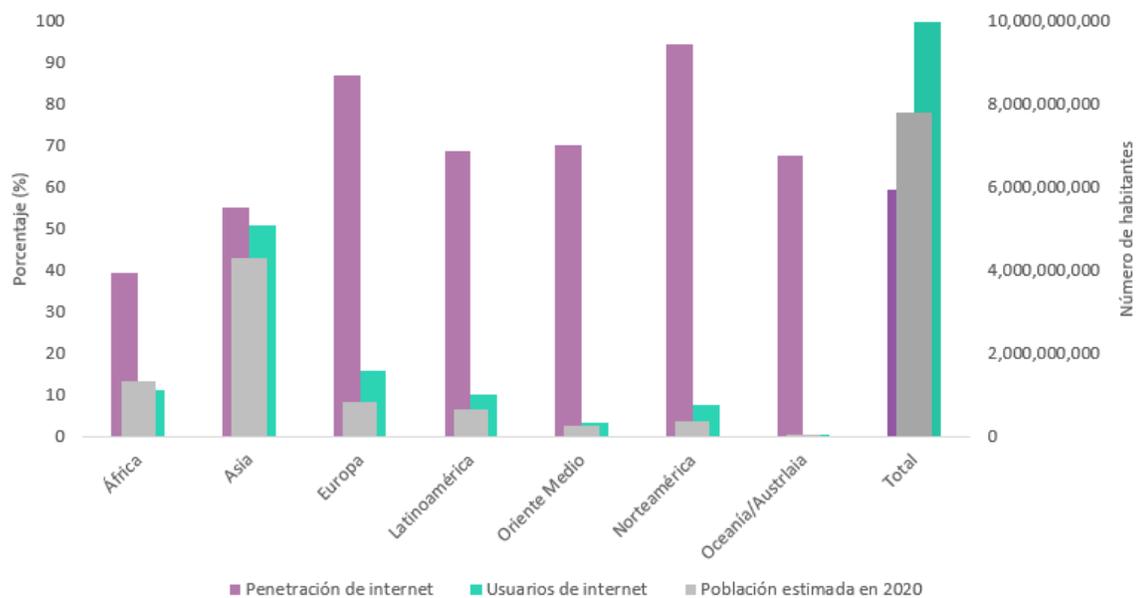
Los estudiantes usan las tabletas para buscar ejemplos que sustenten la discusión.

El docente comenta sobre la conversación de los estudiantes.

El docente asigna la tarea.

## África

En África, en donde se estima que la población actual de aprox. 1.3 billones de habitantes se duplicará para el 2050 (United Nation Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2017), la educación digital es percibida como una herramienta capaz de atender la creciente demanda de servicios educativos por parte de una población joven (15-24 años) que ya sumaba 226 millones de personas en 2015 y que se proyecta aumente en un 42% para el 2030 (United Nation Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2015). A razón de lo anterior, la educación digital en África ya se ha extendido considerablemente en el nivel superior (Trines, 2018), pero no así en los niveles básico y medio superior ya que aún existe una brecha digital importante en algunas regiones del continente, el cual tiene la menor tasa de penetración de internet a nivel global (**Figura 3**).



**Figura 3.** Porcentaje de penetración de internet, usuarios de internet y número de habitantes por región geográfica en el primer trimestre de 2020 (Internet World Stats, 2020).

Además de la conectividad, África enfrenta otros retos para atender los criterios que reflejan la preparación tecnológica (*e-readiness*) de una región, como son la capacidad para allegar y consumir la educación digital, la calidad del contenido, la cultura, la política, la economía y la preparación de las personas (ej. docentes y estudiantes), entre otros. Kiilu y Muema (2012) encontraron que menos del 10% de las escuelas de nivel secundario en Kenia ofrecen estudios de computación como parte del plan de estudios. En cuanto a las capacidades, el entorno físico de los países en desarrollo puede dificultar aún más el nivel de preparación tecnológica. En Tanzania por ejemplo, el calor extremo y la presencia de polvo, así como la intermitencia de la energía y la presencia de plagas de roedores que corroen los cables, han requerido que los programas de educación a distancia de nivel primario y secundario se diseñen sobre estas consideraciones (ej. suministro de energía solar, uso de tecnologías inalámbricas) (Olson et al., 2011).

## Europa

Las primeras escuelas y colegios europeos virtuales para la educación K-12 se establecieron para atender a estudiantes rezagados (ej. con problemas de salud, capacidades diferentes, madres o padres jóvenes, estudiantes aislados geográficamente, desertores, etcétera) (Dichev et al., 2013). El 2010 existían 68 centros escolares distribuidos en 18 países de Europa que ofrecían educación digital. Con el paso del tiempo, la adopción de la educación digital se ha expandido con éxito tanto hacia el interior como hacia el exterior de la región. Ejemplo de ello es el Programa de Diploma en Línea IB dirigido a estudiantes de todo el mundo en el rango de edad de 16 a 19. Establecido desde 1968, al 2019 el programa -que cuenta con una versión completamente en línea desde el 2009- ha logrado alcanzar a estudiantes de 3,421 escuelas en 157 países. A través del contenido que conforma este programa ([Tabla 9](#)) se busca que los jóvenes preuniversitarios estén mejor preparados para la universidad y para su incorporación al mundo laboral (International Baccalaureate, 2020; Pamoja, 2020).

**Tabla 9.** Contenido del programa de formación preuniversitaria de International Baccalaureate® (con información de International Baccalaureate, 2020).

Lenguas y literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apreciación por las lenguas y la literatura</li> <li>• Pensamiento crítico</li> <li>• Entendimiento del estilo, estética y forma de los textos</li> <li>• Expresión oral y escrita</li> <li>• Apreciación de las culturas</li> </ul>
----------------------	---

Adquisición de lenguaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenguas modernas</li> <li>• Lenguas clásicas</li> </ul>	
Individuos y sociedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de negocios</li> <li>• Economía</li> <li>• Geografía</li> <li>• Política global</li> <li>• Historia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de la tecnología en la sociedad global</li> <li>• Filosofía</li> <li>• Psicología</li> <li>• Antropología</li> </ul>
Ciencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biología</li> <li>• Ciencias de la computación</li> <li>• Química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de tecnología</li> <li>• Física</li> <li>• Ejercicio, deportes y ciencias de la salud</li> </ul>
Artes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danza</li> <li>• Música</li> <li>• Cinematografía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teatro</li> <li>• Artes visuales</li> </ul>
Matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matemáticas en distintos niveles</li> <li>• Análisis e interpretación</li> </ul>	

Pese al éxito de programas como el antes mencionado, en algunas zonas de Europa, como Reino Unido y Finlandia, aún hace falta desarrollar planes estratégicos para soportar la educación digital en el nivel K-12, además de capacitar a los docentes y/o definir estándares que supervisen la calidad de los contenidos; en tanto que en otras zonas como Bulgaria la educación digital avanza a un paso más lento (Dichev et al., 2013), lo mismo que en España en donde se requiere fortalecer la adquisición de competencias digitales (Fernández, 2016).

## Oceanía

Similar a algunas iniciativas de la región asiática, la expectativa en Australia es que todos los maestros estén familiarizados y hagan uso de la educación digital; para ello, desde el 2012 el currículo nacional se suministra vía electrónica y los gobiernos de todos los niveles están comprometidos a hacer un mayor uso de la tecnología (internet, computadoras, pizarrones electrónicos, iPads, libros electrónicos y educación digital) (INACOL, 2011). La distancia geográfica entre comunidades dentro de Australia ha contribuido a que el número de escuelas virtuales vaya en incremento con miles de estudiantes inscritos (Dichev et al., 2013).

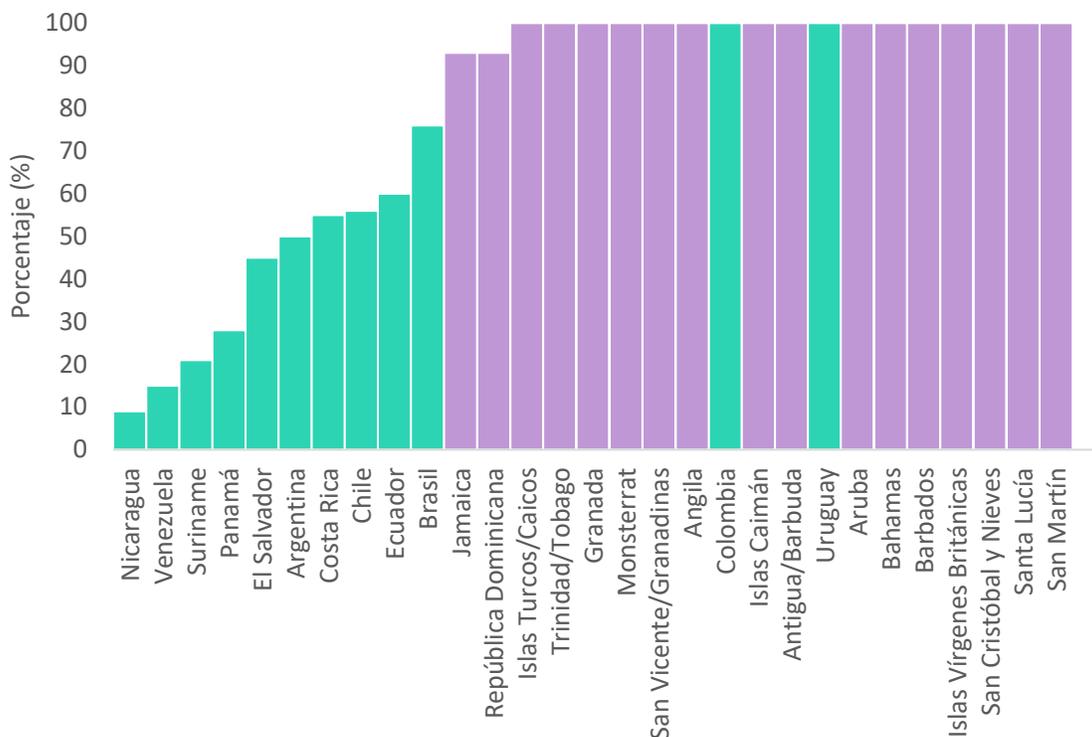
En Nueva Zelanda las estrategias de educación digital persiguen el objetivo de sumarse a las naciones que lideran la educación digital (Dichev et al., 2013). Hasta el 2011, el país contabilizaba más de 1,500 estudiantes pertenecientes a 258 escuelas secundarias

o técnicas distribuidos en 258 clases soportadas por la red de aprendizaje virtual (INACOL, 2011), con lo que se espera lograr mejores resultados de aprendizaje, así como mejores relaciones estudiante-docente (Palvia et al., 2018).

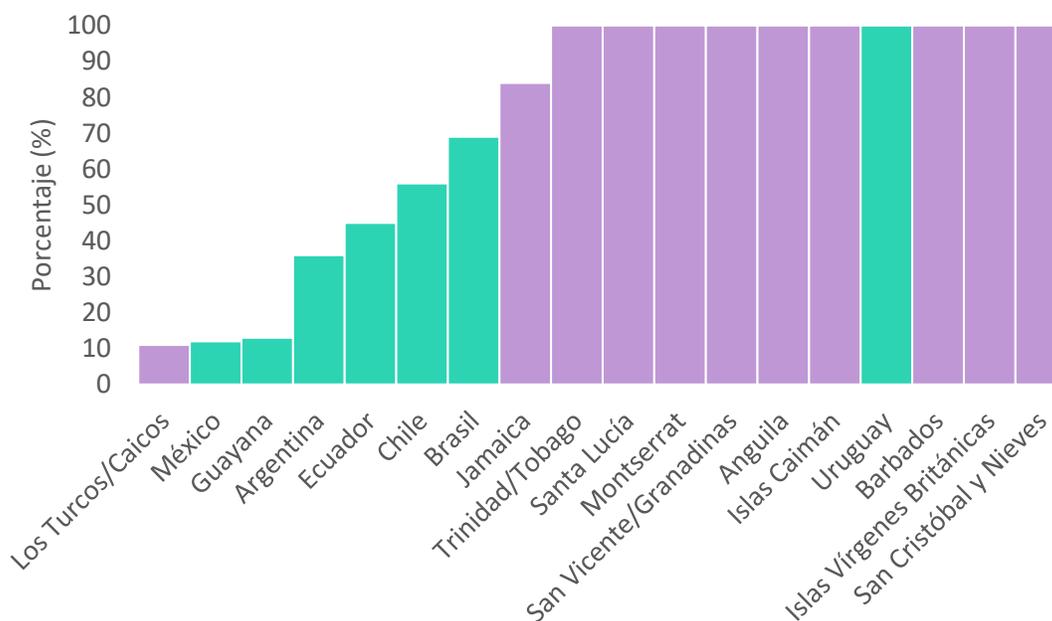
### **Latinoamérica y el Caribe**

En Latinoamérica y el Caribe la educación superior a distancia basada en las tecnologías de la información se ha extendido considerablemente con tasas interanuales de crecimiento -de hasta el 30%- que superan las tasas de crecimiento del sistema tradicional presencial (Lupion Torres & Rama, 2010), aunque éste último se mantiene como el modelo predominante en el 65% de las universidades, seguido del modelo a distancia (19%) y del modelo híbrido (16%) (OCDE, 2015).

En cuanto a la adopción del modelo a distancia basado en las tecnologías de la información para la educación secundaria, no existen cifras que reflejen el estado actual de este modelo a nivel regional. Solamente de forma indirecta otros criterios de preparación tecnológica (*e-readiness*) ayudan a inferir el avance de la educación digital en la región. Por ejemplo, en cuanto a la conectividad, la proporción de centros escolares de educación secundaria con conexión a internet en Latinoamérica y el Caribe fue del 79% entre 2009 y 2010 (UNESCO, 2013a); porcentaje que se reduce al 51% si se omiten del cálculo las islas del Caribe, que en su mayoría registran un 100% de conectividad, posiblemente debido al tamaño de territorio y población (**Figura 4**). Similarmente, para el mismo periodo (2009-2010) el porcentaje de centros escolares de educación secundaria que ofrecen enseñanza asistida por internet fue de 74% en Latinoamérica y el Caribe (47% si se omiten las islas del Caribe) (**Figura 5**).

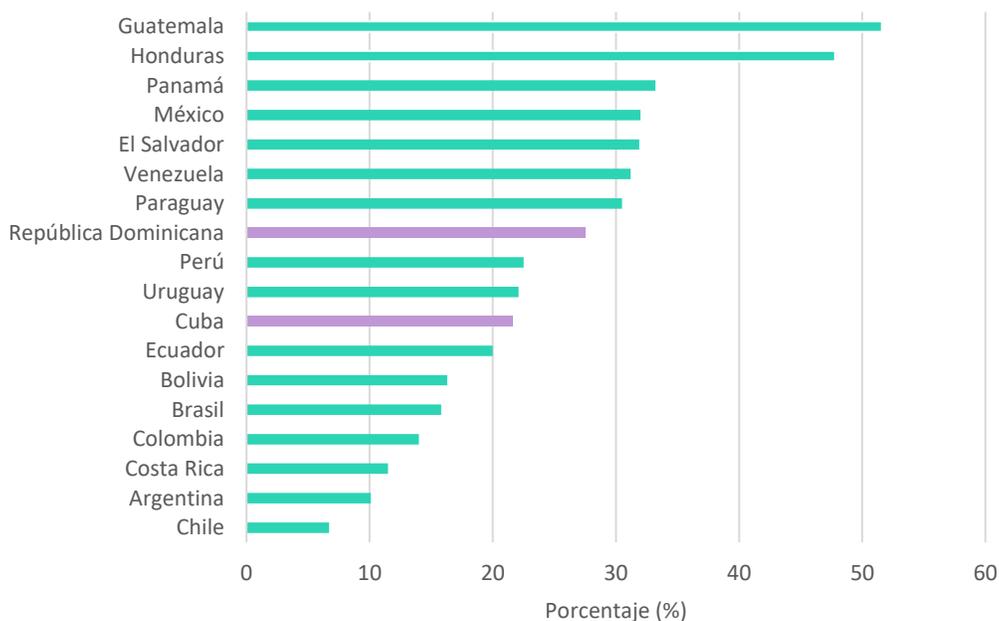


**Figura 4.** Porcentaje de centros escolares de educación secundaria con conexión a internet en Latinoamérica (verde) y el Caribe (morado) en el periodo 2009-2010 (UNESCO, 2013a).



**Figura 5.** Porcentaje de centros escolares de secundaria que ofrecen educación asistida por internet Latinoamérica (verde) y el Caribe (morado) en el periodo 2009-2010 (UNESCO, 2013a).

De especial interés resulta el caso de Uruguay que en 2009-2010 se reportó como el único país de Latinoamérica con el 100% de conectividad en centros escolares de educación secundaria y el 100% de educación secundaria asistida por internet (UNESCO, 2013a). Este resultado está estrechamente ligado al plan nacional “Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea” (CEIBAL) que tiene como propósito proporcionar una computadora portátil a todos los niños y jóvenes en edad escolar y maestros de escuelas públicas, incluyendo la implementación de estrategias de capacitación y la promoción de propuestas educativas para el aprendizaje en línea (MEC, 2020). Desde su decreto en 2007 y hasta el 2017, a través del Plan CEIBAL se habían proporcionado equipos portátiles y conectividad de banda ancha a 714,983 estudiantes y 50,718 docentes distribuidos en 3,351 centros escolares de Uruguay, convirtiéndose así en uno de los programas más importantes en la región y en el mundo (MEC, 2017). No obstante, pese al éxito del Plan CEIBAL, junto con México, El Salvador, Honduras y Guatemala, Uruguay fue uno de los países de Latinoamérica con un porcentaje menor al 55% de personas en el rango de edad de 20 a 24 años con educación media superior completa en 2016 (Bogliaccini, 2018), tendencia que se mantuvo en 2018 con el 51% de la población uruguaya de 23 años sin terminar la educación obligatoria (INEEd, 2019), lo que deja entrever que existen retos pendientes en la materia que se extienden a toda la región (Figura 6).



**Figura 6.** Tasa de adolescentes y jóvenes fuera de la escuela en edad de atender la educación secundaria alta (Cruz, 2018).

## 2.4 Psicopedagogía de la educación digital

La educación digital ha asimilado una diversidad de prácticas pedagógicas desde su origen (Nicholson, 2007). Sin embargo, la implementación de procesos y aprendizaje aterrizados a los sistemas digitales no necesariamente ha estado apoyado en bases teóricas sólidas, exigiendo la construcción de leyes, ideas y principios que normen la educación a distancia y que regulen la intervención pedagógica (García Aretio, 2011).

Para algunos autores, los orígenes de la educación digital pueden enmarcarse en corrientes pedagógicas de los siglos XIX y XX. Dron y Anderson (2016) describen tres generaciones secuenciales de educación digital que son precedidas por la generación 0 (interacciones cara-a-cara): 1) cognitivista/conductual (instructivista), 2) constructivista social, y 3) conectivista, en donde la segunda se complementa de la primera, y la tercera de la segunda y de la primera, trazando una relación de coexistencia en vez de una de reemplazo. Cada una de estas generaciones está estrechamente ligada a las capacidades tecnológicas del momento. Así por ejemplo, la primera generación denominada cognitivista/conductual (instructivista) se enmarca en un periodo en donde las tecnologías como correos electrónicos y foros no eran económicamente viables para hacer una transferencia masiva del conocimiento. Esta generación se distingue por tener objetivos claros y resultados bien definidos que se consiguen con métodos pedagógicos basados en libros y correspondencia escrita acompañada de multimedia (ej. CD Room). La segunda generación nace en los 80 junto con tecnologías de bajo costo que favorecen la interacción social, nutriendo un ambiente de aprendizaje basado en el involucramiento y la colaboración en concordancia con los preceptos de Vygotsky (1978) y Dewey (1916). El aprendizaje en esta generación, que se extiende hasta los 2000, continúa siendo intencionalmente guiado por el maestro. La tercera generación conecta a las personas y resalta el valor de la cognición socialmente distribuida. El aprendizaje y el conocimiento son entendidos como objetos que se comparten y distribuyen, y que adquieren sentido a través de las interacciones entre la tecnología y las personas. En esta generación el aprendizaje deja de ser dirigido por el docente y los objetivos dejan de ser planeados para dar lugar a objetivos individuales.

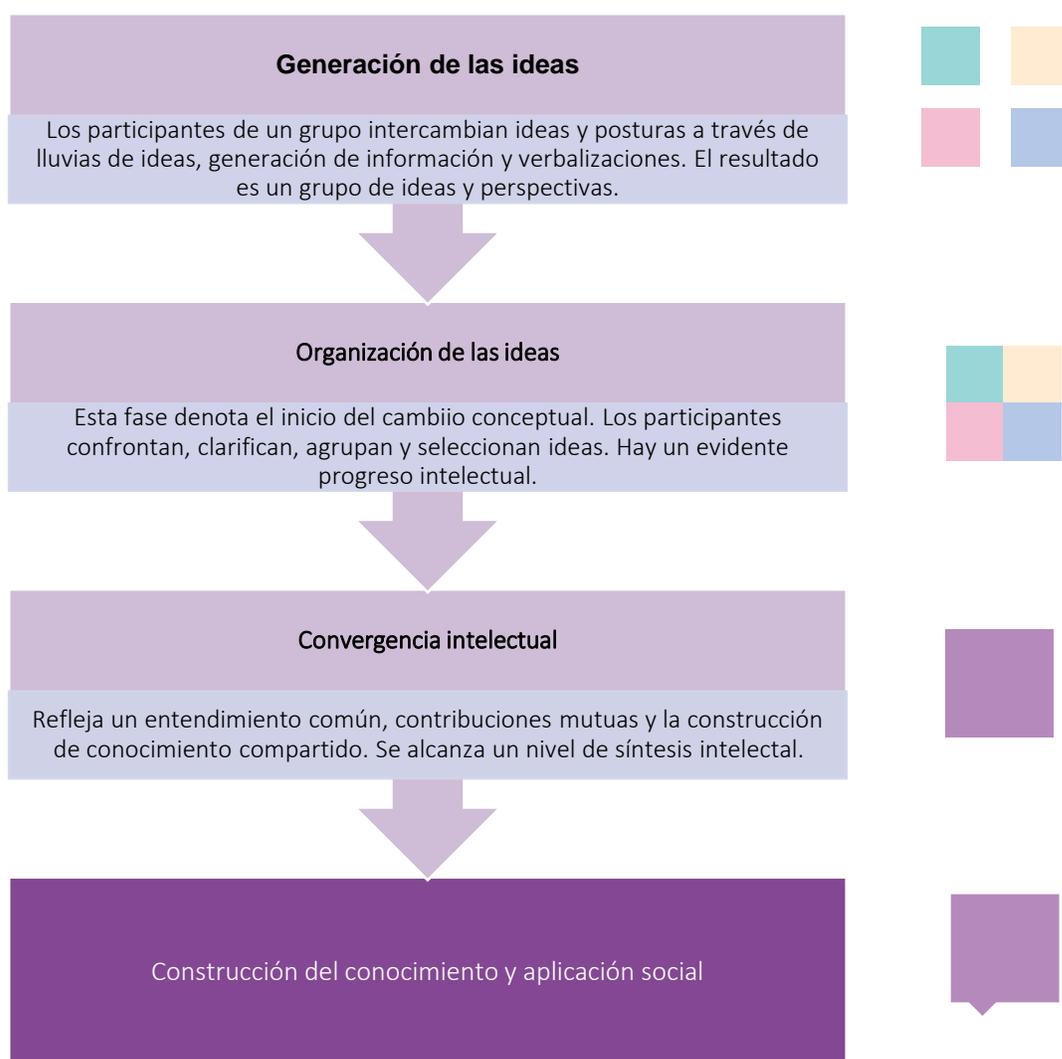
A la luz de la inteligencia artificial, la realidad aumentada, la interoperabilidad de tecnologías, plataformas y servicios, la diversidad de dispositivos electrónicos, el internet de las cosas, la impresión 3D, la analítica del aprendizaje, entre otras cosas, los autores también proponen la llegada de una cuarta generación de educación digital que cede al alumno el control total, y que es capaz de personalizar el ambiente de aprendizaje, el cual,

dicho sea de paso, es altamente flexible. Sin darle un nombre a la educación digital de la cuarta generación y a sus métodos, Dron y Anderson describen las características y elementos que la definen, entre los que se encuentran: aprendizaje centrado en el individuo, distribución del proceso, minería de datos, interacciones masivas y menor énfasis en la acreditación (Figura 7).



**Figura 7.** Características y elementos que definen a la educación digital de la cuarta generación (con información de Dron & Anderson, 2016).

Para Harasim (2012) la educación digital está primordialmente basada en los modelos educativos de los siglos XIX y XX con la diferencia de que tiene medios más rápidos, baratos y eficientes para hacer llegar la información. No obstante, la autora reconoce que la llegada de la Era de la Información, característica del siglo XXI, ha introducido una nueva forma de pensar y de relacionarnos con el entorno. Esta nueva forma se caracteriza por un mayor dinamismo y velocidad, y demanda una teoría del aprendizaje en donde no existe una única respuesta correcta. Similar a los elementos de la cuarta generación educación digital de Dron y Anderson (2016), Harasim identifica una comunidad del conocimiento con un alto nivel de interacción. En respuesta a ello, presenta la teoría de aprendizaje colaborativo en línea como un proceso de tres fases: 1) generación de la idea, 2) organización de la idea, y 3) convergencia intelectual (Figura 8).



**Figura 8.** Fases intelectuales de la teoría del aprendizaje colaborativo en línea (adaptado de Harasim, 2012).

La teoría del aprendizaje colaborativo en línea (OCL por sus siglas en inglés) proporciona un modelo en donde el estudiante es motivado y apoyado para trabajar de forma conjunta en la construcción del conocimiento. El docente sirve de vínculo-mediador entre el alumno y la comunidad del conocimiento, y el aprendizaje es entendido como un cambio conceptual. Los elementos clave para la construcción del conocimiento en la OCL son el discurso y la colaboración, y se enraízan en las teorías y reflexiones de Vygotsky. Rescata el valor del diálogo interno, apoya que el pensamiento nace a través de las palabras, y comulga con la noción de que el aprendizaje es un proceso social basado en el lenguaje, la conversación y la zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1962). A través de la OCL el alumno es iniciado y participa a lo largo de todo el proceso de conversación para crear conocimientos y mejorar las ideas (Harasim, 2012). Al final, el resultado son estudiantes con las habilidades necesarias para convertirse en miembros proactivos de equipos interprofesionales (Aboul-Enein, 2017), lo cual no puede ocurrir sin un docente cuyas calificaciones y disposiciones estén soportadas en bases pedagógicas (Serdyukov, 2015).

El docente en los ambientes de aprendizaje en línea puede asumir el rol de mentor, mediador, tutor, facilitador, anfitrión, provocador, participante, líder, co-alumno, asistente, organizador de la comunidad y/o un combinación de los anteriores (Bonk, Wisner y Lee, 2004). Dependiendo la perspectiva y el nivel de involucramiento requerido, puede que en ocasiones resulte más importante que un docente actúe como co-participante que como moderador, en tanto que otras veces será más importante que actúe como facilitador que como observador, por mencionar un par de ejemplos.

Para García Aretio (2011) el modelo teórico (*modelo del diálogo didáctico mediado*) que soporta la educación a distancia se describe por cuatro componentes esenciales: docencia, aprendizaje, materiales y comunicación. Entre estos cuatro componentes se ubica el diálogo, que a su vez configura cuatro cuadrantes de la educación a distancia (**Figura 9**). Los cuadrantes 1 y 3 describen la interacción propia del diálogo educativo entre el docente, el saber y el alumno. El primer cuadrante corresponde a la parte convencional de la educación a distancia, como lo es un diálogo simulado plasmado en diversos soportes materiales (es decir, una conversación didáctica guiada), pudiendo ser sincrónico o asincrónico. El cuadrante 3 integra elementos que habilitan la posibilidad de propiciar una mayor interacción (también simulada) a partir de sistemas digitales que permiten un diálogo entre el sistema y el usuario. Los cuadrantes 1 y 3 se sustentan en el autoestudio soportado por los materiales y contenidos. El cuadrante 2 resulta de los cuadrantes 1 y 3, y describe

relaciones menos rígidas y más flexibles que soportan una enseñanza controlada-tutelada. Finalmente, el cuarto cuadrante habilita la existencia de situaciones de diálogo real, sincrónicas o asincrónicas, multidireccionales y con menor estructura. De acuerdo al autor, es este último cuadrante en donde se encuentra la “nueva educación a distancia” caracterizada por el enfoque centrado en el aprendizaje colaborativo o cooperativo, cuyo origen se sitúa en las corrientes del constructivismo sociocultural.

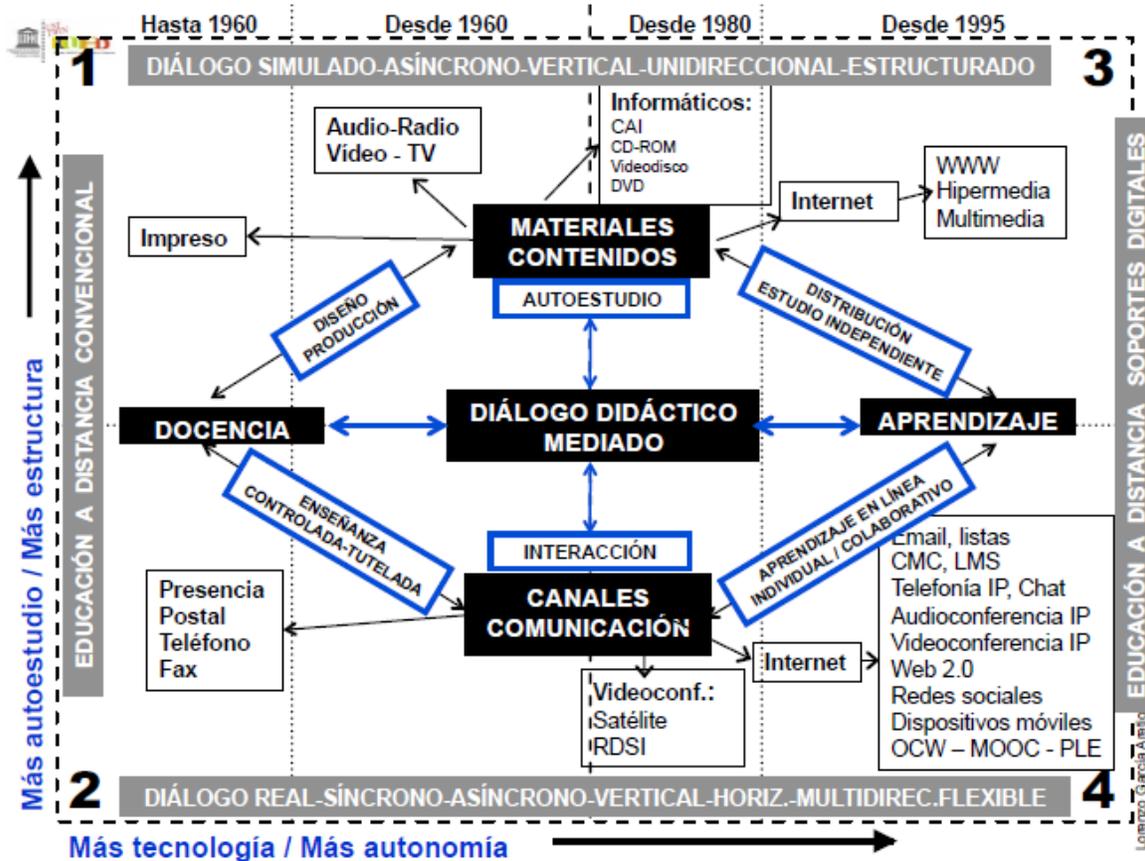


Figura 9. Cuadrantes de la educación a distancia; imagen replicada de García Aretio (2011).

Adicional a las bases teóricas de la educación a distancia, existen características inherentes de la generación nativa digital que deben ser considerados tales como: ventanas de atención más cortas dada la cantidad de información recibida (Lorenz-Spreen, Mønsted, Hövel, & Lehmann, 2019), menores habilidades lectoras y de redacción (Purcell, Buchanan, & Friedrich, 2013), socialización no tradicional (Bilgiç et al., 2016), menor capacidad de aprendizaje (Kolikant, 2010), mayor creatividad (Rubin, 2012) y mayor búsqueda de

independencia y colaboración (Gallardo-Echenique, Marqués-Molíás, Bullen, & Strijbos, 2015) (**Figura 10**).



**Figura 10.** Afirmaciones del discurso de los nativos digitales (con información de Gallardo-Echenique et al., 2015).

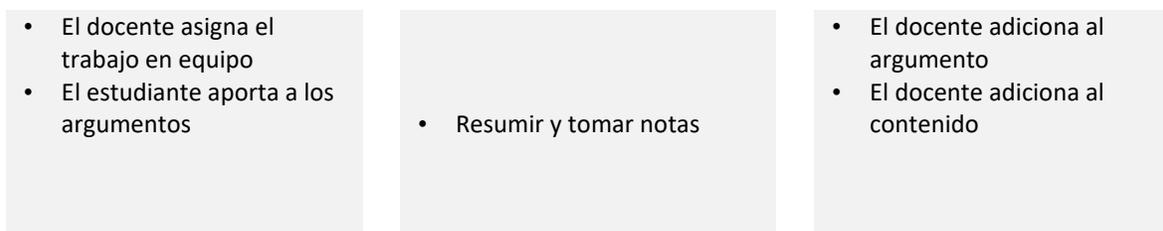
El discurso de los nativos digitales aún no es determinista en cuanto a lo que ocurre en los ambientes virtuales de enseñanza, y hay quienes sugieren que aunque los nativos digitales sí tienen características distintas a las de las generaciones previas, no siempre demuestran ser creativos, independientes o colaborativos (Kopáčková, 2015). Lo anterior podría explicar el que algunas investigaciones han encontrado que los estudiantes prefieren y/o consideran igual de efectivas las lecciones en línea (ej. Platt et al., 2014; Williams et al., 2020), mientras otras han concluido que los estudiantes prefieren las lecciones basadas en el modelo tradicional (cara-a-cara) (ej. Serdyukov, 2015) y/o una mezcla de ambas modalidades (Gierdowski, 2019).

En cuanto a estudiantes de nivel medio superior, Marsteller y Bodzin (2015) fundamentaron una investigación en la teoría del aprendizaje social de Albert Bandura y la teoría del aprendizaje de Jean Lave y Etienne Wenger, ambas cercanas a los postulados de la OCL. La primera sostiene que los individuos aprenden dentro de su ambiente a través del intercambio de experiencias y observaciones con otros (Bandura, 1977). La segunda apoya que el aprendizaje ocurre en ambientes en donde el conocimiento es usado, de modo que entre más cercano resulta el aprendizaje a la práctica, más grande es el aprendizaje. En esta segunda teoría existen comunidades de práctica definidas por la interacción entre

aprendices y los miembros de la comunidad (Lave & Etienne, 1991). El resultado de la investigación de Marsteller y Bodzin arrojó que los estudiantes del nivel medio superior carecen de habilidades de síntesis y articulación de argumentos, lo cual está en línea con las características de los estudiantes nativos digitales antes mencionadas. Además, encontraron que el rol del docente es central para lograr el éxito del aprendizaje en línea y que la ausencia del contacto cara-a-cara y retroalimentaciones inmediatas pueden comprometer el resultado deseado.

Investigaciones como las antes descritas sugieren que la educación en línea no siempre cuenta con estudiantes colaborativos y autónomos, lo que compromete o se contrapone con los fundamentos de la OCL. Para Mehanna (2004) el abordaje pedagógico ideal para la educación en línea mezcla diversas prácticas pedagógicas efectivas, principalmente de base cognitiva y metacognitiva, agrupadas en nueve grupos (**Figura 11**). A través de estas prácticas, se defiende que la naturaleza del modelo pedagógico de la educación en línea no debe ser fundamentalista, sino permitir la complementariedad entre teorías como el constructivismo, el cognitivismo o el conductismo.

Identificar similitudes y diferencias	Activación del conocimiento previo	Reforzar y dar reconocimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparación y contraste</li> <li>Usar analogías y metáforas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente alude al conocimiento previo</li> <li>El docente da pistas</li> <li>El docente hace preguntas</li> <li>Los estudiantes remiten a su conocimiento previo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente retroalimenta</li> <li>El docente reconoce</li> <li>El estudiante retroalimenta</li> <li>El estudiante reconoce</li> </ul>
Representación no lingüística	Establecer objetivos y ofrecer retroalimentación	Aprendizaje cooperativo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Representación no lingüística</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente establece objetivos</li> <li>El docente da indicaciones</li> <li>El docente da dirección</li> <li>El docente da actualizaciones</li> <li>El docente adiciona al contenido</li> <li>El docente da retroalimentación</li> <li>El docente reconoce a los estudiantes</li> <li>El docente adiciona al contenido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes se retroalimentan entre sí</li> <li>Los estudiantes comparten información</li> <li>Los estudiantes se ayudan entre sí</li> <li>Los estudiantes construyen argumentos</li> <li>Los estudiantes hacen preguntas</li> <li>Los estudiantes refieren a su conocimiento previo</li> <li>El docente asigna trabajo de grupo</li> <li>El docente remite al conocimiento previo</li> </ul>
Generar y probar hipótesis		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes formulan hipótesis</li> <li>Los estudiantes prueban hipótesis</li> </ul>		
Tareas y prácticas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tareas y prácticas</li> <li>Reflexiones de los objetivos</li> </ul>	Resumir y tomar notas	



**Figura 11.** Comportamientos pedagógicos para la educación en línea (con información de Mehanna, 2004).

El debate sobre las bases pedagógicas de la educación en línea, sus controversias y paradojas está abierto, pero resulta innegable que las tecnologías de la información generan un nuevo ambiente de aprendizaje y por ende la necesidad de diseñar una pedagogía integrada, como lo concluye García Aretio (2011) en su modelo del diálogo didáctico mediado al integrar las teorías de la industrialización, de la independencia, de la distancia transaccional, de la conversación didáctica guiada, del aprendizaje colaborativo, comunicación bidireccional y equivalencia de resultados.

En cuanto a los docentes de educación en línea, el objetivo es que sean capaces de integrar la tecnología, el contenido y la pedagogía de forma efectiva en la clase (Lata & Shipra, 2016). En este sentido, la capacitación y la evaluación del impacto de las habilidades pedagógicas, tecnológicas y administrativas de los docentes sobre el proceso de formación académica se vuelve imperante (Díaz & Martín, 2020). Para ello, García-Cabrero et al. (2018) han propuesto un modelo de tres dimensiones (previsión, conducción y valoración) para la evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje (Tabla 10). A su vez, las tres dimensiones están vinculadas con cinco dimensiones de aprendizaje colaborativo-constructivista (

Tabla 11).

**Tabla 10.** Dimensiones para la evaluación del docente en línea (con información de García-Cabrero et al., 2018).

Previsión del proceso enseñanza-aprendizaje	Comprende el trabajo previo a las sesiones didácticas. Evalúa competencias como: planeación y enfoque de contenidos, diseño de experiencias, dominio de las tecnologías de la información, definición de criterios de evaluación.
Conducción del proceso enseñanza-aprendizaje	Comprende el trabajo durante el desarrollo de las sesiones didácticas. Evalúa competencias como: gestión del progreso del aprendizaje, interacción y motivación, comunicación.

Valoración del impacto del proceso enseñanza-aprendizaje.	Comprende el trabajo para medir el desempeño, impacto y cumplimiento de expectativas. Establece como competencia el utilizar formas adecuadas para valorar los procesos de enseñanza, aprendizaje (autorregulado y colaborativo) y sus impactos.
---	--

**Tabla 11.** Dimensiones de la educación en línea basadas en el aprendizaje colaborativo-constructivista de la Universidad de Athabasca, Canadá (con información de García-Cabrero et al., 2018).

Presencia docente	Diseña, facilita y dirige los procesos cognoscitivos y sociales. Incluye el diseño de la instrucción, la facilitación del recurso y la instrucción directa.
Presencia cognitiva	Grado en que los alumnos atribuyen significado a través de la reflexión y discurso. Incluye: evento desencadenante, exploración, integración y resolución.
Presencia social	Grado en que los participantes del curso en línea se enganchan social y emocionalmente. Incluye: expresión emocional, comunicación abierta y cohesión de grupo.
Presencia de aprendizaje	Previsión, desempeño y reflexión autorregulada.
Presencia emocional	Participación de las emociones en el proceso educativo.

## 2.5 Herramientas digitales

Las herramientas digitales para el desarrollo de aprendizajes son aquellos programas de software que bajo el contexto informático y tecnológico tienen como propósito lograr el aprendizaje activo y colaborativo (Carcaño, 2021), ya sea de forma sincrónica o asincrónica (FAO, 2011). Las herramientas digitales pueden estar diseñadas para crear, organizar, difundir o comunicar contenido. Ejemplos de herramientas digitales son: buscadores de información, líneas de tiempo, mapas mentales, editores de imágenes, presentaciones en línea, podcasts, blogs, páginas web, wikis foros de discusión, videos (grabaciones), chats, teleconferencias en tiempo real, crucigramas, cuestionarios, animaciones, cómics, juegos virtuales, nubes de palabras, infografías, redes sociales, entre otras (FAO, 2011, 2021).

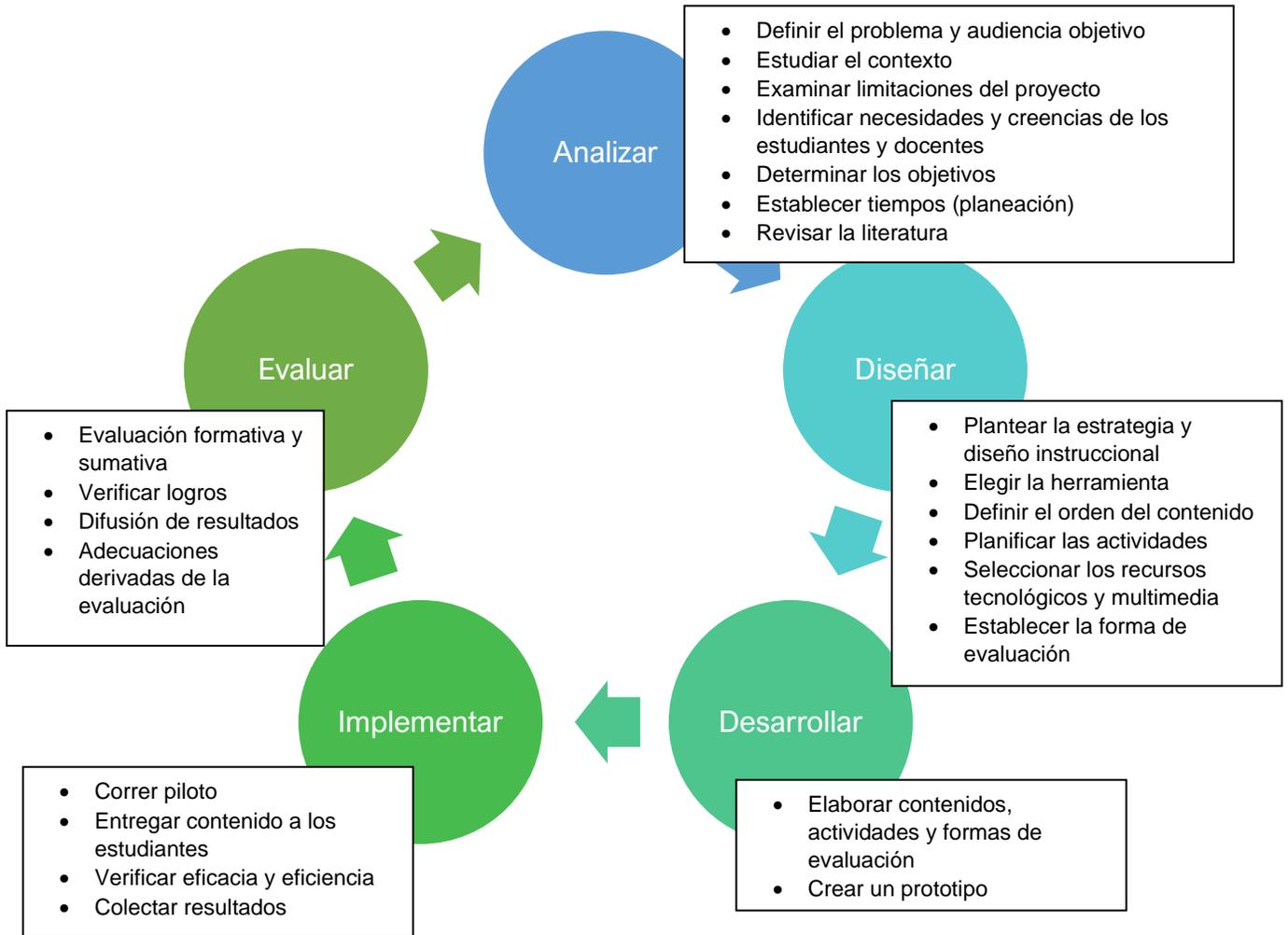
**Tabla 12.** Herramientas sincrónicas y asincrónicas que asisten en el proceso de educación en línea (con información de FAO, 2011).

Sincrónicas	Asincrónicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Chat</li> <li>•Videos y teleconferencias</li> <li>•Webcasting en vivo</li> <li>•Pizarras digitales</li> <li>•Encuestas en tiempo real</li> <li>•Nubes compartidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•E-mail</li> <li>•Foros de discusión</li> <li>•Wiki</li> <li>•Blog</li> <li>•Webcasting</li> </ul>

Desde la perspectiva del diseño, existen varias consideraciones al hablar de herramientas digitales en la educación. Por ejemplo, su diseño y aplicación debe considerar el ambiente de aprendizaje, es decir, el curso para el que se utilizan, el tiempo asignado al curso, el objetivo de aprendizaje, etc. Otros elementos importantes son el hardware o soporte en el que se utiliza el material de aprendizaje (ej. computadora personal, móvil, plataforma de juegos, etc.) y la consideración al conocimiento previo de los alumnos, la motivación que tienen hacia el material de aprendizaje, así como las habilidades tecnológicas que poseen (Salavati, 2016), tanto alumnos como docentes.

En el ámbito del diseño de herramientas y cursos digitales, el modelo ADDIE (acrónimo de: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) (Figura 12), primeramente desarrollado por la Universidad Estatal de Florida a mitades de la década de 1970, es globalmente aceptado y reconocido como estándar por los diseñadores instruccionales (Cuesta, 2010; Peterson, 2003). Una variante de ADDIE es el modelo PADDIE, al cual le antecede una etapa de planeación o preparación a la etapa de análisis (Bates, 2019).

ADDIE es un modelo flexible que se adapta a diferentes ambientes de aprendizaje y ha demostrado ser útil para los programas de educación en línea, siendo sus principales características las siguientes: diseño de calidad, objetivos claros, contenido cuidadosamente estructurado, carga de contenido/trabajo controlada, multimedia integrada, actividades para los estudiantes, y vínculo estrecho con los objetivos de aprendizaje. La ventaja de ADDIE sobre otros modelos radica en que permite identificar e implementar estas características de forma sistemática, siendo una herramienta de gestión poderosa para la creación de herramientas y cursos basados en la informática (Bates, 2019).

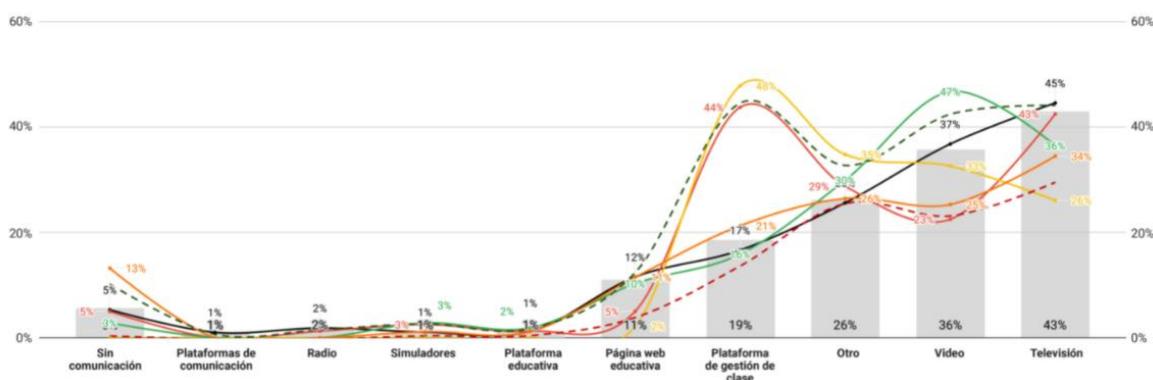


**Figura 12.** Modelo ADDIE para el diseño instruccional de cursos y herramientas en línea (adaptado de Domínguez, Organista, & López, 2018; Khalil & Elkhider (2016)).

Otro tema importante en cuanto al diseño de las herramientas digitales es el atribuible a los costos de desarrollo de materiales basados en línea versus el desarrollo de materiales tradicionales, siendo el costo de los primeros superior, particularmente cuando se emplean medios multimedia o altamente interactivos. Pese a lo anterior, frente a las herramientas tradicionales, las herramientas digitales conservan la bondad de no requerir inversiones significativas en cuanto a instalaciones físicas y el traslado de los participantes del proceso de enseñanza-aprendizaje (ej. docentes y alumnos) (FAO, 2011).

## 2.6 Herramientas digitales en la educación media superior de México

Una encuesta nacional a docentes reciente encontró que el uso de las herramientas digitales entre los docentes mexicanos es limitada y diferenciada entre las distintas regiones del país (Baptista, Almazán, Loeza, López, & Cárdenas, 2020). A decir de esta investigación, los docentes mexicanos de la región Norte utilizan con frecuencia plataformas de gestión de clase (ej. Classroom), los de occidente emplean videos (ej. YouTube) y los de la zona centro recurren a la televisión. En cuanto a la región sureste, los investigadores reportaron un menor uso de herramientas digitales (**Figura 13**). Cabe mencionar que dicha investigación se realizó en el marco de la pandemia por COVID-19 y tuvo como objetivo responder a la pregunta: ¿Cómo están enfrentando los docentes los desafíos que supone la educación a distancia?



**Figura 13.** Herramientas digitales que los docentes utilizan para la educación a distancia por región geográfica-educativa; imagen replicada de Baptista et al. (2020).

Aunado al uso limitado y diferenciado uso de las herramientas digitales por parte de docentes mexicanos, en el estudio antes citado se identificó que la falta de acceso a la tecnología en los hogares continúa siendo un reto para la educación digital en nuestro país. Similarmente, los investigadores concluyen que hace falta desarrollar competencias específicas para el diseño de materiales adecuados y el fortalecimiento de las habilidades para la enseñanza a distancia. En general, el estudio considera que es momento de transitar de un nivel de consumo de recursos y contenidos digitales y tradicionales hacia un nivel de comprensión sobre las potencialidades de la tecnología para la interacción y el aprendizaje. Asimismo, consideran imperante reconocer que ese nivel no sólo está integrado por el

aspecto tecnológico, sino también por el modelo pedagógico que dote a docentes y alumnos de los elementos necesarios para llevar a cabo el aprendizaje a distancia.

Por otro lado, en cuanto a la actitud, uso y dominio por parte los estudiantes mexicanos de educación media superior hacia las herramientas teleinformáticas como el blog, el correo electrónico y los fotos temáticos, un estudio de Chávez, del Toro, & López (2017) encontró una correlación positiva entre el uso y dominio de dichas herramientas. En cuanto a la actitud, el grueso de la población que participó en el estudio manifestó no estar ni de acuerdo ni en desacuerdo con las herramientas teleinformáticas. Similar a las conclusiones de Baptista et al. (2020), los autores de este estudio reconocen la importancia de evaluar el impacto de las herramientas digitales en los docentes, los estudiantes y el contenido a fin de potencializar su implementación.

## 3. Problema

### 3.1 Planteamiento y justificación del problema

La adopción emergente de la educación a distancia ha puesto de manifiesto las áreas de oportunidad que presentan las herramientas digitales que se utilizan para soportar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Algunas de estas áreas de oportunidad residen en el diseño de las mismas, el contexto tecnológico bajo el que operan, así como en las habilidades tecnológicas de docentes y alumnos.

En general, existe una serie de elementos que deben ser considerados para sacar el máximo provecho del aprendizaje en línea. El uso y éxito de las herramientas digitales en el proceso de enseñanza depende en buena medida de los objetivos de aprendizaje, los objetivos del docente, y por supuesto de la visión misma del docente frente a estas herramientas. Al menos en parte, las habilidades y el entusiasmo del docente definen y determinan si las herramientas digitales resultarán útiles y efectivas. Al respecto, es ampliamente conocido que la adopción de las innovaciones en materia educativa sólo puede ser entendida cuando las creencias de los maestros han sido tomadas en cuenta; cuando no ocurre así, la integración de las herramientas digitales tiende a ser menos exitosa (Salavati, 2016). Aunado a lo anterior, existen mejores prácticas y lineamientos para el diseño de cualquier curso en línea, las cuales están bien estudiadas y establecidas en modelos como ADDIE (Abernathy, 2019), ampliamente reconocido y utilizado para la enseñanza y aprendizaje virtual.

Por otra parte, la literatura ha documentado la escasa conciencia o conocimiento de los estudiantes respecto a disciplinas como la biotecnología, y un desconocimiento generalizado del significado de organismo genéticamente modificado (Occelli, Malin, & Valeiras, 2011), derivando en propuestas didácticas para su efectiva enseñanza (ej. Tarquino (2018)).

Con base en lo anterior, un primer propósito de esta investigación consistió en conocer cuál es la percepción que tienen docentes y alumnos de educación media superior en línea sobre las herramientas digitales. El segundo propósito fue diseñar una herramienta digital para la enseñanza-aprendizaje remoto del tema “Organismos Genéticamente Modificados” (OGM) bajo un modelo de diseño instruccional de materiales digitales ampliamente reconocido, como lo es el modelo ADDIE.

A fin de lograr estos propósitos, se plantearon las siguientes preguntas guía para orientar la investigación:

1. ¿Qué opinan los docentes de educación media superior en línea de las herramientas digitales a su disposición?

2. ¿Cómo perciben los estudiantes de educación media superior en línea el uso de las herramientas digitales?
3. ¿Cuáles son las consideraciones bajo las que ha de diseñarse una herramienta digital con base en el modelo ADDIE?
4. ¿Qué problemáticas son comunes en el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema Organismos Genéticamente Modificados?
5. ¿Cuál es el contexto nacional para la enseñanza del tema Organismos Genéticamente Modificados?

Como pregunta de investigación se planteó lo siguiente:

*¿Cuál es el efecto de implementar el modelo ADDIE en el diseño de una herramienta didáctica para la enseñanza remota del tema Organismos Genéticamente Modificados en el nivel medio superior?*

La pregunta de investigación pretende tener alcance para los docentes de nivel medio superior que acompañan el proceso de enseñanza con herramientas digitales como foros de discusión, chats, teleconferencias sincrónicas, exámenes rápidos, juegos en línea, etcétera. Particularmente, la investigación pretende contribuir a la identificación de los elementos clave para el diseño, elección y aplicación de los recursos tecnológicos en la enseñanza del tema “Organismos Genéticamente Modificados”.

El producto final de la investigación es una herramienta digital (página web) diseñada bajo el modelo ADDIE para la enseñanza remota del tema “Organismos Genéticamente Modificados”.

## 4. Metodología

## 4.1 Objetivos

### 4.1.1 Objetivo general

- Diseñar una herramienta didáctica con base en el modelo ADDIE para la enseñanza remota del tema “Organismos Genéticamente Modificados” en el nivel medio superior.

### 4.1.2 Objetivos particulares

- Analizar la conveniencia de desarrollar una herramienta digital para la enseñanza remota de biología con base en las percepciones de docentes y estudiantes.
- Identificar las problemáticas frecuentemente reportadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de temas de biotecnología.
- Analizar el contexto biológico, ecológico, cultural, social y político de los organismos genéticamente modificados en México.
- Desarrollar una herramienta digital para la enseñanza del tema “Organismos Genéticamente Modificados”.
- Implementar la herramienta digital para la enseñanza del tema “Organismos Genéticamente Modificados” en grupo de estudiantes de preparatoria que cursan la asignatura Biología 1.
- Evaluar la calidad de la herramienta a través de la medición de la reacción de los estudiantes hacia la herramienta digital para la enseñanza del tema “Organismos Genéticamente Modificados”, y la aplicación de rúbricas de autoevaluación diseñadas para evaluar cursos en línea.

## 4.2 Hipótesis

El modelo ADDIE es un marco de diseño instruccional ampliamente utilizado por los desarrolladores de contenidos y cursos en línea, por lo que una herramienta digital (página web) para la enseñanza del tema “Organismos Genéticamente Modificados” basada en el modelo ADDIE tendrá una calidad aceptable y generará una recepción positiva en estudiantes de educación media superior que cursan la asignatura Biología 1.

### 4.3 Método

El diseño de la herramienta digital se realizó bajo la metodología ADDIE, la cual es reconocida como estándar para el diseño instruccional para programas de educación en línea y comparte los fundamentos de los modelos constructivistas propuestos por investigadores de la educación abierta y a distancia de México (ej. (Gil, 2004)). Específicamente, se desarrolló una página web para el proceso de enseñanza y aprendizaje remoto de la temática “Organismos Genéticamente Modificados” a nivel medio superior, considerando los objetivos de aprendizaje del programa de Biología 1 del Bachillerato General adscrito a la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México.

Las fases del modelo ADDIE (**Figura 12**) se implementaron de acuerdo a las recomendaciones y lineamientos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011).

#### 4.3.1 Fase de análisis

En la fase de análisis se determina la conveniencia de contar con una herramienta/curso virtual ya sea para confirmar que la existencia del curso cubre un área de oportunidad no atendida, o que el curso en línea es la mejor herramienta para allegar el conocimiento a la población específico. Para lo anterior el análisis consideró tres etapas:

- 1) recabar información sobre la percepción de docentes y alumnos de educación media superior en torno a la educación virtual;
- 2) recabar información sobre los problemas y las concepciones erróneas que suelen aparecer en el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas de biotecnología;
- 3) analizar la postura gubernamental de México respecto a los organismos genéticamente modificados.

En esta etapa también se determinó la población objetivo y las actividades de aprendizaje en apego al objetivo de aprendizaje contenido en el programa de estudios de la asignatura (Biología 1) del Bachillerato General adscrito a la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México, y en el marco del ejercicio de práctica docente III del programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A continuación, se detalla la metodología de cada subetapa del análisis.

#### 4.3.1.1 Estudio de percepciones

Tomando como referencia los trabajos de percepción sobre la educación en línea de Journell (2010); Kobayashi (2017) y Taha, (2014), se instrumentaron dos encuestas para la colecta de datos y percepciones de docentes ([Anexo 1](#)) y de estudiantes ([Anexo 2](#)) en torno a la enseñanza virtual a nivel medio superior. Ambas encuestas combinaban preguntas abiertas y cerradas, tanto de carácter cuantitativo como de carácter cualitativo. Las preguntas cerradas emplearon una escala de Likert en donde una afirmación era valorada por el encuestado con base en el grado de coincidencia con su propia opinión (ej. se utilizó el valor 1 para denotar que el encuestado estaba en completo desacuerdo con la afirmación y se utilizó el valor 5 para denotar que el encuestado estaba en completo acuerdo con la afirmación). Las encuestas se cargaron a la plataforma SurveyHero.

La encuesta de percepciones de docentes se integró por 48 preguntas. El instrumento se diseñó para coleccionar datos demográficos de los participantes, historia de uso de las tecnologías y herramientas digitales, y percepciones de la enseñanza virtual con base en tres categorías adaptadas del estudio de Taha (2014): 1) efectividad de las herramientas digitales para el proceso de enseñanza; 2) efectividad del proceso de enseñanza virtual; 3) implementación de la enseñanza virtual. Adicionalmente, se coleccionaron datos para el seguimiento post-encuesta con los participantes ([Tabla 13](#)). Las preguntas se pueden consultar en el [Anexo 1](#).

**Tabla 13.** Estructura de la encuesta de percepciones de docentes.

Categoría	Número de elementos/preguntas	ID de las preguntas
Información demográfica	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Uso de las tecnologías y herramientas digitales	3	9, 10, 11
Efectividad de las herramientas digitales	15	12, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35
Efectividad de la enseñanza virtual	9	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 33, 34
Implementación de la enseñanza virtual	8	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
Seguimiento post-encuesta	5	44, 45, 46, 47, 48

La encuesta de percepciones de estudiantes se integró por 36 preguntas a través de las cuales se colectaron datos demográficos de los participantes y percepciones de la enseñanza virtual con base en las siguientes categorías, también adaptadas del estudio de Taha (2014): 1) efectividad del proceso de enseñanza virtual; 2) efectividad de las herramientas digitales para el proceso de enseñanza; 3) implementación de la enseñanza virtual (**Tabla 14**).

**Tabla 14.** Estructura de la encuesta de percepciones de estudiantes.

Categoría	Número de elementos/preguntas	ID de las preguntas
Información demográfica	3	1, 2, 3
Efectividad de la enseñanza virtual	18	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 26, 27, 35, 36
Efectividad de las herramientas digitales	9	17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28
Implementación de la enseñanza virtual	6	29, 30, 31, 32, 33, 34

### Encuesta de percepciones de docentes

Diez instituciones elegibles para participar en la encuesta por ofrecer educación remota a nivel medio superior fueron invitadas a participar en el estudio. El contacto con las instituciones se estableció entre el 15 de abril y el 5 de mayo de 2020 vía correo electrónico a través de una carta de motivos expedida por el programa MADEMS. En la carta se ofrecieron detalles sobre el estudio, incluyendo: objetivo, mecanismos para la colecta de datos, manejo de la confidencialidad de datos y enlace a la encuesta. No se discriminó entre instituciones de educación pública y privada. Se obtuvo respuesta positiva de dos instituciones públicas; siete más rechazaron participar en el estudio o no respondieron a la solicitud. La encuesta permaneció abierta del 22 de abril de 2020 al 30 de julio del mismo año. La primera participación se registró el 7 de mayo de 2020, y la última participación el 17 de julio de 2020.

A través de las dos instituciones participantes, quienes enviaron el enlace a la encuesta a su plantilla de docentes virtuales, se lograron obtener 232 participaciones. Del total de participaciones, se descartaron 29 participaciones, de las cuales 14 se filtraron como incompletas (encuestas inconclusas) y 15 como participaciones de docentes virtuales que al momento de contestar la encuesta no se encontraban impartiendo clases a nivel

medio superior. Después de haber aplicado los filtros antes descritos, se contabilizaron 203 participaciones aptas para ser analizadas.

### **Encuesta de percepciones de estudiantes**

En un primer ciclo de colecta de información 120 estudiantes de una institución privada, que cursaron la materia de biología en línea de enero de 2020 a mayo del mismo año, fueron invitados a participar de forma voluntaria y anónima en la encuesta de percepciones de estudiantes. La invitación se hizo a través de una notificación/mensaje enviado a través de la plataforma Canvas LMS. La encuesta estuvo abierta del 22 de abril de 2020 al 4 junio del mismo año. La primera participación se registró el 24 de abril de 2020 y la última participación el 4 de junio de 2020. Se obtuvieron 58 participaciones, de las cuales se descartaron 6 por ser participaciones incompletas (encuestas inconclusas). Se contabilizaron 52 participaciones aptas para ser analizadas.

#### **4.3.1.2 Estudio de las problemáticas de enseñanza-aprendizaje de temas de biotecnología**

Para conocer las problemáticas de enseñanza-aprendizaje asociadas al tema de Organismos Genéticamente Modificados, en un primer paso se definieron las palabras clave asociadas al tema de estudio y enseñanza (**Tabla 15**). Posteriormente, se utilizaron buscadores de información (ej. Google Scholar) para identificar la literatura relevante, estableciendo criterios de búsqueda basados en la combinación de las palabras clave antes definidas. Con el fin de obtener la mayor cantidad posible de resultados la búsqueda de bibliografía consideró literatura en los idiomas español e inglés. Se revisaron los resultados (ej. lectura de resúmenes) y se filtraron de acuerdo a su relevancia, extrayendo la información pertinente y necesaria para comprender las problemáticas más comunes que se asocian a la enseñanza-aprendizaje de temas de biotecnología.

**Tabla 15.** Palabras clave empleadas para la búsqueda de información.

<b>Disciplinarias</b>	<b>Pedagógicas</b>
Biotecnología	Concepciones erróneas
Organismos genéticamente modificados	Métodos de enseñanza-aprendizaje
Transgénicos	Diseño instruccional
Ingeniería genética	Percepciones
Tecnología recombinante	

#### 4.3.1.3 Análisis del contexto de los organismos genéticamente modificados en México

Con ayuda de un buscador de información (ej. Google) se rastrearon notas periodísticas, columnas de opinión y fuentes oficiales de información (ej. portales gubernamentales -CONACYT, SEMARNAT, SADER) que versaran sobre el uso de organismos genéticamente modificados en México. Después de revisar los resultados se extrajo la información de mayor relevancia para resumir el contexto de los organismos genéticamente modificados en México desde una perspectiva biológica, ecológica, cultural, social, económica y/o política. Adicional a ello, del 22 de noviembre al 19 de diciembre de 2021 se completó el curso en línea “Glifosato y Organismos Genéticamente Modificados” ofrecido por la SEMARNAT (Figura 14). El objetivo del curso fue “reconocer el impacto del glifosato y los organismos genéticamente modificados en la salud, el ambiente y la economía local” (SEMARNAT, 2021); mientras que el objetivo de tomar el curso como parte de la etapa de análisis de esta investigación fue conocer la postura gubernamental sobre el tema para posteriormente confrontar dicha postura con los contenidos de la herramienta digital diseñada.



Figura 14. Publicación de Twitter (*derecha*) realizada por el usuario SEMARNAT México para promocionar el curso en línea “Glifosato y Organismos Genéticamente Modificados” (SEMARNAT México, 2021) y constancia de participación (*izquierda*).

#### 4.3.1.4 Población objetivo

Se determinó la población objetivo considerando algunos de los factores que pueden influenciar el diseño del curso (Tabla 16).

Tabla 16. Factores a considerar al determinar la población objetivo de estudiantes (información traducida y adaptada de FAO (2011)).

Factor a considerar	¿Por qué es importante?
Región o área geográfica en donde residen los estudiantes.	Para definir el lenguaje y aspectos culturales, y para informar las decisiones entre herramientas sincrónicas y asincrónicas (ej. estudiantes que estén en zonas geográficas distintas tendrán dificultad para comunicarse en tiempo real).
Tipo de organización o institución en donde se desenvuelven los estudiantes.	Esto ayudará a especificar los objetivos de aprendizaje para cada grupo de población objetivo.
Conocimiento previo de los estudiantes y experiencia en el tema.	En general, los estudiantes con aprendizaje previo significativo no tendrán el mismo tipo o nivel de entrenamiento que los estudiantes con conocimiento previo escaso.
Habilidades tecnológicas de los estudiantes y experiencia técnica.	Esto ayudará a determinar la complejidad de las actividades de interacción basadas en computadora.
Tiempo del que disponen los estudiantes para tomar el curso.	Esta información influye en la cantidad de contenido que puede ser suministrada y la necesidad de organizarla en unidades pequeñas.
Ubicación desde donde los estudiantes participarán en el curso y desde donde tendrán acceso a internet. ¿Pueden estudiar en casa? ¿En la escuela?	Esto determina qué tanto tiempo de conexión es requerida para el curso y si los estudiantes deberán instalar alguna herramienta específica para visualizar el curso.
Ancho de banda.	Las limitaciones en el ancho de banda podrían reducir la velocidad a la que debe operar el curso e incidir negativamente en la productividad del usuario.
Capacidades en software y hardware (ej. tamaño de la pantalla, número de colores que puede proyectar, proyección de video y audio, memoria RAM, tipo de procesador, velocidad, etcétera).	Los requerimientos técnicos, incluyendo las capacidades multimedia, influyen en la selección de los medios a utilizar.

#### 4.3.1.5 Análisis del tema y actividades de aprendizaje

Una vez establecido el tema del curso y la población objetivo, se definieron los procesos específicos, tareas y actividades de aprendizaje que se desea sean desarrolladas o completadas por los estudiantes. Para ello, se siguieron los siguientes pasos (FAO, 2011):

1. Identificación y descripción de las tareas, actividades o conocimientos que se espera los estudiantes adquieran, amplíen o mejoren.
2. Clasificación de las actividades como procedimentales o basadas en principios. Las primeras son actividades que los estudiantes realizan siguiendo una secuencia de pasos o instrucciones; en tanto que las segundas requieren que el estudiante aplique juicios o tome decisiones bajo condiciones o situaciones que cambian con frecuencia.
3. Definición de los pasos para las actividades procedimentales o establecer lineamientos para las actividades basadas en principios.
4. Identificación de los conocimientos y habilidades requeridas para aplicar los pasos o seguir los lineamientos.
5. Identificar el contenido del curso, definiendo los elementos clave y las conexiones entre ellos.
6. Clasificar el contenido de acuerdo a los seis tipos de contenido ([Tabla 17](#)).

**Tabla 17.** Tipos de contenido (FAO, 2011).

Hechos	Únicos, información específica que responde preguntas (¿quién?, ¿cuándo?, ¿en dónde?). Los hechos se muestran, exhiben o indican. Ejemplos: datos, listas, eventos históricos.
Procedimientos	Serie de pasos claramente definidos dirigidos a completar una actividad. Los procedimientos responden la pregunta ¿cómo? Ejemplo: instrucciones para generar una tabla en un procesador de datos.
Conceptos	Grupo de objetos o ideas que se definen por un único concepto o término y comparten características en común, además de diferir en características no relevantes; requieren una definición; responden a la pregunta ¿qué es? Ejemplo: el concepto de cambio climático.
Principios	Describe una relación entre dos conceptos. Por ejemplo: “A medida que el precio aumenta, aumenta el número de proveedores”. Algunos principios se pueden convertir en lineamientos estratégicos capaces de guiar decisiones. Ejemplo: lineamientos para enfrentar la volatilidad del precio.
Habilidades interpersonales	Habilidades verbales y no verbales para interactuar con otras personas. Ejemplo: resolver conflictos de grupo.
Actitudes	Predisposiciones del comportamiento. Ejemplo: contenido dirigido a apreciar “la importancia de adoptar medidas que limiten los impactos negativos del cambio climático”.

### 4.3.2 Fase de diseño

Siguiendo la metodología antes referida y con el objetivo de determinar la secuencia de aprendizaje idónea, en la fase de diseño se determinó el objetivo de aprendizaje y diseño instruccional, retomando las recomendaciones de secuencia didáctica de la temática de interés documentadas en la literatura (ej. (García, 2017; Iñiguez, 2005; Iñiguez & Puigcerver, 2013)). Posteriormente, se delimitó el alcance del prototipo de la herramienta digital, se seleccionó el contenido y las imágenes, para dar pie a la configuración y arrendamiento del espacio virtual.

A continuación, se detallan cada una de las subetapas que conforman la etapa de fase de diseño.

#### 4.3.2.1 Definición del objetivo de aprendizaje

A partir del objetivo de aprendizaje señalado en el programa de estudios para el bloque “Genética Molecular y Biotecnología” (“*Ilustra la estructura y función de los ácidos nucleicos, asumiendo una postura crítica acerca del uso de la biotecnología, considerando el impacto en el ser humano y en la biodiversidad*”) (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2018), se definieron cuatro objetivos de aprendizaje para los componentes de la temática. Los objetivos de aprendizaje se definieron considerando dos componentes: el nivel esperado de desempeño definido a través de un verbo (Ej. describir, identificar, analizar [Tabla 18]) y el contenido de aprendizaje el tipo de conocimientos o habilidades que deben ser adquiridas (Ej. “bases genética de los organismos genéticamente modificados”).

**Tabla 18.** Niveles de desempeño para el dominio cognitivo (FAO, 2011).

---

Recordar	El estudiante es capaz de reconocer o memorizar información.
Comprender	El estudiante es capaz de reformular un concepto.
Aplicar	El estudiante es capaz de utilizar la información de una nueva manera.
Analizar	El estudiante es capaz de separar los componentes y definir relaciones entre los componentes de un todo.
Evaluar	El estudiante es capaz de justificar una decisión con base en criterios o estándares.
Crear	El estudiante es capaz de producir un nuevo producto o aproximación.

---

Adicional a establecer el objetivo de aprendizaje, en esta fase se verificó que las actividades del curso estuvieran alineadas a los objetivos. Por ejemplo: si un objetivo de aprendizaje es “comprender el concepto de organismo genéticamente modificado”, alguna actividad dentro del curso habría de presentar el concepto y desarrollar la capacidad de comprensión del concepto.

#### **4.3.2.2 Secuencia de aprendizaje**

Para determinar la secuencia de aprendizaje se estableció la jerarquía entre los objetivos y/o contenidos de aprendizaje. Es decir, fue necesario establecer qué conocimientos deben exponerse como prerrequisitos de aprendizaje para avanzar en la temática del curso. Se determinó que el método de secuenciación se basaría en presentar ideas generales en primer plano, para ir construyendo conceptos o temas específicos a medida que las ideas básicas son comprendidas o recordadas por el alumno (FAO, 2011). Este método de secuenciación considera que existe un conocimiento previo sobre el perfil de los estudiantes (ej. antecedentes educativos), lo que permite presentar los conceptos que podrían resultar más familiares para los estudiantes en primera instancia (ej. organismo genéticamente modificado), para después presentar los conceptos o contenidos que están más alejados del conocimiento del estudiante (ej. historia de los organismos genéticamente modificados, ventajas y riesgos). La secuenciación del curso se presenta como parte de los resultados.

#### **4.3.2.3 Diseño instruccional**

Considerando las capacidades tecnológicas y la modalidad de trabajo bajo la cual los estudiantes completarían el curso sobre organismos genéticamente modificados, se seleccionó el método expositivo como diseño instruccional a seguir para construir la experiencia de aprendizaje. El método expositivo enfatiza en el conocimiento nuevo a través de presentaciones, estudio de casos, ejemplos y demostraciones ([Tabla 19](#)) (FAO, 2011). Este método requiere que los estudiantes escuchen, lean y/u observen, y es complementado con ejercicios y exámenes que tienen el propósito de evaluar la capacidad de memorización y comprensión del contenido. El método se utiliza para la adquisición de nueva información, aunque también puede llegar a combinarse con otros métodos para migrar a escenarios más prácticos o complejos. El método es especialmente útil para

sensibilizar e influenciar la actitud de los estudiantes hacia un tema en específico (FAO, 2011). Los formatos del método expositivo para allegar el contenido a los estudiantes incluyen presentaciones (ej. PowerPoint), lecciones interactivas, *webcasting*, podcast, *webinars* y clases virtuales (Tabla 20).

**Tabla 19. Métodos instruccionales (FAO, 2011).**

Método expositivo	Método práctico	Método colaborativo
Presentaciones	Demostraciones prácticas	
Estudio de casos	Ejercicios basados en casos	
Ejemplos	Juego de roles	
Demostraciones	Simulaciones	Discusión guiada
	Juego	Trabajo colaborativo
	Investigación guiada	Asesoría
	Proyectos	
	Herramientas para el trabajo profesional	

**Tabla 20. Formatos del método expositivo (FAO, 2011).**

Formato de entrega	Ventajas	Desventajas
Documentos y presentaciones	Desarrollo rápido	Sin interactividad; aprendizaje pasivo
Lecciones interactivas	Flexible y adaptable a diversas técnicas instruccionales	Interactividad baja/media; riesgo de aprendizaje pasivo
<i>Webcasting</i> (lecciones grabadas y podcasts)	Fácil de desarrollar	Sin interactividad; aprendizaje pasivo; requiere considerar la conexión a internet de los estudiantes
<i>Webinar</i> (videoconferencia, audioconferencia, chat)	Permite la interacción entre docente y estudiante; esfuerzo mínimo para convertir el material	El docente debe estar lo suficientemente preparado y tener materiales de soporte adecuados; requiere considerar la conexión a internet de los estudiantes
Clase virtual		

Considerando las ventajas y desventajas de cada formato, así como la disponibilidad de los mismos, para el diseño de la herramienta se optó por utilizar los formato de presentación y lecciones interactivas. Este tipo de formatos requieren que los estudiantes tengan conexión a internet con una velocidad de 56 Kbps a 128 Kbps. Debido a que los estudiantes habían estado cursando la totalidad de sus clases en modalidad virtual desde un ciclo anterior, no fue necesario considerar un curso de cómputo previo ni revisar las capacidades tecnológicas de los estudiantes (ej. instalación de navegadores web).

#### 4.3.2.4 Modelo pedagógico

Desde el punto de vista pedagógico, y en línea con el método expositivo del diseño instruccional, la herramienta digital se enmarcó en la corriente conductista, la cual es un enfoque clásico basado en la pedagogía por objetivos y en donde la información se dosifica en unidades que han de responder a la consecución de objetivos operativos (García Aretio, 2014). Bajo esta corriente el proceso de aprendizaje ocurre en aproximaciones sucesivas (a manera de procedimiento) que reconocen la diversidad de ritmos de aprendizaje y ponen a disposición del estudiante instrumentos para que pueda monitorear su avance continuamente a fin de motivarlo a lograr el objetivo (González, 2004).

De acuerdo a los modelos pedagógicos de la educación a distancia de García Aretio (2014), definidos por las variables del proceso de enseñanza-aprendizaje, se buscó que la herramienta digital se centrara en la tecnología (tecnocentrismo), enfatizando el rol del docente como proveedor de contenidos y el rol del estudiante como usuario capaz de acceder a la información en el momento que lo requiera.

#### 4.3.2.5 Estrategia de evaluación

Desde la etapa de diseño de la herramienta se requirió determinar el tipo y objetivo de la evaluación, pudiendo ser: 1) para revisar la calidad del curso y mejorarlo antes de ser implementado formalmente (evaluación formativa); 2) para medir la efectividad del curso y el aprendizaje inmediatamente después de que el curso fue implementado (evaluación confirmativa); o 3) para evaluar un curso preexistente y verificar si sigue siendo válido o debe ser modificado (evaluación sumativa) (FAO, 2011). En otras palabras, el proceso de evaluación de un curso en línea puede dirigirse a medir las reacciones, el aprendizaje, el comportamiento y/o los resultados (Figura 15), siendo una consecuencia de otra. El componente principal de la evaluación formativa es la retroalimentación, pudiéndose acompañar de una participación en el foro, una prueba (test) o una tarea tipo ensayo; proporciona evidencia de que los estudiantes se enganchan y participan en el curso, (Papadopoulou, 2021).



Figura 15. Aspectos que pueden ser evaluados de un curso en línea (FAO, 2011).

Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016) mencionan que la evaluación de un curso puede tener como objetivo: 1) mejorar el programa; 2) maximizar el comportamiento de aprendizaje; 3) demostrar el valor de un entrenamiento. Cuando el objetivo es mejorar el programa (evaluar la calidad), la evaluación se basa en cuestionar a los participantes para saber si disfrutaron del curso, si aprendieron información clave y cómo mejorarían el curso. Si el curso es evaluado de forma positiva, el curso se considera efectivo: proporciona conocimientos y habilidades relevantes a los participantes. En la escala de Kirkpatrick este nivel de evaluación (formativa) corresponde al nivel 1 -“Reacción”- que tiene como propósito medir las reacciones negativas o positivas. En el segundo nivel -“Aprendizaje”- se evalúa si los estudiantes adquirieron la información, habilidades y conocimientos esperados. En el tercer nivel -“Comportamiento”- se busca evaluar si el conocimiento adquirido puede ser transferido en el día a día del estudiante (ej. ¿El alumno es capaz de transferir este conocimiento a otros compañeros? ¿Lo relaciona con su día a día?). El cuarto y último nivel -“Resultados”- mide si el impacto del curso en la organización (ej. ¿Se incrementó el promedio de los estudiantes a razón del curso?).

Con el objetivo de evaluar la calidad de la herramienta digital desarrollada como parte de investigación se determinó aplicar la evaluación formativa (nivel 1, Reacción). Para llevar a cabo la evaluación de reacciones (evaluación formativa) se diseñó una encuesta de opinión con 7 preguntas (**Tabla 21**), retomando las recomendaciones sugeridas por Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016) para medir el nivel 1. La instrucción para los estudiantes fue que respondieran la encuesta una vez que hubieran terminado de revisar el curso y resuelto las actividades (interacciones virtuales) ahí incluidas. La encuesta se compartió a través de un enlace<sup>11</sup> generado en la plataforma Forms (**Figura 16**).

**Tabla 21.** Preguntas incluidas en la encuesta para evaluar las reacciones de los estudiantes (evaluación formativa).

Pregunta	Respuestas posibles	Categoría de evaluación	Obligatoriedad
Califica el diseño de la página web utilizando una escala de 1 a 5, en donde 5 es la calificación más alta.	1 2 3 4 5	Materiales del curso	Obligatoria

<sup>11</sup> [https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=HZUOA\\_1u9UKEJ7q2Ms-AENpZFWZYK-FoGS4dbiYER1UMFkwNIVQUE0zVTNBSjg2UVFXQ0REU0tENi4u](https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=HZUOA_1u9UKEJ7q2Ms-AENpZFWZYK-FoGS4dbiYER1UMFkwNIVQUE0zVTNBSjg2UVFXQ0REU0tENi4u)

Pregunta	Respuestas posibles	Categoría de evaluación	Obligatoriedad
¿Consideras que tienes un mayor conocimiento en torno a los OGMs después de haber visitado la página y realizado las actividades ahí incluidas?	Sí No	Relevancia del contenido	Obligatoria
¿Consideras que el contenido de la página tiende a favorecer la tecnología de los OGMs?	Sí No	Relevancia del contenido	Obligatoria
¿El contenido de la página hizo que cambiara tu opinión sobre los OGMs?	Sí No	Relevancia del contenido	Obligatoria
¿La evaluación de conocimientos te pareció acorde al contenido presentado en la página?	Sí No	Objetivo de aprendizaje del curso	Obligatoria
¿Te gustó la página web?	Sí No	Materiales del curso	Obligatoria
¿Tienes alguna sugerencia para mejorar la página web? De ser así, por favor compártela en este espacio.	Pregunta abierta (campo de texto libre)		Opcional

Actividad - 29 octubre 2021

\* Obligatorio

1. Escribe tu nombre completo: \*

Escribe su respuesta

2. En caso de no haberte podido registrar en el foro responde en este espacio si estás a favor o en contra de los OGMs (fundamenta tu respuesta). Si lograste registrar tu participación en el foro puedes dejar esta pregunta en blanco.

Escribe su respuesta

3. ¿Califica el diseño de la página web? \*

☆☆☆☆☆

4. ¿Consideras que tienes un mayor conocimiento en torno a los OGMs después de haber visitado la página y realizado las actividades ahí incluidas? \*

Sí

No

5. ¿Consideras que el contenido de la página tiende a favorecer la tecnología de los OGMs? \*

Sí

Figura 16. Encuesta para evaluar la reacción de los estudiantes.

Además de la evaluación de reacciones se completaron dos autoevaluaciones de la herramienta para evaluar la calidad del curso. La primera se basó en una selección de criterios recomendados por la FAO como parte de las buenas prácticas de las metodologías para los cursos en línea (FAO, 2021). Este instrumento de autoevaluación considera la presencia o ausencia de una lista de criterios de revisión agrupados en cinco categorías: 1) navegación, 2) textos, gráficos, audio y video, 3) contenido, 4) evaluaciones de aprendizaje, 5) recursos adicionales (**Tabla 22**).

La segunda autoevaluación se basó en la revisión de criterios contra la rúbrica de evaluación Open SUNY Course Quality Review (OSCQR) del Online Learning Consortium (**Tabla 23**) (Online Learning Consortium, 2021), la cual ha resultado ser un instrumento de evaluación oportuno para revisar el diseño de cursos remotos de bachillerato (Bañuelos, 2019). Esta rúbrica está diseñada para evaluar la calidad de un curso en línea y no está restringida a aplicarse en cursos ya maduros/avanzados. Así pues, la rúbrica puede ser empleada formativamente para guiar, informar e influir en el diseño de cursos nuevos en línea, convirtiéndose en un instrumento que se aplica como un ejercicio de diseño para identificar las mejores prácticas y estándares para mejorar la calidad, efectividad y eficiencia de los cursos en línea (Online Learning Consortium, 2021). Además, la rúbrica puede ser utilizada por un instructor individual para autoevaluar y priorizar las mejoras de diseño; así como para revisar y mejorar continuamente el diseño instruccional de los cursos en línea. La rúbrica OSCQR enlista 50 criterios de revisión agrupados en seis categorías (**Tabla 23**): 1) aspectos generales e información, 2) contenido y actividades, 3) tecnología y herramientas, 4) interacción, 5) diseño e interfaz, y 6) retroalimentación. A diferencia del instrumento de la FAO que utiliza una escala de calificación de presencia/ausencia, la OSCQR utiliza una escala de calificación basada en la suficiencia: 1) suficientemente presente, 2) revisión menor que amerita un tiempo de revisión de media hora o menos, 3) revisión moderada que amerita un tiempo de revisión de media hora a dos horas, 4) revisión mayor que amerita un tiempo de revisión mayor a dos horas, 5) no aplica. Adicionalmente, la rúbrica considera la posibilidad de definir un plan de acción (cuando aplique).

Aunado al llenado de la rúbrica, se determinó el cumplimiento de la herramienta con base en la escala de cumplimiento propuesta por Bañuelos (2019), la cual considera 49 de los 50 indicadores de la rúbrica (exceptúa el indicador “La información del curso indica con claridad si el curso es completamente en línea, híbrido o enriquecido a través del uso de Internet”). La escala establece un cumplimiento numérico que resulta de la suma de los puntos obtenidos en cada criterio (**Tabla 24**). Por cada criterio que se califica como presente

con suficiencia (suficientemente presente) se suman 4 puntos; por cada criterio que se califica como revisión menor se sumen 3 puntos; por cada criterio que se califica como revisión moderada se suman 2 puntos; por cada criterio que se califica como revisión mayor se suma 1 punto; y por cada criterio que se califica como no aplica se suman 0 puntos.

**Tabla 22.** Lista de cotejo de la FAO para verificar las buenas prácticas de los cursos en línea (FAO, 2021).

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
<b>Navegación</b>				
La estructura del curso está bien organizada y es fácil de entender.				
El curso contiene un tutorial o sección de ayuda que explica los íconos de navegación y sus funciones.				
Los estudiantes pueden navegar fácilmente por el curso. Regresar al menú y salir.				
Los estudiantes pueden acceder a cualquier contenido o sección el curso.				
Los estudiantes no están forzados a dar clic en cada objeto para avanzar en el curso.				
Los estudiantes pueden verificar su progreso (secciones completadas).				
Los íconos de navegación son consistentes entre secciones.				
Se proporcionan instrucciones claras para las actividades de interacción.				
Los enlaces externos funcionan correctamente.				
<b>Textos, gráficos, audio y video</b>				
Las imágenes, gráficos, animaciones, audio y videos son relevantes y aportan al entendimiento del tema.				
Los videos, audio, imágenes y textos son sensibles a la diversidad de género.				

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
<p>El tipo, color y tamaño de fuente es legible y consistente a lo largo del curso.</p> <p>El diseño de la imagen es claro, está organizado y no está saturado.</p> <p>Las imágenes y las animaciones se cargan rápido en conexiones lentas.</p> <p>Los créditos de las imágenes y declaraciones de derecho de autor se incluyen por cada fotografía o ilustración.</p> <p>Los componente de audio son complementarios al texto y a las animaciones, y no son una simple duplicación del texto que aparece en pantalla.</p> <p>La calidad del audio es clara. Los estudiantes pueden parar, silenciar y volver al audio.</p> <p>La calidad del video es clara y la longitud es corta (máximo 4 minutos).</p> <p>Los videos se cargan rápido y son aptos para distintos anchos de banda.</p> <p>Los estudiantes pueden parar, pausar y volver al video.</p> <p>Se proporciona un transcrito de los segmentos de video y audio.</p>				
<b>Contenido</b>				
<p>El curso aborda las necesidades de aprendizaje de la población objetivo.</p> <p>El flujo del contenido es lógico.</p> <p>Los conceptos están claramente explicados y soportados con ejemplos.</p>				

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
<p>El contenido está estructurado en secciones que permiten que el estudiante parcialice su aprendizaje.</p> <p>Los objetivos de aprendizaje se proporcionan al inicio de cada sección, y se formulan desde la perspectiva del estudiante.</p> <p>El contenido empata los objetivos de aprendizaje y habilita a los estudiantes para que los alcancen.</p> <p>El contenido presenta ejemplos abundantes y relevantes, estudio de casos y buenas prácticas cuando es apropiado.</p> <p>El lenguaje es directo (voz activa), simple, evita ser rebuscado y es apto para una audiencia multilingüe.</p> <p>El contenido esencial está claramente presentado en la pantalla, mientras que el contenido “bueno de saber” está mencionado como recursos adicionales (enlaces).</p> <p>La forma en la que el contenido está presentado (a manera de historia, demostración) es apropiado para el contenido y para la audiencia objetivo.</p> <p>La interactividad se utiliza a lo largo del curso para enganchar al estudiante.</p>				
<b>Evaluaciones de aprendizaje</b>				
<p>Se utilizan evaluaciones para reforzar el aprendizaje y verificar el conocimiento del estudiante.</p> <p>Las evaluaciones son relevantes y empatan con los objetivos de aprendizaje.</p> <p>Todas las evaluaciones se explican con instrucciones claras y apropiadas.</p>				

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
<p>Cuando los estudiantes resuelven las preguntas, se proporciona retroalimentación.</p> <p>Las evaluaciones comprenden diferentes tipos de ejercicios.</p> <p>De estar presente, la evaluación final verifica el logro de los objetivos de aprendizaje.</p>				
<b>Recursos adicionales</b>				
<p>La descripción del curso y los objetivos son claros desde el inicio para el estudiante.</p> <p>Se incluye un glosario de términos técnicos y se incluye una definición clara para asegurar la coherencia y consistencia de la terminología del curso.</p> <p>De ser necesario, se incluyen listas de cotejo para acompañar las instrucciones.</p> <p>De ser necesario, la versión impresa del curso presenta el mismo contenido que ha sido abordado en el curso virtual.</p>				

**Tabla 23.** Rúbrica de evaluación para verificar la calidad de los cursos en línea (Online Learning Consortium, 2021).

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor $\frac{1}{2}$ hora o menos	Revisión moderada $\frac{1}{2}$ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<b>Aspectos generales e información</b>						
El curso incluye una bienvenida.						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor ½ hora o menos	Revisión moderada ½ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<p>El curso proporciona una orientación general, así como una visión general de los módulos, actividades, fechas de entrega, interacciones y evaluaciones. Es predecible y fácil de navegar/encontrar.</p> <p>El curso incluye una sección sobre información del curso y el programa que establece las expectativas del curso de forma clara. La sección puede encontrarse fácilmente.</p> <p>Hay una versión impresa del curso/programa disponible para los estudiantes.</p> <p>El curso incluye enlaces a las políticas relevantes de la institución sobre plagio, uso de equipos de cómputo, presentación de quejas, acomodo de discapacidades, etcétera.</p> <p>El curso proporciona acceso a fuentes para el aprendizaje del estudiante (ayuda técnica, servicios de soporte, orientación, honestidad académica, tutoría).</p> <p>La información del curso indica con claridad si el curso es completamente en línea, híbrido o enriquecido a través del uso de Internet.</p> <p>El curso de proporciona lineamientos apropiados para la participación exitosa respecto a requerimientos técnicos (ej. versión del navegador, móvil, contenido seguro, fuentes de publicación, pop-ups, micrófono, cámara web).</p> <p>Los objetivos/resultados del curso están claramente definidos, son mediables y están alineados a las actividades y evaluaciones de aprendizaje.</p> <p>El curso proporciona información de contacto del instructor, departamento y programa.</p>						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor ½ hora o menos	Revisión moderada ½ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<b>Tecnología y herramientas</b>						
<p>Se indican y soportan con claridad las habilidades requeridas para usar las herramientas (páginas web, software y hardware).</p> <p>Las habilidades técnicas requeridas para participar en las actividades de aprendizaje se construyen en de forma oportuna (orientación, práctica y aplicación -cuando aplique).</p> <p>Las herramientas tecnológicas de uso común son fácilmente accesibles. Cualquier herramienta que no se utiliza es eliminada del menú del curso.</p> <p>El curso incluye enlaces a las políticas de privacidad para las herramientas tecnológicas.</p> <p>Todas las herramientas tecnológicas cumplen estándares de accesibilidad.</p>						
<b>Diseño e interfaz</b>						
<p>Se establece un diseño lógico, consistente y despejado. El curso es fácil de navegar (gama de colores e íconos consistentes, contenido relacionado organizado conjuntamente, títulos evidentes por sí mismos).</p> <p>Los bloques grandes de información se dividen en secciones pequeñas con amplio espacio blanco alrededor y entre los bloques.</p> <p>Hay contraste suficiente entre el texto y el fondo para que el contenido pueda sr fácilmente visualizado.</p>						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor ½ hora o menos	Revisión moderada ½ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<p>Se proporcionan instrucciones y están bien redactadas.</p> <p>El curso no presenta errores gramaticales ni ortográficos.</p> <p>El texto está formateado con títulos, encabezados y otros estilos para resaltar la lectura y mejorar la estructura del documento.</p> <p>Se evita el uso de texto parpadeante.</p> <p>Se utiliza una fuente sans-serif con tamaño estándar de al menos 12 puntos.</p> <p>La información se presenta en formato lineal en vez de tablas siempre que sea posible.</p> <p>Las tablas se acompañan de un título y resumen.</p> <p>Las columnas y filas de las tablas están tituladas.</p> <p>Las presentaciones (con diapositivas) utilizan un diseño predeterminado e incluyen títulos únicos por diapositiva.</p> <p>Para todas las presentaciones, la transición entre diapositivas es simple (no automatizada).</p>						
<p><b>Contenido y actividades</b></p> <p>El curso ofrece una variedad de recursos que enganchan la presentación del contenido, promueven el aprendizaje y la colaboración, y facilitan la interacción regular y sustantiva con el instructor.</p>						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor $\frac{1}{2}$ hora o menos	Revisión moderada $\frac{1}{2}$ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<p>El curso proporciona actividades a los estudiantes para desarrollar habilidades de pensamiento de alto nivel y resolución de problemas, tales como reflexión crítica y análisis.</p> <p>El curso proporciona actividades que emulan aplicaciones del mundo real de la disciplina, tales como aprendizaje experimental, estudios de caso y actividades basadas en problemas.</p> <p>Cuando se puede, se utilizan materiales y fuentes de libre acceso, abiertas o de bajo costo.</p> <p>Los materiales y las fuentes incluyen el estatus de copyright y licenciamiento, claramente declarando los permisos para compartir cuando aplica.</p> <p>El texto del contenido está accesible en un formato amigable/fácil, preferentemente HTML. Todo el texto del contenido está disponible por tecnología de asistencia, incluyendo un PDF o cualquier texto contenido en una imagen.</p> <p>Se proporciona un texto equivalente por cada elemento no textual (ej. capturas/pies de figura, transcritos, etcétera) y descripciones del audio para el contenido basado en videos.</p> <p>Los textos, gráficos e imágenes son entendibles cuando se ven sin color. El texto debe ser utilizado como un método primario para acercar la información.</p> <p>Los enlaces son descriptivos y hacen sentido cuando están fuera de contexto (ej. evitar leyendas como "dé clic aquí").</p>						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor ½ hora o menos	Revisión moderada ½ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<p><b>Interacción</b></p> <p>Se presentan expectativas instructor-a-estudiante regulares y sustantivas, interacciones y retroalimentación predecible/programado, que son apropiadas para la longitud y estructura del curso, y son fáciles de encontrar.</p> <p>Las expectativas para todas las interacciones del curso (instructor a estudiante, estudiante a estudiante, estudiante a instructor) están claramente mencionadas y modeladas en todos los canales de interacción/comunicación.</p> <p>Los estudiantes tienen oportunidad de conocer al instructor.</p> <p>El curso proporciona actividades que construyen un sentido de comunidad de clase, soportan la comunicación abierta, promueven la interacción regular y sustantiva, y establecen confianza (ej. actividades para romper el hielo, tablero de anuncios, horas planeadas de oficina y foros de discusión dedicados.</p> <p>El curso ofrece oportunidades para la interacción estudiante-estudiante y para la colaboración constructiva.</p> <p>Las interacciones del curso proveen a los estudiantes la posibilidad de compartir recursos e inyectar conocimiento de diversas fuentes de información bajo la guía y/o estándares del instructor.</p>						
<p><b>Evaluación y retroalimentación</b></p> <p>Las políticas de evaluación, incluyendo las consecuencias de entregas tardías, están claramente mencionadas en la información del curso / programa de la materia.</p>						

Criterio de evaluación	Suficientemente presente	Revisión menor ½ hora o menos	Revisión moderada ½ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
<p>El curso incluye métodos frecuentes, apropiados y auténticos para evaluar el dominio de los estudiantes del contenido.</p> <p>Los criterios para la evaluación de una actividad calificada están claramente articulados (rúbrica, ejemplos trabajados).</p> <p>El curso proporciona a los estudiantes oportunidades para revisar su desempeño y evaluar su propio aprendizaje a través del curso (ej. pruebas, autoevaluaciones con retroalimentación, actividades reflectivas, evaluaciones por pares, etcétera).</p> <p>Los estudiantes son notificados cuando se requiere una respuesta puntual en un periodo de tiempo. Se proporciona tiempo suficiente para la entrega a fin de que haya oportunidad de que el estudiante prepare la misma.</p> <p>Los estudiantes tienen acceso fácil a una boleta de calificaciones bien diseñada y actualizada.</p> <p>El curso proporciona la oportunidad a los estudiantes de dar su retroalimentación sobre su experiencia en el curso, el diseño del curso, contenido, experiencia de usuario y tecnología.</p>						

**Tabla 24.** Escala de cumplimiento de Bañuelos Márquez (2019).

Porcentaje de cumplimiento	Cumplimiento numérico	Puntuación
100	196	Totalmente satisfactoria.
90-99	177-195	Satisfactoria.

Porcentaje de cumplimiento	Cumplimiento numérico	Puntuación
80-89	157-176	Aceptable. Se recomiendan mejoras moderadas.
70-79	137-156	Poco aceptable. Se recomiendan mejoras considerables.

### 4.3.3 Fase de desarrollo

#### 4.3.3.1 Selección de la herramienta digital y la plataforma de soporte

Para soportar el método expositivo (basado en presentaciones e interacciones de aprendizaje), se optó por diseñar la herramienta digital en formato de sitio web. Para alojar al sitio web se contrató un servicio anual de hosting y dominio en la plataforma WIX con un costo anual aproximado de \$1,980 pesos y \$178.00 pesos, respectivamente. Se seleccionó el nombre de dominio avelira.net (<http://avelira.net>), el cual es accesible desde cualquier navegador.

Adicionalmente, se adquirió una licencia en el sitio H5P.com para desarrollar las interacciones virtuales con un costo aproximado de \$1,140.00 pesos mensuales.

Ambas plataformas cuentan con prediseños que facilitaron la construcción del sitio web. No obstante, también fue necesario consultar tutoriales en las páginas de las plataformas, así como en videos de libre acceso. La etapa de familiarización y prueba con las dos herramientas tuvo una duración aproximada de dos meses. No fue necesario contratar servicios de un desarrollador o programador web para la elaboración y puesta en operación del sitio web.

#### 4.3.3.2 Contenido

Utilizando buscadores de información gratuitos se hizo una búsqueda bibliográfica de información sobre el tema “Organismos genéticamente modificados” para extraer aquella asociada al objetivo de aprendizaje y adaptarla como material para el curso en línea. Las referencias consultadas se enlistan como parte de los resultados.

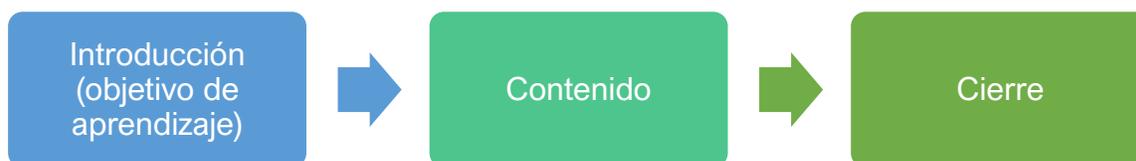
En apego a las recomendaciones para el desarrollo de los cursos en línea, el contenido se adaptó para que la sesión no excediera los 30-50 minutos de aprendizaje (30 minutos siendo lo recomendado por la FAO y 50 minutos siendo la duración de la clase de

Biología I). Otras recomendaciones que se atendieron durante el desarrollo del curso fueron las siguientes (FAO, 2011, 2021):

- Utilizar ejemplos que puedan resultar familiares.
- Utilizar una variedad de ejemplos.
- Clasificar el contenido como “debe saberse” o “es bueno que se sepa”.
- Utilizar enunciados cortos, preferentemente que no excedan las 25 palabras.
- Escribir de forma directa, simple y clara.
- Evitar el lenguaje rebuscado.
- Escribir con un lenguaje formal.
- Minimizar el uso de enunciados compuestos.
- Utilizar pronombres personales (ej. tú) para referirse a los estudiantes ya que esto personaliza la instrucción.
- Utilizar listas cuando sea apropiado.
- Usar lenguaje inclusivo y no sexista.
- Utilizar la voz activa.
- Definir acrónimos la primera vez que sean utilizados y considerar añadirlos en un glosario.

#### 4.3.3.3 Elaboración del guion

El guion, que se presenta como parte de los resultados, se elaboró siguiendo la estructura típica de una lección virtual (**Figura 17**). Se incorporaron elementos multimedia gráficos y audiovisuales con propósitos decorativos, representacionales e interpretativos, principalmente. Los elementos gráficos fueron editados de forma que resultaran atractivos para los estudiantes.



**Figura 17.** Estructura típica de una lección virtual.

Las imágenes se seleccionaron del banco de imágenes 123RF.com. Los derechos para reproducir y editar las imágenes fueron adquiridos por un costo aproximado de \$1,780.00 pesos por 50 imágenes. La licencia anual del software para edición de fotos

(Corel) tuvo un costo de \$2,350.00 pesos. La licencia del software para procesamiento y edición de textos (ej. Word y PowerPoint) tuvo un costo aproximado de \$1,300.00 pesos.

Al seleccionar y editar las imágenes se tuvieron las siguientes consideraciones (FAO, 2011, 2021):

- Evitar utilizar gráficos que no sean útiles para complementar la información en el texto.
- Las imágenes meramente decorativas deben utilizarse con moderación porque pueden interferir en el proceso de comprensión del tema.
- Si se coloca texto sobre las imágenes, éste debe colocarse cerca de las partes del gráfico a las que se hacen referencia para no dividir la atención del estudiante.
- Utilizar imágenes digitalizadas para crear contextos realistas y sugerir analogías con situaciones de la vida real.
- Las ilustraciones animadas pueden emplearse para ilustrar una secuencia de pasos o las etapas de un proceso.
- Se puede elaborar un mapa conceptual para mostrar las relaciones entre el contenido.
- Se pueden incluir gráficas de barras, de pie, diagramas de flujo, según la información que se requiera presentar.

Similarmente, se atendieron las siguientes consideraciones para la incorporación de elementos de audio y video (FAO, 2011, 2021):

- Usar audios de corta duración.
- Usar audios para complementar los elementos visuales en la pantalla.
- Asociar el audio a las imágenes que correspondan.
- Utilizar texto escrito para mensajes clave que requieren permanecer en la pantalla por el tiempo deseado para que los estudiantes puedan referir a la información.
- Evitar el uso de audio de fondo como música, sonidos, animaciones narradas, etcétera.
- Las secuencias videos deben estar acompañadas de comentarios en texto o audio.
- En situaciones con limitaciones de ancho de banda el video puede ser reemplazado con una secuencia de imágenes.
- Evitar utilizar videos que sólo muestran a un docente hablando frente a la cámara.

#### 4.3.3.4 Desarrollo de las actividades de práctica y pruebas de evaluación

Con el propósito de reforzar el logro del objetivo de aprendizaje a través de la memorización de datos, comprensión de conceptos y/o aplicación de procedimientos y principios, se incorporaron actividades de práctica y una prueba de evaluación como parte del contenido del curso. Los instrumentos de evaluación estuvieron dirigidos a evaluar contenido de tipo fácticos y conceptuales, principalmente (Tabla 25). Se utilizó una combinación de distintos formatos de pregunta, entre ellos los siguientes: opción múltiple, ordenamiento, llenado del espacio en blanco, verdadero/falso, respuesta abierta corta.

Tabla 25. Recomendaciones para evaluar el contenido de un curso en línea (FAO, 2011).

Tipo de contenido	Recomendación
Fáctico	-Que los estudiantes recuerden especificaciones o características. -Que los estudiantes identifiquen imágenes u objetos.
Conceptual	-Que los estudiantes discriminen información.
Procedimental	-Que los estudiantes practiquen a través de la simulación. -Que los estudiante realicen un procedimiento.
De principios	-Que los estudiantes respondan preguntas sobre los principios detrás de un ejemplo. -Que los estudiantes apliquen lineamientos para resolver un problema o estudiar un caso.

Las actividades de práctica y la prueba de evaluación se detallan en el capítulo de resultados.

#### 4.3.4 Fase de implementación

Se estableció contacto con una institución privada del Estado de México para exponer el desarrollo de la herramienta digital y solicitar su autorización para aplicarla en los grupos de preparatoria que cursan la asignatura de Biología I. Las comunicaciones con la institución y la coordinación con el profesor titular de la asignatura para la programación de actividades se realizaron vía correo electrónico en el periodo de julio a octubre de 2021.

Se realizaron dos implementaciones con dos grupos de Biología I. La primera implementación se realizó el 15 de octubre de 2021 en un horario de 12 P.M. a 1 P.M., y la

segunda el 29 de octubre de 2021 en el mismo horario. De 24 estudiantes inscritos en la asignatura, se registró la participación de 17 estudiantes en el uso de la herramienta digital.

Se realizó una sesión previo a la fecha de implementación para explicar el objetivo del curso (herramienta) y se motivó a los participantes a dar su retroalimentación a través de la encuesta de opinión ([rtado 4.3.2.5](#)). La sesión previa, que corresponde un evento de lanzamiento conforme a las directrices de la FAO ([Figura 18](#)), se realizó a través de la plataforma Zoom y tuvo una duración aproximada de 10 minutos. La sesión se realizó al finalizar la clase virtual que antecedió al tema del curso (los temas previos fueron: ADN, Replicación, Transcripción y Traducción, Aplicaciones de la ingeniería genética). No se consideró la asignación de una actividad o tarea de aprendizaje previo a la interacción del estudiante con la herramienta.



**Figura 18.** Componentes típicos de la implementación de un curso en línea (FAO, 2011, 2021).

#### **4.3.5 Fase de evaluación**

La fase de evaluación se realizó inmediatamente después de concluida la interacción del estudiante con la herramienta conforme a lo descrito en el [apartado 4.3.2.5](#). Como se señala en dicho apartado, se decidió hacer una evaluación formativa en torno a las reacciones de los usuarios.

## 5. Resultados

## 5.1 Análisis

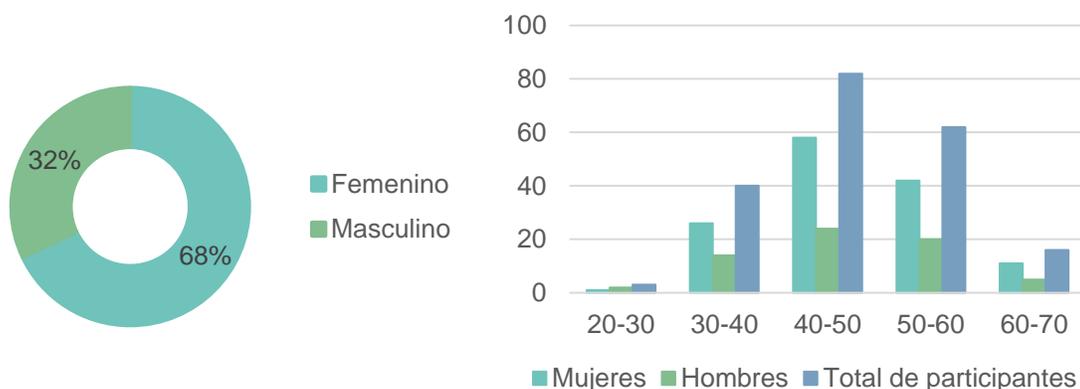
### 5.1.1 Encuestas de percepción

#### 5.1.1.1 Percepciones de docentes

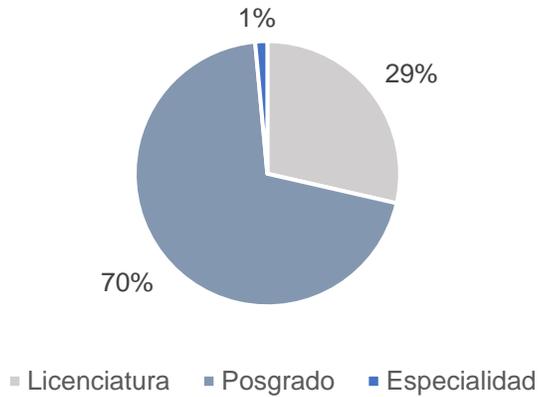
Los resultados de las encuestas de percepciones de docentes se agruparon en cinco categorías: 1) información demográfica, 2) uso de las tecnologías y herramientas digitales, 3) efectividad de las herramientas digitales, 4) efectividad de la enseñanza virtual, 5) implementación de la enseñanza virtual.

#### Información demográfica

La población del estudio estuvo conformada por 203 docentes virtuales de dos instituciones públicas que ofrecen estudios de bachillerato o preparatoria en línea. Del total de participantes que respondieron la encuesta y que fueron elegibles para formar parte del estudio, 68% (138) fueron mujeres y 32% (65) fueron hombres (**Figura 19**). En ambos casos el rango de edad promedio fue de 40-50 años, seguido de los rangos 50-60, 30-40, 60-70 y, por último el rango de 20-30 años, con sólo tres participantes ubicados en dicho rango (**Figura 19**). El 70% de los docentes cuenta con estudios de posgrado, 29% con estudios de licenciatura y 1% con especialidad (**Figura 20**).

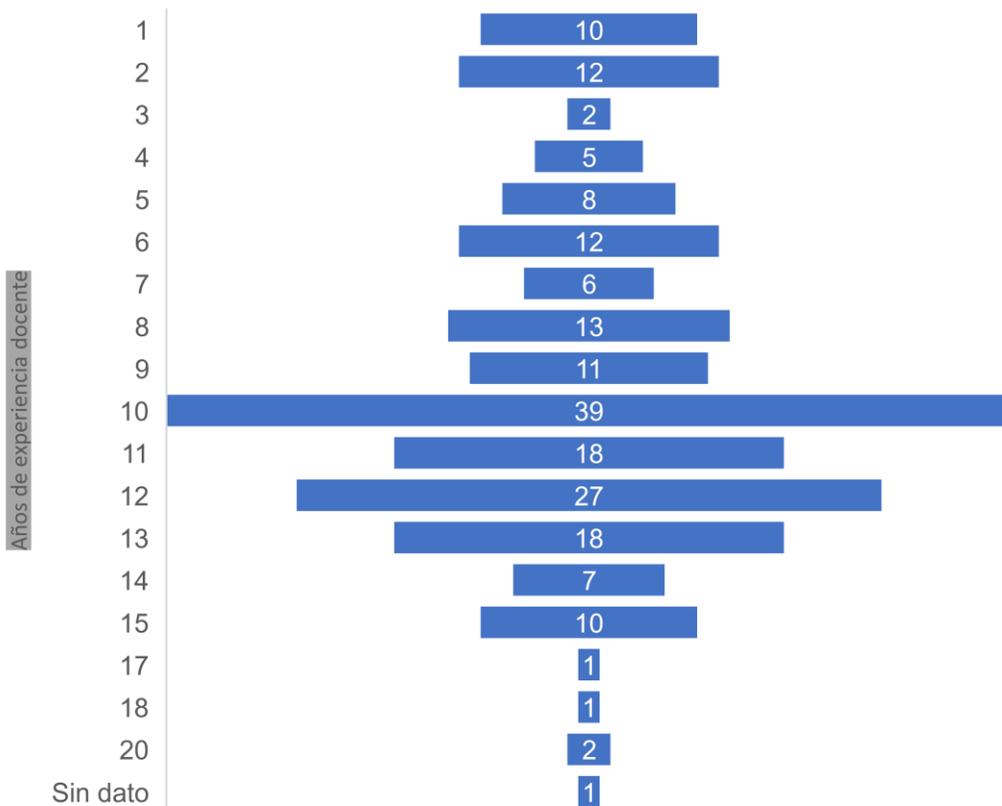


**Figura 19.** Distribución por género (*izquierda*) y rango de edad (*derecha*) de los docentes participantes en el estudio.



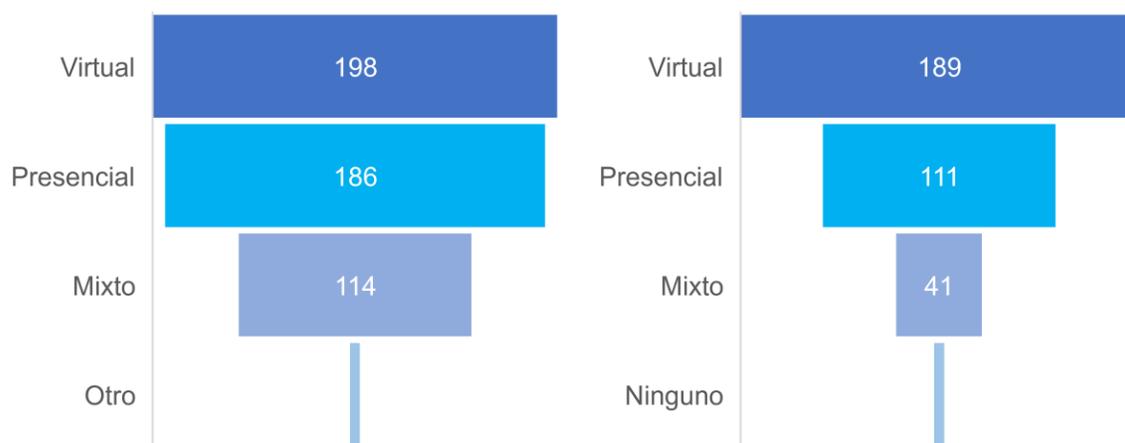
**Figura 20.** Grado académico de los docentes que formaron parte del estudio.

El 61% de los docentes que formaron parte del estudio llevan más de diez años impartiendo clases virtuales, mientras que el 39% tiene nueve años o menos de experiencia en el campo. Los años promedio de práctica docente virtual son 9.3. Los años 3, 17, 18 y 20 de experiencia docente virtual tuvieron la menor representación con 1 o 2 participantes (**Figura 21**).



**Figura 21.** Años que los docentes del estudio llevan impartiendo clases en línea.

Del total de participantes, el 97% contaba con experiencia en la enseñanza virtual, 91% en la enseñanza presencial, 56% en la modalidad mixta y 2% en otras modalidades (ej. sistema abierto, asesorías, regularizaciones) (**Figura 22, izquierda**). Al momento del estudio, 93% se encontraban laborando como docentes virtuales, 55% como docentes presenciales, 20% como docentes en modalidad mixta, y 2% no se encontraba laborando (**Figura 22, derecha**). Del total de docentes que se encontraban laborando en la modalidad virtual (189), el 59% (111) combinaba su labor de docente virtual con la enseñanza presencial y/o mixta.

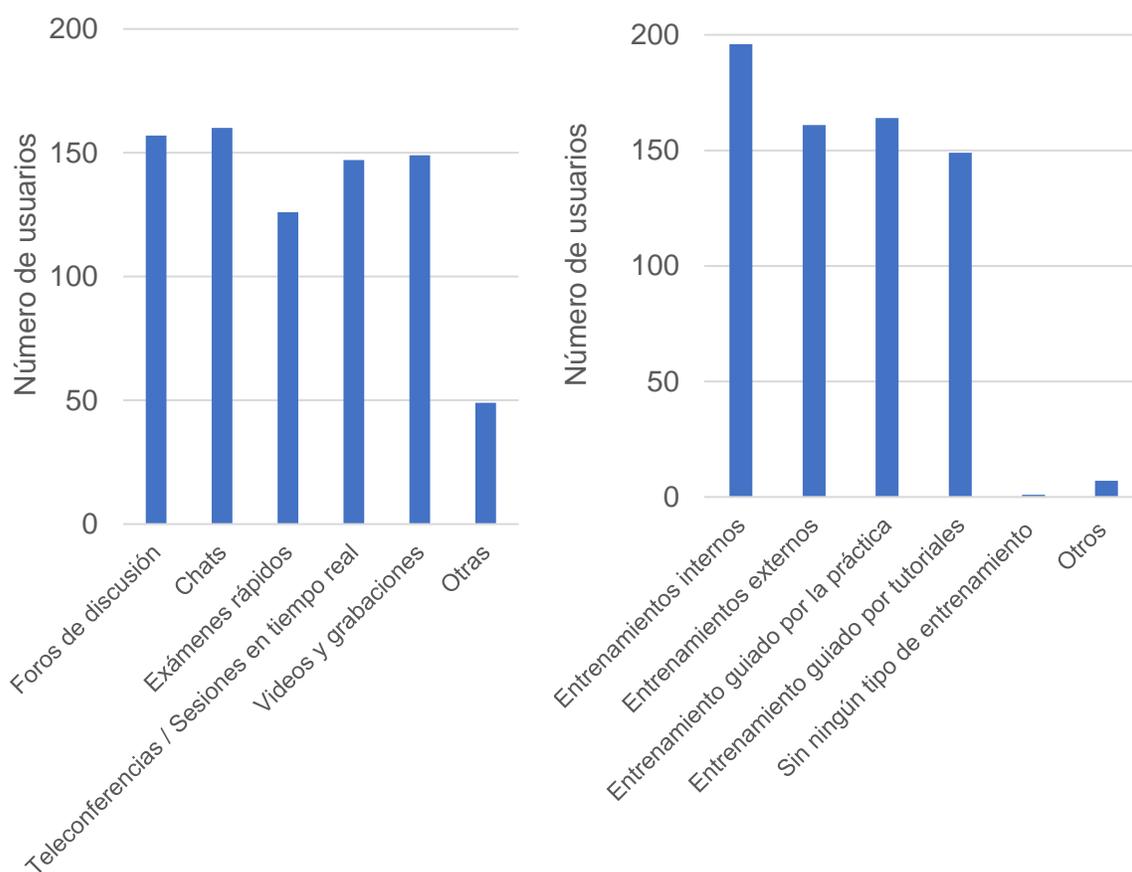


**Figura 22.** Modalidad bajo la que los participantes del estudio han impartido clases con anterioridad (*izquierda*) y al momento de contestar la encuesta (*derecha*).

### Uso de las tecnologías y herramientas digitales

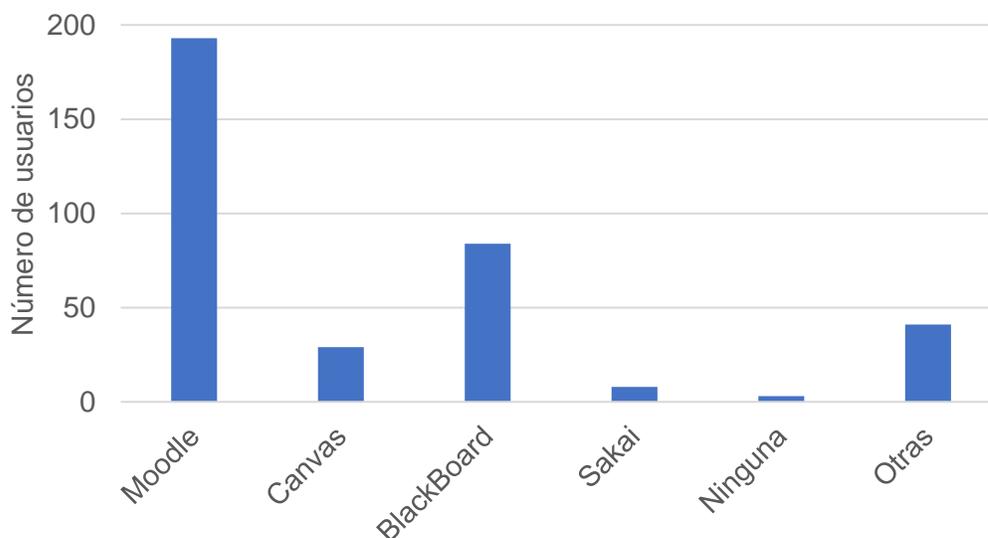
Los chats y los foros de discusión son las herramientas más utilizadas en la enseñanza virtual por los docentes que formaron parte del estudio. De acuerdo a los resultados, los primeros son utilizados por el 79% de los docentes (160 usuarios), mientras que los segundos son utilizados por el 77% (157 usuarios) (**Figura 23, izquierda**). A estas herramientas le sigue el uso de videgrabaciones y sesiones virtuales en tiempo real con el 73% (149 usuarios) y 72% (147 usuarios), respectivamente. Detrás de estos últimos, se ubican los exámenes rápidos con el 62% (126 usuarios). Un porcentaje menor de docentes (24%) declaró incorporar a su práctica docente otras herramientas consideradas como digitales por los encuestados. Entre las herramientas citadas como “otras” se encuentran: WhatsApp, redes sociales, correo electrónico, aulas o plataformas virtuales, podcasts, infografías, wikis, páginas web, materiales didácticos en formatos diversos (ej. PDF, PowerPoint), tutoriales, y videos de YouTube.

En cuanto al entrenamiento o capacitaciones para el uso de tecnologías en la enseñanza virtual, el 97% de los participantes (196 docentes) declararon que han recibido entrenamientos internos impartidos por sus centros de trabajo, siendo este tipo de entrenamiento del de mayor representatividad entre la población del estudio (**Figura 23, derecha**). El entrenamiento guiado por la práctica (personal) tuvo una representación del 81% (164 docentes), seguido de entrenamientos externos (impartidos por organizaciones distintas al centro de trabajo) y entrenamientos guiados por tutoriales con el 79% (161 docentes) y 73% (149 docentes), respectivamente. Un 3% de los docentes mencionó el intercambio con colegas, los cursos gratuitos y los diplomados como “otros” entrenamientos que han formado parte de su formación como docentes virtuales. Un 0.5% de los docentes declaró no haber recibido o tener algún tipo de entrenamiento en la enseñanza virtual.



**Figura 23.** Número de usuarios de distintas herramientas digitales empleadas en la enseñanza virtual (*izquierda*); y número de usuarios que han recibido entrenamientos en el uso de tecnologías para la enseñanza virtual (*derecha*).

Al momento del estudio, la plataforma más utilizada por los docentes fue Moodle con un 95%, seguida de BlackBoard, otras (Google classroom, Teams, Zoom, Edmodo, Schoology, AVE, Brightspace, Neo y/o Quipper), Canvas y Sakai con el 41%, 20%, 14% y 4%, respectivamente (**Figura 24**). Un 1.4% de los docentes respondió que no utiliza ninguna plataforma para la enseñanza virtual.



**Figura 24.** Número de docentes usuarios de distintas plataformas utilizadas en la enseñanza virtual.

### Efectividad de las herramientas digitales

Con base en una escala 0 a 100 (en donde 100 significa completamente de acuerdo y 0 en completo desacuerdo), el 88% de los docentes asignó una calificación de 60 o superior a la aseveración “las herramientas en línea permiten transmitir las instrucciones de aprendizaje con la misma efectividad que una clase tradicional”, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (84 respuestas); el resto de los docentes calificó la aseveración con 50 (4%) o una calificación menor (8%) (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea me permiten explicar los temas con la misma efectividad que una clase tradicional” fue calificada por el 84% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (79 respuestas); en tanto que un 5% y 10.8% de los docentes le otorgó una calificación de 50 o menor, respectivamente (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea me permiten tener

una interacción con los estudiantes equiparable a la interacción vista en una clase tradicional” fue calificada por el 74% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 80 (44 respuestas); el resto de los docentes asignó una calificación de 50 (7 %) o inferior (18%) (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea me ayudan a despertar la curiosidad de los estudiantes” fue calificada por el 90% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (83 respuestas); el resto de los docentes asignó a la aseveración una calificación de 50 (5%) o inferior (4%) (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea me permiten tener una comunicación ágil y efectiva con los estudiantes” fue calificada por el 86% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (66 respuestas), seguida de la cifra de 90 (60 respuestas); el resto de los docentes le otorgó una escala de 50 (8%) o inferior (6%) (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea me permiten estimular al estudiante para que alcance mejores resultados” fue calificada por el 90% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (72 respuestas); el resto de los docentes asignó a la aseveración una calificación de 50 (6%) o menor (3%) (**Tabla 26**). La aseveración “las herramientas en línea son entendibles y amigables para los estudiantes” fue calificada por el 88% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (66); el resto de los docentes asignaron una calificación de 50 (8%) o inferior (4%). La aseveración “las herramientas en línea son entendibles y amigables para los docentes” fue calificada por el 91% de los docentes con una calificación de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (82 respuestas); el resto de los docentes asignó a la aseveración una calificación de 50 (6%) o inferior (3%) (**Tabla 26**).

**Tabla 26.** Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a seis criterios sobre la efectividad de las herramientas digitales en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).

Criterio calificado	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Las herramientas en línea me permiten transmitir las instrucciones de aprendizaje con la misma efectividad que en una clase tradicional (presencial).	84	49	28	12	6	8	10	2	2	1	1
Las herramientas en línea me permiten explicar los temas con la misma efectividad que una clase tradicional.	79	44	35	9	4	10	14	2	3	1	2
Las herramientas en línea me permiten tener una interacción con los estudiantes equiparables a la interacción vista en una clase tradicional.	41	37	44	20	9	15	17	8	6	2	4
Las herramientas en línea me ayudan a despertar la curiosidad de los estudiantes.	83	40	36	13	11	11	1	2	2	2	2
Las herramientas en línea me permiten tener una comunicación ágil y efectiva con los estudiantes.	66	60	32	9	7	17	5	2	3	1	1
Las herramientas en línea me permiten estimular al estudiante para que alcance mejores resultados.	72	53	33	14	11	13	3	1	2	1	0
Las herramientas en línea son entendibles y amigables para los estudiantes.	66	47	38	19	8	17	6	0	0	2	0
Las herramientas en línea son entendibles y amigables para los docentes.	82	53	26	18	6	13	1	0	3	1	0

Con base en una escala de efectividad 1 a 5, en donde el 1 representa la menor efectividad y 5 la mayor efectividad para promover el aprendizaje en la enseñanza virtual, los videos o grabaciones fueron la herramienta digital calificada como la más efectiva, seguida de las teleconferencias en tiempo real, los exámenes rápidos y los chats. Los foros de discusión se calificaron como la herramienta menos efectiva en comparación con las otras herramientas; no obstante, vistas de forma individual, la mayoría de los docentes consideró que los foros de discusión son efectivos con 73 respuestas situadas en el valor 4 (**Tabla 27**).

**Tabla 27.** Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a cinco herramientas digitales empleadas en la enseñanza virtual una escala de efectividad 1 a 5 (en donde 5 es la más efectiva y 1 la menos efectiva).

Criterio calificado	Escala de calificación					Sin respuesta
	5	4	3	2	1	
¿Cómo calificaría la efectividad de los foros de discusión para promover el aprendizaje?	54	73	49	14	12	1
¿Cómo calificaría la efectividad de las teleconferencias en tiempo real para promover el aprendizaje?	105	58	27	6	3	4
¿Cómo calificaría la efectividad de los videos (grabaciones) para promover el aprendizaje?	110	63	26	2	0	2
¿Cómo calificaría la efectividad de los chats para promover el aprendizaje?	69	76	42	12	3	1
¿Cómo calificaría la efectividad de los exámenes rápidos para promover el aprendizaje?	83	66	37	7	2	8

Utilizando una escala de utilidad y practicidad de 1 a 5, en donde 1 representa la mayor utilidad y practicidad, se priorizaron cinco herramientas digitales: foros de discusión, videos (grabaciones), teleconferencias en tiempo real, chats y exámenes rápidos. Los resultados indicaron que las teleconferencias en tiempo real son consideradas como la

herramienta digital más útil y práctica, seguida de los videos (grabaciones), foros de discusión, chats y exámenes rápidos. En el caso de estos últimos, el grueso de los docentes los calificó como poco prácticos y útiles con 69 respuestas en el valor de menor prioridad (**Tabla 28**).

**Tabla 28.** Priorización de la utilidad y practicidad otorgada por 203 docentes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 1 es la más práctica y útil, y 5 la menos práctica y útil).

Herramienta	Escala de calificación					Sin respuesta
	1	2	3	4	5	
Foros de discusión	23	39	52	43	40	6
Videos (grabaciones)	53	63	40	29	12	6
Teleconferencias en tiempo real	91	36	27	23	19	7
Chats	17	42	39	48	49	8
Exámenes rápidos	15	19	40	53	69	7

### Efectividad de la enseñanza virtual

Con base en una escala 0 a 100 (en donde 100 significa completamente de acuerdo y 0 en completo desacuerdo), el 67% de los docentes asignó una calificación de 60 o superior a la aseveración “la enseñanza a distancia promueve un mejor aprendizaje respecto al modelo tradicional”; no obstante, destaca que la cifra de 50 tuvo la mayor representatividad con 46 respuestas (23%) (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia me permite enseñar los temas con flexibilidad” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 85% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (79 respuestas); el resto de los docentes le asignó una calificación de 50 (10%) o inferior (5%) (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia es útil para enseñar nuevas

habilidades en los estudiantes” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 97% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (118 respuestas); el resto de los docentes le asignó una calificación de 50 (3%) o inferior (0.5%) (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia es esencialmente social (ej. promueve altos niveles de interacción entre sus participantes)” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 66% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 y 80 (40 respuestas en cada una); el resto de los docentes asignó una calificación de 50 (13%) o inferior (21%) a esta aseveración (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia me permite vincular los temas con los intereses de los estudiantes” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 86% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (78 respuestas); el resto de los docentes calificó la aseveración con una cifra de 50 (8%) o inferior (6%) (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia es capaz de generar un aprendizaje significativo e impactar positivamente en el estudiante” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 91% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (98 respuestas); el resto de los docentes asignó a la aseveración una calificación de 50 (5%) o inferior (3%) (**Tabla 29**). La aseveración “la enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 62% de los docentes; sin embargo, la mayor representatividad de respuestas se situó en la cifra de 50 (con 50 respuestas) (**Tabla 29**).

**Tabla 29.** Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a siete criterios sobre la efectividad de la enseñanza virtual en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).

Criterio calificado	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
La enseñanza a distancia promueve un mejor aprendizaje respecto al modelo tradicional (presencial).	38	42	30	15	11	46	10	4	3	2	2
La enseñanza a distancia me permite enseñar los temas con flexibilidad.	79	46	27	16	5	21	3	2	1	2	1
La enseñanza a distancia es útil para enseñar nuevas habilidades en los estudiantes.	118	33	23	15	7	6	0	0	0	1	0
La enseñanza a distancia es esencialmente social (ej. promueve altos niveles de interacción entre sus participantes).	40	27	40	14	13	27	15	14	6	4	3
La enseñanza a distancia me permite vincular los temas con los intereses de los estudiantes.	78	32	37	17	11	16	5	1	3	2	1
La enseñanza a distancia es capaz de generar un aprendizaje significativo e impactar positivamente al estudiante.	98	42	21	16	8	11	3	1	2	1	0
La enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional.	29	31	32	18	16	50	15	4	6	1	1

## Implementación actual y futura de la enseñanza virtual

Con base en una escala 0 a 100 (en donde 100 significa completamente de acuerdo y 0 en completo desacuerdo), el 97% de los docentes asignó una calificación de 60 o superior a la aseveración “la enseñanza a distancia está extendiéndose en más instituciones y niveles académicos”, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (117 respuestas); solamente un 2.5% y 0.5% de los docentes asignaron a la aseveración una calificación de 50 o inferior, respectivamente (**Tabla 30**). La aseveración “la enseñanza a distancia es aceptada y reconocida como igual a la enseñanza tradicional” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 67% de los docentes, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 80 (41 respuestas); el resto de los docentes asignó a la aseveración una calificación de 50 (16%) o inferior (17%) (**Tabla 30**). La aseveración “la enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo del conocimiento” fue calificada en el rango de 60 a 100 por el 81%, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (58 respuestas); el resto de los docentes asignó una calificación de 50 (7%) o inferior a la aseveración (12%) (**Tabla 30**). El 80% de los docentes calificó la aseveración “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas” en el rango de 60 a 100, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (80 respuestas); el resto de los docentes consideró que la aseveración era merecedora de una calificación de 50 (8%) o inferior (11%) (**Tabla 30**). La aseveración “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología)” fue calificada por el 77% de los docentes con una cifra de 60 o superior, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (54 respuestas); el resto de los docentes calificó a la aseveración con una cifra de 50 (11%) o menor (12%) (**Tabla 30**). El 91% de los docentes calificó la aseveración “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias culturales (ej. sociología, historia y psicología)” en el rango de 60 a 100, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (112 respuestas); el resto de los docentes asignó una calificación de 50 (3%) o menor (6%) a la aseveración (**Tabla 30**). El 54% de los docentes estuvo totalmente de acuerdo con la aseveración “hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia”, con la mayor distribución de respuestas en la cifra de 100 (39 respuestas); el resto de los docentes calificó la aseveración con 50 (11%) o una cifra inferior (35%), destacando el número de respuestas indicativas de un “total desacuerdo” (32 respuestas) (**Tabla 30**).

**Tabla 30.** Distribución de la calificación otorgada por 203 docentes a ocho criterios sobre la implementación de la enseñanza virtual en una escala de 0 a 100 (en donde 100 es la máxima calificación y significa “completamente de acuerdo”).

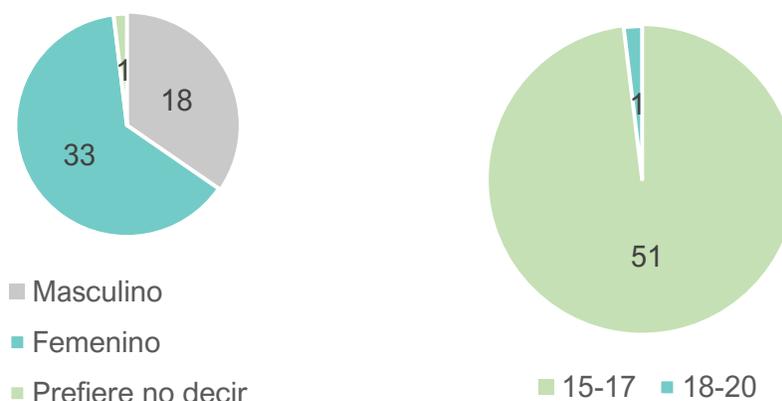
Criterio calificado	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
La enseñanza a distancia está extendiéndose en más instituciones y niveles académicos.	117	33	30	10	7	5	1	0	0	0	0
La enseñanza a distancia es aceptada y reconocida como igual a la enseñanza tradicional.	19	23	41	26	26	32	16	9	4	2	5
La enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo de conocimiento.	58	42	38	17	9	14	11	4	5	2	3
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas.	80	31	23	18	11	17	9	5	2	3	4
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología).	54	33	34	25	10	22	9	4	3	3	6
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias culturales (ej. sociología, historia, psicología).	112	34	22	11	5	7	3	3	1	1	4
Hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia.	39	27	19	12	13	22	7	6	9	17	32
La enseñanza a distancia está sólidamente fundamentada.	114	37	17	16	3	8	2	3	2	1	0

### 5.1.1.2 Percepciones de estudiantes

Los resultados de las encuestas de percepciones de estudiantes se agruparon en cuatro categorías: 1) información demográfica, 2) efectividad del proceso de enseñanza virtual; 3) efectividad de las herramientas digitales para el proceso de enseñanza; 4) implementación de la enseñanza virtual.

#### Información demográfica

La población del estudio estuvo conformada por 52 estudiantes de un bachillerato en línea. Del total de los participantes que respondieron la encuesta y que fueron elegibles para formar parte del estudio, 63% (33) fueron mujeres, 35% (18) fueron hombres y 2% prefirió no identificarse dentro del género masculino o femenino (**Figura 25**). El 98% de los estudiantes se situó en el rango de edad de 15 a 17 años; el 2% restante se situó en el rango de edad de 18 a 20 años (**Figura 25**).



**Figura 25.** Distribución por género (izquierda) y rango de edad (derecha) de los estudiantes participantes en el estudio.

#### Efectividad del proceso de enseñanza virtual

Con base en una escala 0 a 100 (en donde 100 significa completamente de acuerdo y 0 en completo desacuerdo), el 65% de los estudiantes asignó una calificación de 80 o superior a la aseveración “las instrucciones de las clases en línea son igual de claras que las que se me brindan en clases presenciales”, con el 25% de las respuestas situadas en la cifra de 80 (**Tabla 31**). La aseveración “la educación a distancia me permite entender los temas con la misma claridad que en una clase presencial” fue calificada con una cifra de 60 u superior por el 44% de los participantes, en tanto que el 56% la calificó con una cifra de 50 o inferior (**Tabla 31**). La aseveración “la educación a distancia me permite tener una

interacción con mis compañeros y con el profesor equiparable a la interacción de las clases presenciales” fue calificada con una cifra de 60 o superior por el 31% de los participantes, y con una cifra de 50 o inferior por el 69% restante (**Tabla 31**). La aseveración “la educación a distancia me ayuda a despertar mi curiosidad sobre los temas de la clase” fue calificada con una cifra de 60 o superior por el 59%, y con una cifra de 50 o inferior por el 41% restante (**Tabla 31**). La aseveración “la educación a distancia me permite tener una comunicación ágil y efectiva con mis maestros virtuales” fue calificada por el 54% de los participantes con una cifra de 60 o superior, mientras que el 46% restante la calificó con una cifra de 50 o inferior (**Tabla 31**). La aseveración “la educación a distancia me motiva para que alcance mejores resultados” fue calificada con una cifra de 60 o superior por el 65% ; el 35% restante de los participantes le otorgó una calificación de 50 o inferior (**Tabla 31**). La aseveración “alcanzo un mejor aprendizaje con la enseñanza virtual que con la enseñanza presencial” fue calificada por el 69% con una cifra de 50 o inferior, en tanto que sólo el 31% de los participantes le otorgó una calificación igual o superior a 60 (**Tabla 31**). La aseveración “la enseñanza a distancia es flexible” recibió una calificación igual o superior a 80 por el 69% de los participantes, y una calificación de 50 o inferior por el 31% restante (**Tabla 31**). La aseveración “la enseñanza a distancia me ha ayudado a adquirir nuevas habilidades” fue calificada por el 87% con una cifra de 60 o superior, en tanto que el resto de los participantes le otorgó una calificación de 50 o inferior (**Tabla 31**). La aseveración “la enseñanza a distancia me resulta una actividad muy social” fue calificada con una cifra de 50 o inferior por el 65% de los estudiantes, mientras que el 35% restante le otorgó una cifra de 60 o superior (**Tabla 31**). La aseveración “la enseñanza a distancia toma en cuenta mi conocimiento existente e intereses” fue calificada por el 63% de los participantes con una cifra de 60 o superior, y con una cifra de 50 o inferior por el 37% restante (**Tabla 31**). La aseveración “la enseñanza a distancia ha generado un aprendizaje significativo e impactado positivamente en mí” recibió una calificación igual o superior a 60 por el 58% de los participantes (**Tabla 31**). La aseveración “pienso que la enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional (presencial)” fue calificada con una cifra igual o inferior a 50 por el 77% de los participantes (**Tabla 31**). La aseveración “los maestros virtuales me ofrecen retroalimentación equiparable a la que me ofrece la educación presencial” fue calificada por el 79% de los participantes con una cifra de 80 o inferior (**Tabla 31**). La aseveración “los maestros virtuales hacen un buen uso de las herramientas virtuales” fue calificada con una cifra de 60 o superior por el 83% de los participantes (**Tabla 31**).

**Tabla 31.** Distribución de la calificación otorgada por 52 alumnos a 14 criterios sobre la efectividad del proceso de enseñanza virtual.

Criterio calificado	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Las instrucciones de las clases en línea son igual de claras que las que se me brindan en clases presenciales.	11	3	13	6	1	5	4	3	3	2	1
La educación a distancia me permite entender los temas con la misma claridad que en una clase presencial.	3	2	9	6	3	6	6	9	6	1	1
La educación a distancia me permite tener una interacción con mis compañeros y con el profesor equiparable a la interacción de las clases presenciales.	2	2	5	4	3	9	6	6	9	0	6
La educación a distancia me ayuda a despertar mi curiosidad sobre los temas de la clase.	7	4	7	8	5	5	5	3	5	1	2
La educación a distancia me permite tener una comunicación ágil y efectiva con mis maestros virtuales.	5	6	5	10	2	7	7	4	3	1	2
La educación a distancia me motiva para que alcance mejores resultados.	6	7	12	6	3	11	2	2	2	0	1

Criterio calificado	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Alcanzo un mejor aprendizaje con la enseñanza a distancia que con la enseñanza presencial.	3	4	2	5	2	13	1	8	5	1	8
La enseñanza a distancia es flexible (no es cuadrada).	8	5	9	7	7	6	3	3	1	1	2
La enseñanza a distancia me ha ayudado a adquirir nuevas habilidades.	10	11	9	10	5	1	2	2	0	0	2
La enseñanza a distancia me resulta una actividad muy social.	2	1	4	5	6	6	6	8	5	2	7
La enseñanza a distancia toma en cuenta mi conocimiento existente e intereses	2	5	10	9	7	7	6	1	3	0	2
La enseñanza a distancia ha generado un aprendizaje significativo e impactado positivamente en mí.	4	5	7	10	4	8	5	4	3	1	1
Pienso que la enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional (presencial).	1	1	5	3	2	7	7	4	5	4	13
Los maestros virtuales me ofrecen retroalimentación equiparable a la que me ofrece la educación presencial.	14	7	9	6	5	5	3	1	2	0	0
Los maestros virtuales hacen un buen uso de las herramientas en línea.	16	14	6	6	1	4	2	1	1	0	1

Entre los aspectos positivos de la educación a distancia mencionados por los estudiantes se encuentran la comodidad que ésta les brinda para tomar las clases desde cualquier lugar; el ahorro que representa al no tener que comprar libros; la atmósfera que se genera para que participe un mayor número de personas; la efectividad y rapidez de la modalidad; la adquisición de habilidades tecnológicas; la inmediatez de la información para profundizar un tema o repetir la clase, entre otras (**Tabla 32**). En cuanto a los aspectos negativos, los alumnos mencionaron una menor cantidad de aspectos entre los que se encuentran: aburrimiento; plagio; exceso de tareas; presencia de distractores; mal uso de las plataformas; problemas de conexión; comunicación limitada; retroalimentación tardía; problemas de horario (**Tabla 32**).

**Tabla 32.** Aspectos positivos y negativos de la educación a distancia de acuerdo a los 52 estudiantes de bachillerato participantes en el estudio.

Aspectos positivos	Aspectos negativos
Rápida	Aburrida; provoca sueño
Efectiva	Muy fácil
No se gasta en libros y eso ayuda al planeta	Trabajos plagiados
Las personas opinan sin miedo a que se rían de ellas; hay mucha participación; la participación es más fácil	No hay posibilidad de socializar y crear vínculos nuevos
Siempre está a la mano	Los profesores dejan mucha tarea; más tarea de lo habitual
Duermo más	El entendimiento no es claro en todos los temas
Tengo más tiempo para hacer tarea u otras actividades; más descanso	Menos atención en las clases: presencia de distractores
No demanda higiene (“no me baño”)	Menos ayuda de los profesores; comunicación limitada con los profesores
Favorece las amistades	Problemas de conexión
Variedad de maestros	Menos participación
Nueva forma de enseñanza, otra forma de aprender, nueva experiencia	Complejidad para solucionar asuntos de calificaciones
Buen uso del internet	Mayor dificultad para comprender los temas

Aspectos positivos	Aspectos negativos
Seguridad ante la contingencia sanitaria	No se resuelven dudas al instante
Aprendizaje de herramientas importantes; desarrollo de habilidades tecnológicas	Incomodidad de estar frente a la computadora por tiempos prolongados
Es cómodo; se toma desde casa	Maestros con poco conocimiento de las plataformas
Mejor oportunidad de obtener buenas calificaciones	Exámenes que refieren a información no vista en clase
No te atrasas con los temas	Dificultad para empatar horarios
No se pierde el semestre	Limitación en las fuentes de información
Maestros flexibles	
Acceso a actividades lúdicas; es práctica	
Permite profundizar la información	
Explota la creatividad	
No requiere el uso de uniformes	
Más orden	
Posibilidad de ver la clase varias veces	
Posibilidad de atender la clase desde cualquier lado	
Desarrolla la independencia	
Eficaz	
Menos interrupciones	
Fácil ingreso a clase	
Fomenta la responsabilidad	
Instrucciones claras	
Posibilidad de recurrir a los maestros en cualquier momento; maestros más accesibles	
Privacidad	
Motiva la curiosidad	
Buena comunicación	
Autoconocimiento	
Favorece el trabajo en equipo	
Más tiempo para realizar los trabajos	
Fácil	

## Efectividad de las herramientas digitales

Utilizando una escala de 1 a 5, en donde 5 representa la mayor efectividad, los participantes del estudio priorizaron cinco herramientas digitales: foros de discusión, videos (grabaciones), teleconferencias en tiempo real, chats y exámenes rápidos. Los chats y los exámenes rápidos fueron los mejor calificados, seguido de los foros de discusión, videos (grabaciones) y sesiones virtuales en vivo (teleconferencias) (Tabla 33). Utilizando la misma escala de 1 a 5, pero en donde 1 representaba la herramienta preferida por el usuario y 5 la herramienta menos preferida, los estudiantes priorizaron las cinco herramientas digitales. La herramienta que obtuvo la calificación más alta de preferencia fueron los videos (Tabla 34). El 69% de los estudiantes otorgó una calificación igual o superior a 60 a la aseveración “las herramientas en línea son entendibles y amigables” (Tabla 35).

**Tabla 33.** Calificación de la efectividad otorgada por 52 estudiantes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 5 es la herramienta más efectiva, y 1 la menos efectiva).

Herramienta	Escala de calificación				
	5	4	3	2	1
Foro de discusión	16	23	9	2	2
Sesiones virtuales en vivo (teleconferencias)	17	19	13	2	1
Videos (grabaciones)	13	22	6	8	3
Chats	21	12	12	6	1
Exámenes rápidos	21	14	12	5	0

**Tabla 34.** Priorización de la preferencia otorgada por 52 estudiantes a cinco herramientas digitales en una escala de 1 a 5 (en donde 1 es la herramienta preferida y 5 la menos preferida).

Herramienta	Escala de calificación					Vacías
	1	2	3	4	5	
Foro de discusión	5	5	8	22	10	2
Sesiones virtuales en vivo (teleconferencias)	10	13	13	5	11	0
Videos (grabaciones)	24	5	10	3	9	1
Chats	6	18	10	7	9	2

Herramienta	Escala de calificación					
	1	2	3	4	5	Vacías
Exámenes rápidos	7	10	10	13	10	2

**Tabla 35.** Calificación otorgada por 52 estudiantes a dos criterios relacionados con la medición de la efectividad de las herramientas digitales.

Criterio de calificación	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Las herramientas en línea son entendibles y amigables.	6	8	13	7	2	6	2	4	2	0	2

### Implementación de la enseñanza virtual

Con base en la escala 1 a 100 (en donde 100 significa completamente de acuerdo y 0 en completo desacuerdo), se encontró que más del 50% de los participantes otorgó una calificación de 50 o inferior a las aseveraciones “la enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo de conocimiento” (54%) y “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas” (60%) (Tabla 36). La aseveración “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología)” fue calificada con una cifra de 60 o superior por el 58% de los participantes. Similarmente, la aseveración “la enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias socio-culturales (ej. sociología, historia, psicología)” fue calificada por el 64% de los participantes con una cifra igual o superior a 60 (Tabla 36). El 77% de los participantes consideró que “hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia” al otorgarle una calificación igual o superior a 60 a dicha aseveración (Tabla 36). El 54% de los participantes consideró que la enseñanza a distancia todavía no está sólidamente fundamentada al otorgarle una calificación igual o menor a 50 (Tabla 36).

**Tabla 36.** Distribución de la calificación otorgada por 52 alumnos a seis criterios sobre la implementación de la enseñanza virtual.

Criterio de calificación	Escala de calificación										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
La enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo de conocimiento.	4	6	6	7	1	6	5	8	3	0	6
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas.	4	4	6	6	1	5	6	5	3	5	7
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología).	8	7	6	5	4	6	4	3	2	1	6
La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias socio-culturales (ej. sociología, historia, psicología).	11	6	9	6	1	5	3	5	3	1	2
Hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia.	19	6	9	4	2	5	0	3	1	0	3
La enseñanza a distancia está sólidamente fundamentada.	2	5	10	5	2	14	5	4	1	2	2

### **5.1.2 Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática de Organismos Genéticamente Modificados**

Los Organismos Genéticamente Modificados (OGMs) suelen ser un tema de gran controversia y suscitar debates en torno a su aceptación, utilidad y ética bajo cualquier escenario. En México se ha documentado que la población en general no posee suficiente información sobre los OGMs y los consideran una tecnología riesgosa sin ningún otro beneficio (ej. social o para la salud) que no sea el incremento de la productividad agrícola (López Montesinos, Pérez, Fuentes, Luna-Espinoza, & Cuevas, 2016). Curiosamente, también está documentado que en nuestro país existe una menor aceptación de la tecnología transgénica a medida que aumenta el nivel educativo (López Montesinos et al., 2016).

Usak (2009) considera que las sociedades mejor informadas sobre ciencia y tecnología son capaces de tomar mejores decisiones personales y sociales, y que en ese tenor, el conocimiento y las opiniones de los estudiantes de educación media superior en torno a temas de biotecnología se torna relevante debido al impacto que la biotecnología tendrá en sus vidas como futuros adultos. Para Dawson y Schibeci (2003) un individuo científicamente letrado en biotecnología será capaz de comparar los procesos de mejoramiento genético tradicional y manipulación genética de las plantas, discutir las ventajas y desventajas de las modificaciones genéticas de productos alimenticios, describir el impacto futuro de los organismos genéticamente modificados, y analizar la opinión pública sobre el uso y seguridad de los productos transgénicos.

En un estudio de Lachowski et al. (2017) se encontró que la disposición de los adolescentes de educación media superior a utilizar organismos genéticamente modificados como alimento o para la producción de fármacos depende de la actitud emocional y evaluativa hacia los OGMs, y el nivel de conocimiento en torno a la esencia de las modificaciones genéticas. Los autores de dicho estudio concluyeron que existe la necesidad de educar a los adolescentes sobre el tema de OGMs a fin de ayudar a formar actitudes racionales en los jóvenes en torno a los logros de la biotecnología moderna.

A razón de lo anterior, Barış y Kırbaşlar (2015) ubica al docente como un actor clave para ayudar a los estudiantes a adquirir el conocimiento científico requerido para entender la biotecnología transgénica, y sugiere que las lecciones se basen en la enseñanza y comprensión de conceptos como célula, ADN, gen, OGM, identificación de OGMs en su dieta, comparación entre métodos de manipulación genética y métodos convencionales de mejoramiento genético, identificación de las ventajas y desventajas de los OGMs, y la

importancia del uso responsable de la biotecnología. La investigación realizada por este autor reveló que los recursos didácticos sobre este tema suelen contener muy poca información, dejando que los estudiantes aprendan el conocimiento y adquieran una noción a partir de lo que les es accesible en otras fuentes que a menudo sesgan la información dependiendo de las ideas personas o institucionales (ej. medios de comunicación).

Un estudio publicado este año encontró que los estudiantes de educación media superior tienen ideas generales de genética pero demuestran dificultades para sintetizar el contenido hacia un entendimiento más profundo, muchas veces resultando en percepciones o interpretaciones erróneas (Machová & Ehler, 2021). Los autores sugieren que el origen del problema es la desconexión que se da entre conceptos, por ejemplo entre las reglas de la herencia y las funciones el impacto del ADN en diferentes niveles de organización biológica. La comprensión y vinculación entre conceptos podría apoyar que los estudiantes generen, por ejemplo, conclusiones certeras sobre cómo la expresión en los genes podría afectar el crecimiento de los organismos genéticamente modificados, y las ventajas y posibles amenazas de este proceso al ser aplicado en la agricultura (Machová & Ehler, 2021).

Otro factor que incide en el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas de biotecnología e ingeniería genética en general es el interés y la actitud de los estudiantes hacia la temática. En un estudio de Todt y Götz (citado por (Harms, 2002)) se encontró que el interés en la temática de ingeniería genética se desarrolla alrededor de los 16 años y es un interés con poco fundamento científico. Las mujeres de esta edad tienden a estar más interesadas en los aspectos sociales y éticos del tema, mientras que los hombres de la misma edad muestran interés hacia los aspectos económicos y técnicos. El estudio confirmó que los medios de comunicación juegan un papel importante en el desarrollo del interés en la tema, más que la educación científica que reciben los estudiantes en la escuela; conclusión a la que también llegan García (2017) y Duda et al. (2020).

Harms (2002) menciona que: 1) el interés en la ingeniería genética, definido como un tipo de curiosidad y la atracción en general hacia tecnologías nuevas, se desarrolla de forma paralela a otras temáticas de índole social; 2) los estudiantes muestran interés particular en conocer las ventajas y desventajas de la biotecnología, los riesgos y posibles aplicaciones en el campo de la salud y en el mantenimiento de la nutrición mundial, así como cuestionamientos éticos; 3) los adolescentes muestran menos interés en la aplicación de la ingeniería genética para la producción de animales y plantas

En cuanto a las actitudes e intereses negativos hacia la ingeniería genética, Harms (2002) recapitula que no se encontraron correlaciones negativas significativas, pero sí se detecta que los estudiantes sienten más “miedos” que esperanza en torno a la liberación de organismos genéticamente modificados para la protección ambiental, diagnóstico de enfermedades hereditarias, y producción de plantas y animales. Los estudiantes perciben riesgos dados por el posible abuso del conocimiento en materia de ingeniería genética y la posibilidad de que ello se salga de control.

De la Vega y de las Haras (2018) realizaron un estudio de conocimientos y actitudes hacia la biotecnología en alumnos de último curso de educación secundaria obligatoria en Andalucía, encontrando que los adolescentes no poseen los conocimientos necesarios o mínimos para interpretar la información que se vincula con la sociedad actual, de modo que la actitud que toman hacia los procesos biotecnológicos se relacionan con su nivel de conocimiento y sus propias concepciones. Otro hallazgo importante de estos autores fue que los estudiantes suelen desvincular los procesos de biotecnología tradicional (ej. para producir un queso) con el término biotecnología moderna (ej. transgénicos); algunas veces reconociendo mejor el concepto de biotecnología moderna que el de biotecnología tradicional (ej. desconocimiento del proceso para elaborar pan o queso). A esta misma conclusión llegaron Ocelli, Malin, & Valeiras (2011) en un estudio previo realizado en Argentina.

En un estudio realizado por Shaw et al. (2008) para revelar las concepciones erróneas del contenido de genética por parte de estudiantes de educación media superior, se encontró que los estudiantes no comprenden la complejidad de la biotecnología y la ingeniería genética, lo que los lleva a hacer aseveraciones sin entendimiento del tema para factores genéticos múltiples y epigenéticos. Más aún, se refleja la desconexión entre las características observables de un organismo y la función fisiológica de los genes. En un ejemplo citado dentro del estudio, un estudiante menciona lo siguiente como parte de un ensayo: *“Podríamos eliminar todas las muertes prematuras de las personas muriendo alrededor del mundo a causa de sed, si modificáramos genéticamente a las personas para que heredaran algunas características del camello, permitiéndoles estar sin beber agua durante meses”*. A través de esta investigación, los autores concluyeron que hay numerosos estudios sobre las concepciones erróneas alrededor de la genética, pero que existen pocos contenidos curriculares que se han modificado para atender estas preocupaciones,

reiterando la necesidad de adecuar las metodologías empleadas en la enseñanza de contenido y aprendizaje alrededor del tema.

Sin importar las controversias sociales alrededor de los organismos genéticamente modificados, Penn y Ramnarian (2006) recalcan la importancia de que “los investigadores del futuro” estén informados y comprendan los procesos científicos que se relacionan con la elaboración de organismos transgénicos y el entendimiento conceptual de cómo es que los genes se manipulan. A medida que los estudiantes comprendan los conceptos, serán capaces de investigar a fondo las controversias para cuando se incorporen a la educación superior.

### **5.1.3 Contexto nacional de los organismos genéticamente modificados**

En el año 2000 surgió la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) como un órgano del Poder Ejecutivo Federal encargado de establecer las políticas de bioseguridad respecto al uso de los organismos genéticamente modificados (CONACYT, 2019; Ortega-Villegas, Zizumbo-Villarreal, Monterroso-Salvatierra, & Hernández-Lara, 2018). Cinco años después se promulgó la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, la cual tiene por objeto *“regular las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal y acuícola”* (Congreso de la Unión, 2020).

Una vez establecido el marco regulatorio, entre los años 2005 y 2017 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura (ahora SADER, antes SAGARPA) otorgaron alrededor de 595 permisos de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de cultivos transgénicos, entre ellos maíz, algodón, alfalfa y soya (Greenwood-Sanchez & Colín, 2018). De forma paralela a la emisión de estas autorizaciones surgieron grupos de civiles y organizaciones no gubernamentales que se manifestaron en contra del uso y comercialización de cultivos transgénicos en México, particularmente en contra de la siembra y comercialización de maíz transgénico por el riesgo que la tecnología podría representar para la biodiversidad genética del cultivo de maíz. Las acciones emprendidas por los opositores a tecnología transgénica derivaron

en una demanda colectiva en contra de las empresas que solicitaban los permisos, así como en contra de las autoridades que encargadas de regular las actividades y emitir las autorizaciones (SEMARNAT y SAGARPA). Derivado de las demandas, los entes regulatorios cesaron la emisión de permisos para la siembra experimental o piloto de maíz transgénico desde 2013 y hasta la fecha. Finalmente, fue hasta el 31 de diciembre de 2020 que el Estado emitió un decreto para la prohibición gradual de maíz genéticamente modificado, solicitando que las autoridades se abstengan de otorgar autorizaciones para el uso de grano de maíz genéticamente modificado en la alimentación de la población mexicana en una fecha que no podrá ser posterior al 31 de enero de 2024 (Diario Oficial de la Federación, 2020). El fin último del decreto es la conversión de los sistemas agroindustriales hacia sistemas agroecológicos que no requieran el uso de plaguicidas y que promuevan la autosuficiencia alimentaria del país.

México no ocupa una posición de liderazgo en el cultivo de transgénicos, pero sí importa alrededor del 50% de maíz transgénico para consumo humano y/o animal (SEMARNAT, 2021). Y aunque el decreto emitido en 2020 es específico para maíz transgénico, es sabido que el diálogo y la postura del Gobierno Federal vigente es en contra de la tecnología transgénica y a favor de sistemas agroecológicos que rescaten los conocimientos arraigados en las comunidades rurales a través de la educación popular. Ejemplo del diálogo en contra de los cultivos transgénicos se puede encontrar en el curso recientemente ofrecido por la SEMARNAT sobre glifosato y organismos genéticamente modificados (**Figura 14**). Entre los argumentos biológicos en contra de los transgénicos la SEMARNAT cita los siguientes: problemas relacionados con la polinización y la hibridación de plantas silvestres que pudieran destruir la biodiversidad y homogenizarla con OGM; bioinvasión por plagas o enfermedades antes desconocidas; y súper-plagas o súper-insectos. Referente a la salud humana y animal, SEMARNAT utiliza el término “tecnología *terminator*” para explicar que esta tecnología destruye la capacidad reproductiva de las semillas, convirtiéndolas en estériles. Además, hace referencia a evidencias de muerte y desarrollo de enfermedades en población humana y mamíferos a razón de la manipulación genética. Finalmente, el discurso que quizá recibe el mayor peso es el relacionado con el impacto socio-cultural-económico de la tecnología transgénica, argumentando que en los países de tercer mundo esta tecnología destruye la seguridad alimentaria y genera dependencia al campesino de las compañías que comercializan la semilla genéticamente modificada, lo que deriva en una mayor pobreza y desigualdad. Asimismo, se argumenta que la tecnología

tiene la capacidad de contaminar plantas nativas por polinización y debilitar la resistencia de las plantas (SEMARNAT, 2021).

En claro contraste con la postura gubernamental que ha regido los cultivos transgénicos durante prácticamente la última década, existe un grupo de científicos mexicanos a favor de esta tecnología (Corona, 2021). La primera planta transgénica en el mundo fue de hecho desarrollada y reportada por el científico mexicano Herrera-Estrella y su grupo de trabajo en 1983 (Grunewald, Bury, & Inzé, 2013; Herrera-Estrella, Depicker, Van Montagu, & Schell, 1983). Desde entonces, Herrera-Estrella ha generado investigación a favor de la tecnología transgénica en nuestro país; recientemente desplazando su investigación fuera de México toda vez que considera que el tema ha sido politizado, dificultando en gran medida el proceso de investigación (Herrera-Estrella, 2020; Torres, 2019). Los científicos a favor de los transgénicos consideran que México podría beneficiarse del uso responsable de la biotecnología y defienden la existencia de evidencia científica que respalda la ausencia de daños a la salud. Entre los beneficios ambientales de los transgénicos se cita la reducción significativa de insecticidas químicos sintéticos (y la consecuente reducción de la exposición a los insecticidas por parte de los agricultores), y reducción de gases de efecto invernadero. En términos económicos, se refiere al incremento de la productividad de los cultivos, la producción de transgénicos en 28 países y su consumo por cientos de millones de humanos y miles de millones de animales. Finalmente, se argumenta que sin los organismos genéticamente modificados hoy no existirían alrededor de 100 medicamentos y vacunas transgénicas (Bolívar, 2017).

En México el diálogo sobre organismos genéticamente modificados suele quedar circunscrito a los cultivos transgénicos, adoptando posturas a favor o en contra. No obstante, es importante hacer énfasis en que la tecnología también persigue fines médicos para mejorar la salud de la población humana. A propósito del tema, cabe mencionar que la biotecnología e ingeniería genética han permitido el desarrollo de las vacunas contra el virus causante de la COVID-19 (Lynas, 2020). Específicamente, algunas de estas vacunas, como la desarrollada por la Universidad de Oxford y AstraZeneca, o la que está desarrollando el laboratorio mexicano Avi-Mex, utilizan un vector viral no patógeno y lo manipulan genéticamente para introducir en su material genético una secuencia genética del organismo patógeno (SARS-CoV-2) a fin de que logre desencadenar la respuesta inmune en el organismo receptor de la vacuna (Avimex, 2021; University of Oxford, 2020).

#### **5.1.4 Población objetivo**

##### **Región o área geográfica de los estudiantes**

La población objetivo se ubica en México, específicamente en el Estado de México. Toda la población objetivo se rige bajo el mismo horario por lo que no se requirió de consideraciones geográficas para la incorporación de elementos sincrónicos (de haberlos).

##### **Tipo de institución educativa**

La población objetivo pertenece a una institución de privada adscrita a la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México bajo el subsistema de Bachillerato general y plan de estudios MEPEO (Modelo educativo para la educación obligatoria) (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2018).

##### **Conocimientos previos y experiencia sobre el tema**

La población objetivo cursa la asignatura Biología I como parte de la tira de asignaturas del tercer semestre del bachillerato (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2018). Previo a la enseñanza de la temática de Organismos Genéticamente Modificados, los estudiantes han adquirido conocimientos sobre la estructura del ADN y ARN (replicación, transcripción, traducción y código genético). Además, idealmente los estudiantes han adquirido habilidades para: reconocer la molécula del ADN como la portadora de los caracteres hereditarios; representar la molécula del ADN y la del ARN estableciendo similitudes y diferencias entre ellas; e identificar los fundamentos básicos de las técnicas del ADN recombinante y sus aplicaciones en diversos campos.

##### **Habilidades informáticas de los estudiantes**

La población objetivo está familiarizada con el manejo de usos de cómputo y el aprendizaje a distancia (síncrono y asíncrono), habiendo tomado la totalidad de sus cursos de forma remota durante el año anterior al desarrollo de la herramienta digital.

##### **Duración de las clases**

Las clases de Biología I tienen una duración de 50 minutos. La asignatura se imparte de lunes a viernes para sumar un total de 4.1 horas a la semana.

## Ubicación de los estudiantes

Bajo condiciones de normalidad, los estudiantes cursan la totalidad de sus clases de forma presencial. A la fecha de este estudio, los estudiantes cursaban las asignaturas en modalidad híbrida.

## Capacidades tecnológicas

Durante la implementación y evaluación de la herramienta la población objetivo estuvo conectada desde casa. La totalidad de la población objetivo contaba con conexión a internet. Se requirió que la población objetivo tuviera equipo de cómputo (portátil o de escritorio).

### 5.1.5 Análisis del tema y objetivo de aprendizaje

Tema	Organismos Genéticamente Modificados
Asignatura	Biología I
Bloque	IV Genética molecular y biotecnología
Horas asignadas al bloque	16 horas
Semestre en el que se cursa	Tercero
Objetivo de aprendizaje del bloque	Ilustra la estructura y función de los ácidos nucleicos, asumiendo una postura crítica acerca del uso de la biotecnología, considerando el impacto en el ser humano y en la biodiversidad. <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.</li><li>• Reconocer los cultivos transgénicos más comunes.</li><li>• Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.</li><li>• Recordar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología.</li></ul>
Objetivos de aprendizaje del tema	

Identificación de los rubros primarios del tema	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de los OGMs</li> <li>Usos y beneficios de los OGMs</li> <li>Riesgos de los OGMs</li> <li>Definición de los OGMs <ul style="list-style-type: none"> <li>Concepto de OGM</li> <li>Métodos de manipulación genética</li> <li>Historia de los OGMs</li> </ul> </li> <li>Usos y beneficios de los OGMs <ul style="list-style-type: none"> <li>Bacterias genéticamente modificadas</li> <li>Plantas genéticamente modificadas</li> <li>Animales genéticamente modificados</li> <li>Humanos genéticamente modificados</li> </ul> </li> <li>Riesgos de los OGMs <ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgos a la salud humana</li> <li>Riesgos a la salud animal</li> <li>Riesgos al medio ambiente</li> </ul> </li> <li>Mitos sobre los OGMs</li> </ul>
Subtemas	

**Clasificación de la temática de acuerdo al tipo de contenido:**

Contenidos fácticos:	Historia de los OGMs
Contenidos procedimentales:	Métodos de manipulación genética
Contenidos conceptuales.	Concepto de OGM
Principios:	Riesgos de los OGMs
Habilidades interpersonales:	Identificar las aplicaciones de los OGM
Habilidades actitudinales:	Reflexionar de manera consciente; favorecer el pensamiento crítico; expresar ideas con fundamento

## 5.2 Diseño

### 5.2.1 Características generales de la página web

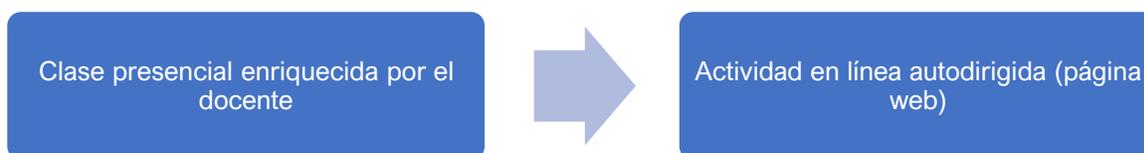
#### Abordaje de enseñanza

La herramienta se diseñó para operar en modalidad de autoaprendizaje o híbrida.

**Autoaprendizaje:** Los estudiantes guiarán su propio aprendizaje con base en el contenido cargado en la página web. Los estudiantes podrán revisar el contenido a su propio ritmo y definir la mejor ruta de aprendizaje (la página web presenta la información en una secuencia lógica pero da la libertad al estudiante de explorar los contenidos en el orden que el estudiante determine).

**Modalidad híbrida:** La página web puede ser asignada como una tarea o actividad autoguiada dentro de un curso híbrido. El docente puede revisar los resultados cuando el estudiante finalice las actividades contenidas en la página web. Bajo la modalidad híbrida se puede desarrollar alguno de los siguientes escenarios:

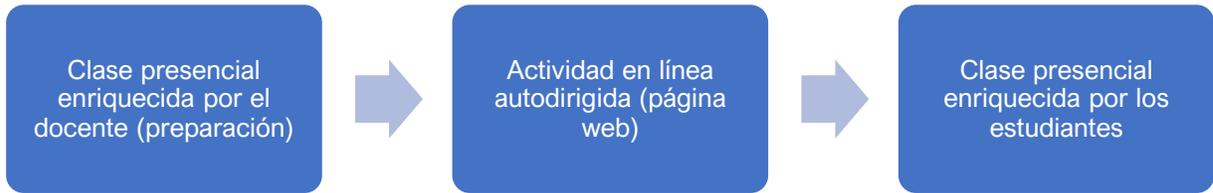
1) Se programa una clase presencial previa a la asignación de la actividad en línea, en donde el docente fomente el interés en el tema para que el alumno se sienta motivado a explorarlo. El componente introductorio es la clase presencial y el componente de desarrollo es la página web.



2) Se programa una clase presencial posterior a la asignación y conclusión de la actividad en línea por parte de los estudiantes, en donde el docente genere temas de discusión avanzada que requiera que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos adquiridos. El componente introductorio y de desarrollo es la página web, y el componente de cierre es la clase presencial.



3) Se programa una clase presencial previa y una clase presencial posterior a la asignación de la actividad en línea autodirigida. El componente introductorio es una primera clase presencial, el componente de desarrollo es la página web, y el componente de cierre es la clase presencial.



<b>Componentes del aprendizaje</b>	<p><b>Recursos simples de aprendizaje</b></p> <p>La página web presenta recursos no interactivos (ej. textos explicativos) que requieren ser leídos o vistos por el estudiante sin que realice ninguna otra acción.</p> <p><b>Recursos interactivos</b></p> <p>La página web presenta recursos interactivos secuenciales que incluyen textos, gráficos y videos en forma de preguntas y retroalimentaciones.</p>
<b>Temporalidad del aprendizaje</b>	<p><b>Asíncrona:</b></p> <p>La página web presenta eventos independientes del tiempo. El aprendizaje puede ocurrir en cualquier momento siempre que exista conexión a Internet.</p>
<b>Granularidad</b>	<p>No hay tiempos o duraciones límite programadas en la página web para la resolución de las actividades. El contenido de la página web está diseñado para que el estudiante tarde mínimo 30 minutos y máximo 60 minutos en revisarlo y en responder la evaluación.</p> <p>El contenido de la página web está segmentado para que el estudiante asimile el nuevo contenido y programe su ruta de aprendizaje.</p>

Secciones de la página web:

- **Introducción / Inicio:** Enlista el objetivo de aprendizaje y sugiere la ruta de aprendizaje a seguir.
- **Información:** Presenta el contenido de la temática objeto de la página web en tres secciones secuenciales: 1) ¿Qué es un OGM?, 2) Uso de los OGMs, 3) Inocuidad y riesgos.
- **Evaluación:** Cuestionario de 10 preguntas.
- **Fuentes:** Presenta fuentes de información complementaria y da crédito a las fuentes de información que sirvieron para la elaboración de la página web.

La página web cuenta con 21 interacciones basadas en los siguientes elementos:

#### **Interactividad**

- Presentaciones activadas por el usuario
- Preguntas de opción múltiple
- Preguntas para rellenar espacios
- Preguntas verdadero / falso
- Despliegue de información al dar clic en íconos u objetos

#### **Personalización**

La página web está diseñada para seguir el aprendizaje y desempeño del estudiante. Su diseño permite conocer el número de interacciones completadas y el desempeño (resultado) de cada interacción.

### **5.2.2 Objetivos de aprendizaje**

- Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.
- Reconocer los cultivos transgénicos más comunes.
- Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.
- Recordar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología.

### 5.2.3 Aprendizaje esperado

- Evalúa la aplicación de técnicas de manipulación de ADN en diversos campos, favoreciendo el pensamiento crítico y reflexivo sobre las posibles implicaciones en su entorno.

### 5.2.4 Congruencia entre los elementos de aprendizaje

En conformidad con la metodología ADDIE, se estableció la relación entre los objetivos de aprendizaje, el aprendizaje esperado, las habilidades de aprendizaje y las actividades de aprendizaje considerando los seis dominios cognitivos ([Tabla 37](#)), desde el dominio de menor desempeño (recordar) hasta el dominio de mayor desempeño (crear) (FAO, 2011). Por ejemplo, para los objetivos de aprendizaje “*Comprender qué son los organismos genéticamente modificados*” y “*Reconocer lo cultivos transgénicos más comunes*” que se basan en la acción de recordar, la herramienta incorpora una evaluación final en donde el estudiante habrá de recordar esta información, aludiendo al primer nivel cognitivo (recordar). Para los objetivos de aprendizaje “*Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica*” y “*Analizar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología*” que se basan en la acción de analizar, la página web incorpora actividades de aprendizaje en donde el alumno va revelando las aplicaciones prácticas de los OGMs e identifica mitos y verdades sobre la tecnología, aludiendo al cuarto (analizar) y quinto nivel cognitivo (evaluar).

**Tabla 37.** Relacionamiento entre los objetivos de aprendizaje, aprendizaje esperado, actividades e instrumentos de evaluación conforme a los seis dominios cognitivos.

		Recordar	Entender	Aplicar	Analizar	Evaluar	Crear
Objetivo de aprendizaje	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.	X					
	Reconocer lo cultivos transgénicos más comunes	X					

		Recordar	Entender	Aplicar	Analizar	Evaluar	Crear
<b>Aprendizaje esperado</b>	Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.				X		
	Analizar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología.				X		
	Explica la aplicación de técnicas de manipulación de ADN en diversos campos, favoreciendo el pensamiento crítico y reflexivo sobre las posibles implicaciones en su entorno.					X	
<b>Habilidad de aprendizaje</b>	Identifica los fundamentos básicos de las técnicas del ADN recombinante y sus aplicaciones en diversos campos.					X	
<b>Actividades de aprendizaje</b>	Después de leer la definición de OGM, el estudiante analiza los datos que se le presentan para reconstruir la historia de los OGMs.				X		
	Después de leer sobre algunos usos de los OGMs, el estudiante analiza las palabras que se le presentan para develar aplicaciones prácticas de los OGMs.				X		
	Después de leer sobre los riesgos de los OGMs, el estudiante identifica si un enunciado es mito o verdad con base a sus conocimientos previos y criterios propios.					X	

		<b>Recordar</b>	<b>Entender</b>	<b>Aplicar</b>	<b>Analizar</b>	<b>Evaluar</b>	<b>Crear</b>
Evaluación	Después de revisar el contenido de la página, el alumno resuelve la evaluación sumativa a través de una serie de preguntas y respuestas que remiten a conceptos y datos contenidos en la página web.	X					

### 5.2.5 Secuencia del contenido

La secuencia del contenido siguió una ruta incremental, en donde la primera información que se presenta es conceptual, para después presentar información práctica y reflexiva (**Tabla 38**).

**Tabla 38.** Secuencia del contenido.

Perspectiva global	Temas específicos	
Sección 1	Sección 2	Sección 3
Concepto, métodos de manipulación genética, historia	Usos y aplicaciones	Riesgos y beneficios

### 5.2.6 Estructura de la página web

La **Tabla 39** presenta la estructura de la página web, la cual se determinó considerando la secuencia del contenido.

**Tabla 39.** Estructura del contenido de la página web.

Título de la sección	Descripción
<b>Página inicial</b> (Organismos Genéticamente Modificados)	La sección presenta el objetivo de aprendizaje y sugiere una ruta de navegación para el usuario.

Título de la sección	Descripción
<p><b>Definición de OGM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué es un OGM?</li> <li>• Breve historia de los OGMs</li> </ul>	<p>La sección presenta el concepto básico de OGM, describe cómo se manipula el material genético y recapitula eventos clave en la historia de los OGMs.</p>
<p><b>Usos de los OGMs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manzanas verdes</li> <li>• Vitamina vital</li> <li>• Papas saludables</li> <li>• Súper maíz</li> <li>• Tierra salina</li> <li>• Papa arcoíris</li> <li>• Algodón resistente</li> </ul>	<p>La sección presenta información sobre el uso de los OGMs e invita al usuario a inferir parte de la información mediante la asociación de palabras.</p>
<p><b>Inocuidad y riesgos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitos 1 a 12</li> </ul>	<p>La sección presenta repuestas a preguntas comunes alrededor de la seguridad e inocuidad de los OGMs.</p>
<p><b>Evaluación</b></p>	<p>La sección presenta un cuestionario de diez reactivos que busca verificar que el usuario revisó el contenido de las secciones anteriores.</p>
<p><b>Fuentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Créditos</li> </ul>	<p>La sección presenta enlaces a páginas web, videos y otros recursos en línea con información complementaria sobre el tema. Dentro de esta sección también se presentan las fuentes que sirvieron para alimentar la herramienta digital.</p>

### 5.2.7 Planeación de la página web

En la [Tabla 40](#) se presenta el resultado de la planeación de la página web a manera de ficha técnica de la herramienta digital.

**Tabla 40.** Planeación de una página web para la enseñanza de la temática “Organismos Genéticamente Modificados”

**Tema. Organismos genéticamente modificados**

**Objetivos de aprendizaje:**

- Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.
- Reconocer los cultivos transgénicos más comunes.
- Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.
- Recordar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología.

**Herramienta de aprendizaje:**

Página web

**Aprendizajes esperados:**

Al terminar la interacción con la página web, el estudiante debe ser capaz de explicar la aplicación de técnicas de manipulación de ADN en diversos campos, favoreciendo el pensamiento crítico y reflexivo sobre las posibles implicaciones en el entorno.

**Población objetivo:**

La herramienta puede ser utilizada por cualquier audiencia, pero tiene como población objetivo a estudiantes de bachillerato que cursan la asignatura Biología I en modalidad virtual o híbrida, y que cuentan con conexión a Internet.

**Estilo de aprendizaje:**

La página web introduce los conceptos básicos sobre los organismos genéticamente modificados y privilegia el método expositivo (corriente conductista, modelo tecnocentrismo).

**Modalidad de aprendizaje:**

- Modalidad virtual
- Modalidad híbrida

**Recursos**

- Alojamiento de dominio y página: Wix.com
- Banco de imágenes: 123rf.com
- Desarrollo de contenido interactivo: H5P.com

**Fuentes de información:** *Se enlistan en el apartado “8. Bibliografía complementaria”.*

### 5.2.8 Estrategia instruccional y estrategia de entrega

La página web incorporó métodos expositivos en primer plano, aunque también integró métodos aplicativos y métodos colaborativos (Tabla 41). Los elementos instruccionales son descritos a detalle en el apartado 5.3.2 (Desarrollo del diálogo e interfaz). La estrategia de entrega se describe en la Tabla 42.

Tabla 41. Métodos instruccionales a emplear en la página web.

Métodos expositivos	Métodos aplicativos	Métodos colaborativos
Presentaciones	Ejercicios interactivos (pregunta-respuesta)	Discusión en línea guiada (foro en línea)

Tabla 42. Estrategia de entrega de la página web.

Formato	Velocidad de conexión de internet requerida para el despliegue de la página web
Texto, presentaciones, imágenes, foro de discusión en página web	De 56 Kbps a 128 Kbps
Videos y animaciones en página web	De 256 Kbps a 1 Mbps
Navegadores compatibles	Internet Explorer, Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox

### 5.2.9 Estrategia de evaluación

Conforme a lo señalado en la metodología, en la fase de diseño de la herramienta se determinó la aplicación de tres estrategias de evaluación (Tabla 43). La primera de ellas encaminada a medir la reacción de los usuarios de la herramienta, en tanto que las dos siguientes se utilizaron para autoevaluar la calidad de la herramienta. Los resultados de la evaluación se presentan más adelante como parte de la etapa de Evaluación (apartado 5.5).

**Tabla 43.** Estrategias para evaluar la página web.

Objetivo de la evaluación	Tipo de evaluación	Herramienta
Medir la reacción positiva o negativa de los usuarios	Cualitativa y Cuantitativa	Cuestionario en línea (elaboración propia)
Medir la calidad de la herramienta	Cualitativa	Lista de cotejo (FAO, 2021)
	Cualitativa y Cuantitativa	Rúbrica y escala de cumplimiento (Bañuelos, 2019; Online Learning Consortium, 2021)

Como se determinó en la metodología, el objetivo de la estrategia de evaluación no consideró evaluar la efectividad del curso medida como el aprendizaje logrado por los estudiantes, estando centrada en únicamente evaluar la calidad del curso. No obstante, en el contenido del curso se integró un cuestionario de 10 preguntas con un valor total de 23 puntos para que en una investigación posterior se pueda medir la efectividad del curso aquí diseñado desde el primer nivel cognitivo (recordar). Las 10 preguntas que conformaron el cuestionario y su relación con los objetivos de aprendizaje se detallan en la **Tabla 44**.

**Tabla 44.** Cuestionario integrado en la sección “Evaluación” de la página web.

No.	Pregunta	Tipo de pregunta	Opciones de respuesta (Respuesta esperada)	Puntos posibles	Objetivo de aprendizaje asociado
1	¿Qué significa la abreviatura OGM?	Opción múltiple	<p>a) Organismo genéticamente modificado</p> <p>b) Organismo genéticamente manipulado</p> <p>c) Organismo gradualmente manipulado</p>	1	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.

No.	Pregunta	Tipo de pregunta	Opciones de respuesta ( <b>Respuesta esperada</b> )	Puntos posibles	Objetivo de aprendizaje asociado
2	Las papayas transgénicas que resisten a enfermedades virales llevan más de diez años comercializándose con una historia de consumo humano seguro.	Verdadero / Falso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verdadero</b></li> <li>• Falso</li> </ul>	1	Recordar la evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs para formar un criterio propio sobre la biotecnología.
3	Los primeros animales transgénicos que se desarrollaron fueron los salmones que crecen a tasas más rápidas de lo usual.	Verdadero / Falso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdadero</li> <li>• <b>Falso</b></li> </ul>	1	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados..
4	Las bacterias son los organismos transgénicos más comunes en la investigación debido a la simplicidad de su estructura.	Verdadero / Falso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verdadero</b></li> <li>• Falso</li> </ul>	1	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.

No.	Pregunta	Tipo de pregunta	Opciones de respuesta ( <b>Respuesta esperada</b> )	Puntos posibles	Objetivo de aprendizaje asociado
5	En México sólo el cultivo de _____ algodón transgénico está autorizado para siembra con fines comerciales.	Completar el enunciado	<b>Algodón</b>	1	Reconocer lo cultivos transgénicos más comunes.
6	Del siguiente listado, selecciona los productos alimenticios transgénicos que están autorizados para uso y consumo humano y/o animal.	Selección de opciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alfalfa</b></li> <li>• Avena</li> <li>• Mango</li> <li>• <b>Manzana</b></li> <li>• <b>Canola</b></li> <li>• <b>Maíz</b></li> <li>• Plátano</li> <li>• <b>Algodón</b></li> <li>• Trigo</li> <li>• <b>Papaya</b></li> <li>• <b>Piña</b></li> <li>• Pepino</li> <li>• <b>Papa</b></li> <li>• <b>Salmón</b></li> <li>• Fresa</li> <li>• <b>Soya</b></li> <li>• Cerdo</li> <li>• <b>Berenjena</b></li> <li>• Pollo</li> <li>• <b>Betabel</b></li> <li>• Cereza</li> <li>• <b>Calabaza</b></li> </ul>	13	Reconocer lo cultivos transgénicos más comunes.

No.	Pregunta	Tipo de pregunta	Opciones de respuesta ( <b>Respuesta esperada</b> )	Puntos posibles	Objetivo de aprendizaje asociado
7	El principal uso de los OGMs es el servir como fuente de alimento para el ganado.	Verdadero / Falso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verdadero</b></li> <li>• Falso</li> </ul>	1	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.
8	¿Cuál es la disciplina que ha permitido el desarrollo de organismos transgénicos?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) <b>Ingeniería genética</b></li> <li>b) Biología molecular</li> <li>c) Ingeniería transgénica</li> </ul>	1	Comprender qué son los organismos genéticamente modificados.
9	Algunos países como Australia y Japón han impuesto restricciones para el cultivo de OGMs.	Verdadero / Falso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verdadero</b></li> <li>• Falso</li> </ul>	1	Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.
10	Selecciona 2 riesgos potenciales asociados a los OGMs.	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) <b>Daño al medio ambiente y vida silvestre</b></li> <li>b) Humanos transgénicos</li> <li>c) <b>Malezas súper resistentes a herbicidas</b></li> </ul>	2	Discutir los riesgos y beneficios potenciales de la tecnología transgénica.

## 5.3 Desarrollo

### 5.3.1 Bases del contenido y lenguaje

Resultado de la búsqueda bibliográfica ([ver apartado “8. Bibliografía complementaria”](#)) y selección de contenido relevante, se redactó el contenido de la página web acorde a cada sección previamente establecida ([Tabla 45](#)).

**Tabla 45.** Clasificación y lenguaje del contenido base para la interfaz.

Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
Sección: ¿Qué es un OGM?	
Requerido / Esencial	Los organismos genéticamente modificados son plantas, animales, bacterias o virus a los que se les ha modificado parte de su material genético (ADN o ARN) con ayuda de la ciencia. En general, los científicos modifican el material genético ya sea: 1) tomando parte del genoma de un organismo e introduciéndolo al genoma de un organismo de otra especie; 2) reemplazando directamente una serie de genes; 3) eliminando genes de una secuencia genómica; o 4) induciendo mutaciones en genes existentes.
Deseado / Bueno de saber	Por ejemplo, los científicos han tomado el material genético de una medusa bioluminiscente para insertarla en un cerdo. ¿El resultado? ¡Un cerdo que brilla en la noche!
Requerido / Esencial	Aunque la ciencia permite modificar muchos organismos, en realidad esta tecnología se utiliza principalmente para modificar productos alimenticios, como frutas y vegetales.
Requerido / Esencial	El crecimiento y apariencia de las frutas y vegetales puede verse afectado por las condiciones ambientales. Los científicos han insertado a frutas y vegetales material genético proveniente de otras especies que les permite tener una mejor tasa de supervivencia y/o apariencia.
Deseado / Bueno de saber	Por ejemplo, la ciencia ha creado cultivos genéticamente modificados que poseen rasgos que les permiten subsistir bajo condiciones de sequía. ¿Te imaginas un cultivo de maíz resistiendo una sequía extrema?
Requerido / Esencial	La ingeniería genética es la ciencia que ha permitido explorar el genoma de un organismo y explora las posibilidades de modificarlo para que posea

Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
	rasgos favorables o ventajosos. Los organismos que resultan de la ingeniería genética son denominados organismos genéticamente modificados.
Requerido / Esencial	El primer organismo genéticamente modificado se creó en 1973 y se trató de una bacteria que poseía resistencia al antibiótico kanamicina. Poco después, en 1974 se crearía el primer animal genéticamente modificado (un ratón), y en 1983 la primera planta transgénica.
Requerido / Esencial	Como ya te has dado cuenta, los OGMs han existido desde hace un buen tiempo. En 1994 se inició la comercialización de los primeros alimentos genéticamente modificados, y en 2003 la comercialización de los primeros animales genéticamente modificados.
Deseado / Bueno de saber	El primer animal OGM puesto a disposición del público con fines de comercialización fue un pez cebra fluorescente con nombre comercial GloFish. El invento se etiquetó como uno de los más relevantes por la afamada revista americana Time.
Deseado / Bueno de saber	El pez cebra GloFish tenía una modificación en el genoma para que brillara intensamente bajo la luz ultravioleta y para que emitiera fluorescencia bajo la luz natural.
Deseado / Bueno de saber	El objetivo principal de hacer un pez cebra bioluminiscente fue utilizarlos como biomarcadores de la contaminación. La hipótesis era que los genes de fluorescencia insertados en un pez cebra se activarían en ambientes contaminados, y permanecerían sin activarse en ambientes donde no existieran agentes de contaminación. De esta manera los científicos sabrían que si en un cuerpo de agua encontraban peces cebra que brillaban, entonces en ese cuerpo habría presencia de agentes contaminantes (ej. pesticidas, fármacos, agentes tóxicos, etcétera).
Deseado / Bueno de saber	Tal vez estés pensando “Ok, entiendo lo de los peces, pero ¿y cuál fue el objetivo de crear un cerdo que brilla?”. Bien, el insertar genes de bioluminiscencia a animales como cerdos, ratones o conejos ha tenido como propósito la investigación científica, particularmente dirigida al desarrollo de medicamentos más eficaces y seguros para el ser humano. Los animales transgénicos se utilizan como “modelos” para estudiar la función de genes específicos.

Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
Requerido / Esencial	A través de este tipo de experimentos los científicos estudian las posibilidades de introducir transgenes en animales y eventualmente valorar el potencial de los animales transgénicos como una fuente de células, tejidos y órganos para receptores humanos.
Sección: Usos de los OGMs	
Requerido / Esencial	Las bacterias son los transgénicos más comunes debido a que su estructura permite que sean manipulados genéticamente con relativa facilidad. Las cianobacterias, organismos procariotas con capacidad fotosintética, se han modificado genéticamente para producir y secretar una celulosa no cristalina que posteriormente puede ser convertida en un biocombustible.
Deseado / Bueno de saber	Pese a que los niveles de producción de celulosa en la cianobacterias son bajos para soportar aplicaciones bioenergéticas, este tipo de aplicaciones prometen tener un impacto industrial significativo.
Deseado / Bueno de saber	En el año 2018 un grupo de investigadores dio a conocer que había creado una cianobacteria capaz de producir oxígeno durante el día y fijar nitrógeno atmosférico durante la noche. Hoy día no se tiene conocimiento de plantas que sean capaces de fijar nitrógeno atmosférico, pero el hecho de que las cianobacterias puedan hacerlo abre una ventana de posibilidades para investigar cómo aplicar este mismo funcionamiento en las plantas a fin de reducir la cantidad de fertilizantes que se requieren para mantener un cultivo, a la par de aumentar el rendimiento y producción.
Deseado / Bueno de saber	Quizá piensas que las bacterias transgénicas se relacionan poco con tu día y día, y posiblemente tengas razón. Mejor hablemos de las plantas transgénicas.
Requerido / Esencial	Es altamente probable que consumas alimentos transgénicos o productos alimenticios que utilizan ingredientes que vienen de cultivos transgénicos. Muchos de estos cultivos se utilizan en Estados Unidos para producir jarabe de maíz, aceite de maíz, soya o canola, o azúcar granulada, por mencionar algunos ejemplos. También se ha vuelto común la comercialización de frutas y vegetales transgénicos como papas, manzanas y papayas Y aunque muchos cultivos transgénicos forman parte de los alimentos que

Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
	consumimos, la realidad es que la mayoría de los cultivos transgénicos se utilizan para alimentar al ganado.
Requerido / Esencial	De acuerdo al Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, los alimentos transgénicos comercialmente disponibles en distintos países del mundo incluyen a los siguientes: alfalfa, manzana, canola, maíz, algodón, papaya, piña, papa, salmón, soya, berenjena, betabel y calabaza..
Requerido / Esencial	A nivel mundial, Estados Unidos y Canadá son los líderes en la producción de transgénicos. En el caso de México, nuestro país importa productos alimenticios terminados que utilizan ingredientes transgénicos, así como granos transgénicos para alimentar al ganado. En cuanto a la producción, México es uno de los 12 países que cultivan algodón transgénico con fines comerciales. Las agencias regulatorias de México también han autorizado la siembra comercial de alfalfa y soya transgénica, aunque a la fecha no se tienen registros de su producción.
Deseado / Bueno de saber	Como seguramente lo notaste, en el listado de alimentos transgénicos producidos a nivel mundial solamente aparece un animal: el salmón. El salmón genéticamente modificado se cultiva en Estados Unidos y Canadá bajo el nombre comercial AquAdvantageTM. Este salmón fue modificado genéticamente para tener una tasa de crecimiento más rápida y con ello satisfacer las necesidades de la industria. Para lograrlo, los científicos hicieron un “constructo” de material genético que combina el gen de la hormona de crecimiento del salmón y genes del pez anguila bentónico ( <i>Zoarces americanus</i> ). Gracias a esta tecnología el salmón logra tener un crecimiento consistente y acelerado durante todo el año.
Deseado / Bueno de saber	En el 2018 un científico chino dio a conocer que había intervenido el embrión de unas gemelas con el fin de lograr que fueran inmunes al virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH), creando así los primeros bebés genéticamente modificados. Lo que sucederá con estas gemelas al paso del tiempo es incierto, pero has de saber que el científico se encuentra en un proceso penal por violar las regulaciones y acuerdos nacionales e internacionales que delimitan el alcance de las investigaciones científicas en humanos.

Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
Deseado / Bueno de saber	<p>Ejemplos:</p> <p>La oxidación de las manzanas se da de forma casi inmediata una vez que al ser partidas, mordidas o dañadas entran en contacto con el aire. La apariencia oxidada (color café) de las manzanas resulta en que el 40% de ellas sean desechadas y desperdiciadas porque los consumidores las encuentran poco apetecibles. Las manzanas transgénicas (Artic®) no se oxidan (no se ponen color café) y tienen un periodo de vida más largo después de ser cosechadas. La tecnología evita el desperdicio de la fruta.</p> <p>La vitamina A es esencial durante la infancia. La ausencia de esta vitamina puede derivar en ceguera, anemia y el debilitamiento del sistema inmune. Más de 1 millón de niños mueren cada año a causa de la deficiencia de vitamina A. En África, la tasa de niños con estado de malnutrición es alta. El arroz dorado fue diseñado para contener beta-carotenos, un precursor que ayuda a la producción de vitamina A. En julio de 2021 Filipinas autorizó el cultivo comercial del arroz dorado, declarándolo tan seguro como el arroz ordinario.</p> <p>El calentamiento global ha causado el incremento en el nivel del mar. En consecuencia, algunas áreas de Asia han reportado un incremento en la salinidad de la tierra debido a las inundaciones oceánicas y a la infiltración salina hacia el subsuelo. El cultivo de arroz es intolerante a suelos salinos. El Instituto Internacional de Investigación del Arroz ha modificado la genética del arroz para que pueda crecer en suelos salinos. La tecnología ha incrementado la producción de los agricultores de las áreas afectadas por el incremento en el nivel del mar.</p> <p>Las papas pueden ser dañadas por el impacto y la presión durante la cosecha y su almacenamiento. Este daño se refleja como manchas negras en la papa que disuaden al consumidor de comprarlas. Las papas con manchas negras suelen desperdiciarse. Las papas Innate® son más resistentes al daño por el impacto y la presión de la cosecha y su almacenamiento. Además, las papas reducen la producción del aminoácido asparagina, un precursor de la</p>

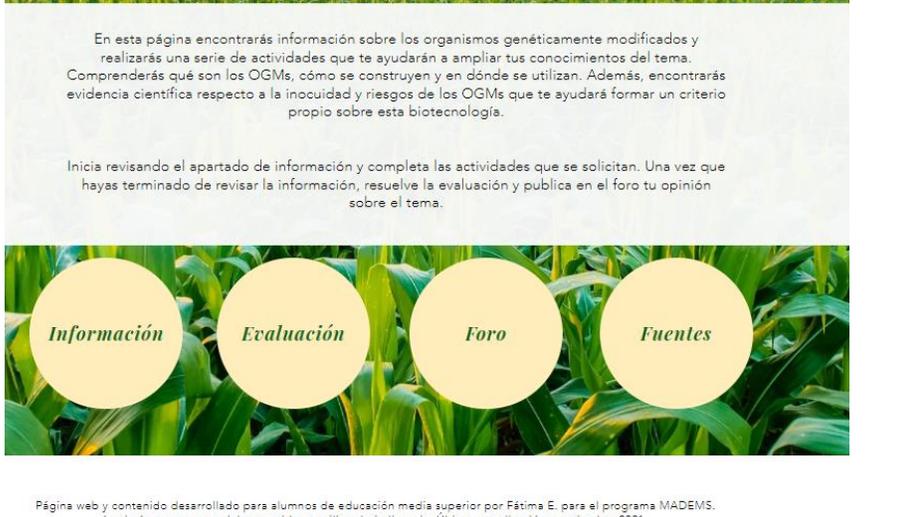
Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
	<p>acrilamida, la cual se sospecha es un carcinógeno que se activa al cocinar las papas. Las papas reducen el riesgo de cáncer (¡y no tienen manchas!).</p> <p>El insecto ‘barrenador del maíz’ deposita sus huevos sobre las plantas de maíz. Las larvas que salen de estos huevos se comen la planta y causan pérdidas millonarias. El maíz Bt se modificó genéticamente para producir proteínas tóxicas para los insectos. Además de proteger a la planta del ataque del gusano barrenador, esta tecnología deriva en un menor uso de insecticidas lo que representa beneficios a la salud y beneficios ambientales.</p> <p>Las papayas son susceptibles al virus de la mancha anular que deforma a las plantas jóvenes y evita que produzcan frutos. El virus se transmite por insectos. La papaya arcoíris es resistente al virus de la mancha anular. Las frutas tienen el mismo aporte nutricional que una papaya ordinaria y han sido consumidas por más de una década sin que se reporten daños a la salud humana.</p> <p>Las malezas en los cultivos de algodón y soya compiten por agua, nutrientes y luz solar que las plantas de algodón y soya requieren para crecer. Debido a que estos cultivos (soya y algodón) tienen hojas amplias (al igual que las malezas), los agricultores no pueden aplicar herbicidas durante la fase de crecimiento. La soya el algodón RoundUp se comercializaron por primera vez a mediados de los años 1990. Las variedades transgénicas pueden ser rociadas con glifosato sin dañarse porque fueron modificadas para poseer genes de resistencia a este insecticida. La aplicación el herbicida resulta en la muerte de las malezas, pero no de las plantas de algodón y soya.</p>
Sección: Ventajas, desventajas y riesgos de los OGMs	
Requerido / Esencial	Desde la aparición de la tecnología transgénica se han suscitado múltiples preocupaciones en torno a los alimentos y animales genéticamente modificados. Entre las preocupaciones más usuales se encuentran: el riesgo para la salud humana, el daño al medio ambiente y vida silvestre, el incremento de pesticidas y herbicidas como consecuencia de un cultivo

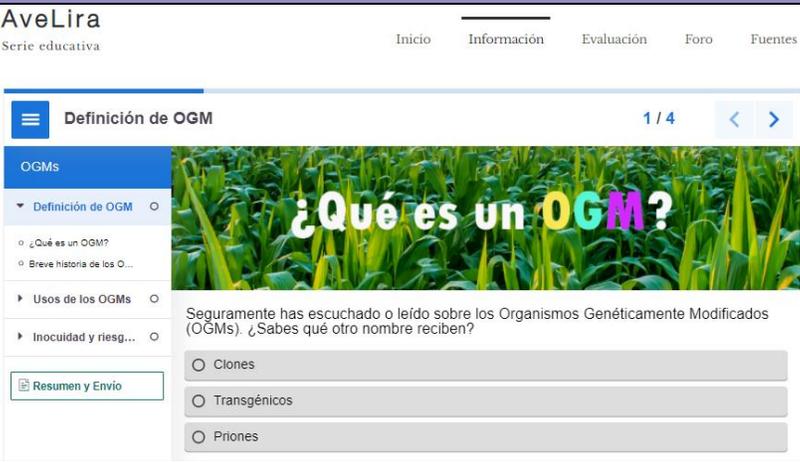
Tipo de contenido	Contenido y lenguaje
	OGM, la salud de los agricultores, la deriva génica, la creación de malezas súper resistentes a herbicidas y pesticidas, entre otras.
Requerido / Esencial	Ante estas preocupaciones algunos países como Australia y Japón han impuesto ciertas restricciones a la producción y comercialización de organismos genéticamente modificados. Otros más han exigido que las etiquetas de los alimentos derivados de cultivos transgénicos declaren su origen como OGMs. La idea detrás de las etiquetas es que los consumidores tengan la opción de elegir los alimentos que desean consumir, incluyendo si son OGMs, orgánicos, libres de gluten, libres de conservadores, etcétera. En Europa la mayoría de los alimentos OGM están etiquetados, aunque la ley permite hasta un 0.9% de contaminación "accidental.
Requerido / Esencial	El insertar genes de una especie a otra sin duda representa un riesgo. No obstante, a la fecha ninguno de los OGMs que han sido aprobados para consumo humano o animal han demostrado causar problemas a la salud. Los alimentos OGM son sujetos a regulaciones y estrictas evaluaciones de seguridad.
Requerido / Esencial	Es posible que en el futuro los alimentos OGM logren ser una fuente nutritiva y tal vez hasta sean modificados para contener compuestos medicinales que optimicen la salud humana. A medida que los OGMs demuestren ser seguros, eficaces y útiles, la resistencia de los consumidores posiblemente disminuya.
Requerido / Esencial	A menudo los transgénicos se presentan y defienden como una solución para lograr la seguridad alimentaria (es decir, abastecer y garantizar el alimento a toda la población del mundo). En realidad, la tecnología transgénica es sólo una herramienta más creada por la ciencia. A la fecha no hay tecnología que por sí sola resuelva el problema del abastecimiento de alimentos.
Requerido / Esencial	En cuanto a las preocupaciones ambientales derivadas del uso de OGMs, cabe mencionar que también existen regulaciones que velan por el medio ambiente y la vida silvestre. Y al igual que ocurre en el caso de la salud humana y animal, informarse es la clave para generar un juicio propio y respetar el juicio ajeno.

### 5.3.2 Desarrollo del diálogo e interfaz

La **Tabla 46** ejemplifica las pantallas y diálogos de la página web con base en el contenido antes definido (**Tabla 45**).

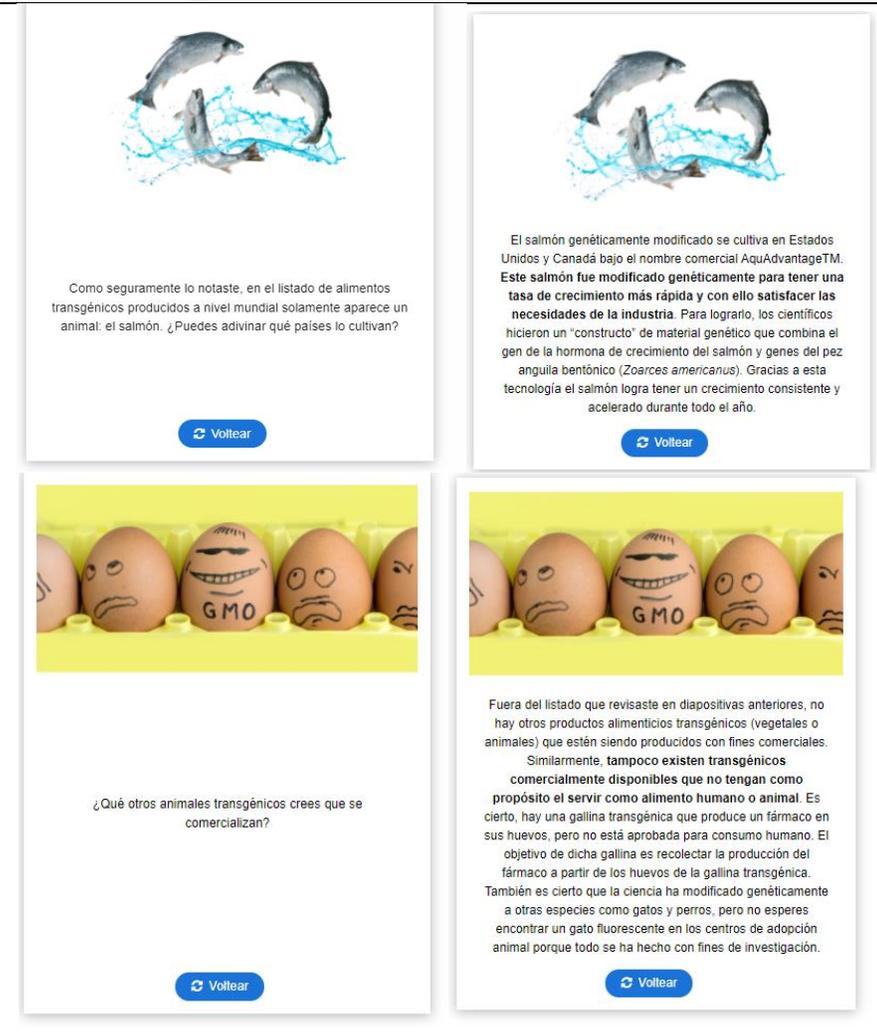
**Tabla 46.** Interfaz y desarrollo del diálogo.

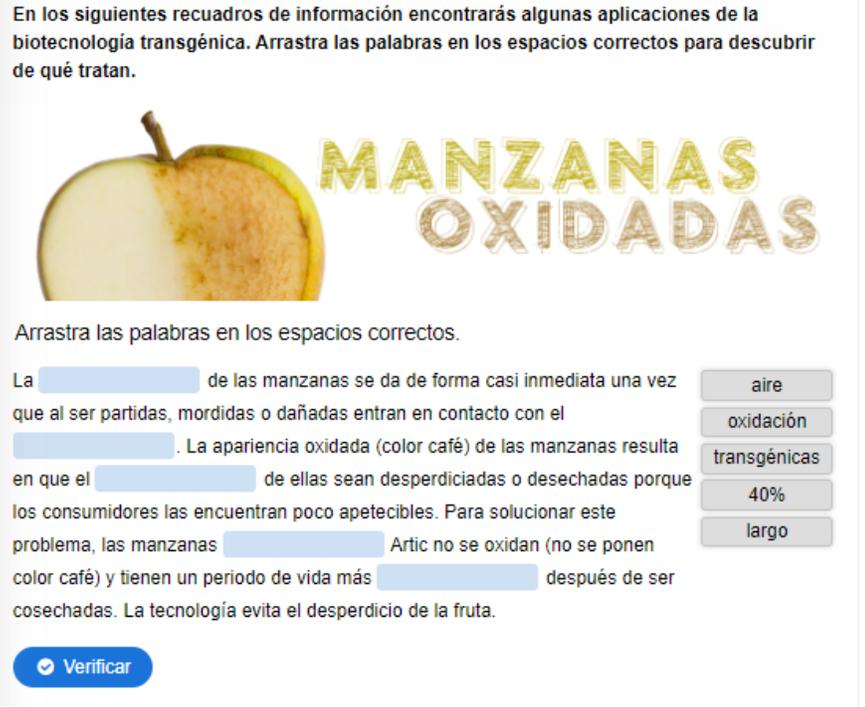
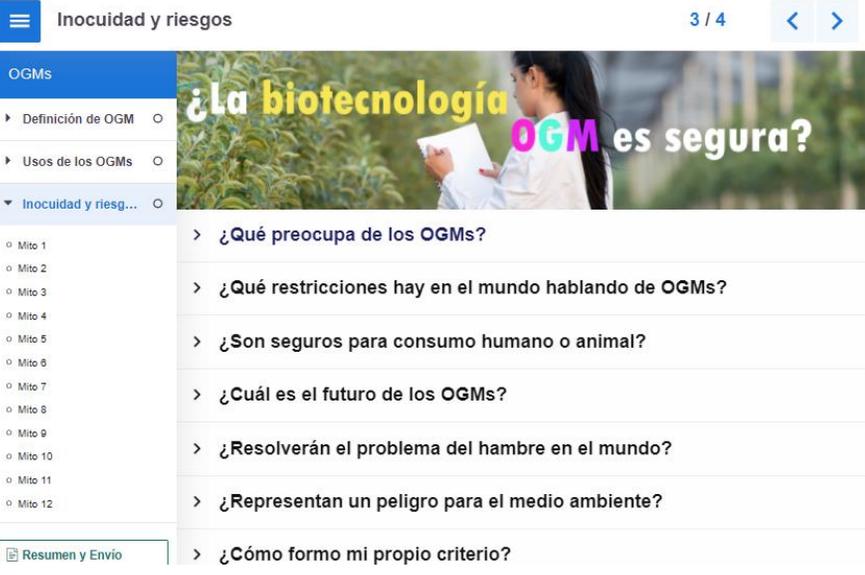
Componente	Pantalla del usuario
<p><b>Objetivo de aprendizaje</b> Una primera pantalla describe el objetivo de aprendizaje y la ruta de navegación sugerida.</p>	 <p>AveLira Serie educativa</p> <p>Inicio Información Evaluación Foro Fuentes</p> <h1>ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS</h1> <p>En esta página encontrarás información sobre los organismos genéticamente modificados y realizarás una serie de actividades que te ayudarán a ampliar tus conocimientos del tema. Comprenderás qué son los OGMs, cómo se construyen y en dónde se utilizan. Además, encontrarás evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs que te ayudará formar un criterio propio sobre esta biotecnología.</p> <p>Inicia revisando el apartado de información y completa las actividades que se solicitan. Una vez que hayas terminado de revisar la información, resuelve la evaluación y publica en el foro tu opinión sobre el tema.</p>
<p>La primera pantalla despliega el menú de navegación tanto en la parte superior como en la parte inferior para rápida identificación del usuario.</p>	 <p>En esta página encontrarás información sobre los organismos genéticamente modificados y realizarás una serie de actividades que te ayudarán a ampliar tus conocimientos del tema. Comprenderás qué son los OGMs, cómo se construyen y en dónde se utilizan. Además, encontrarás evidencia científica respecto a la inocuidad y riesgos de los OGMs que te ayudará formar un criterio propio sobre esta biotecnología.</p> <p>Inicia revisando el apartado de información y completa las actividades que se solicitan. Una vez que hayas terminado de revisar la información, resuelve la evaluación y publica en el foro tu opinión sobre el tema.</p> <p><i>Información</i> <i>Evaluación</i> <i>Foro</i> <i>Fuentes</i></p> <p><small>Página web y contenido desarrollado para alumnos de educación media superior por Fátima E. para el programa MADEMS. Las imágenes y parte del contenido se utilizan bajo licencia. Última actualización: septiembre 2021.</small></p>

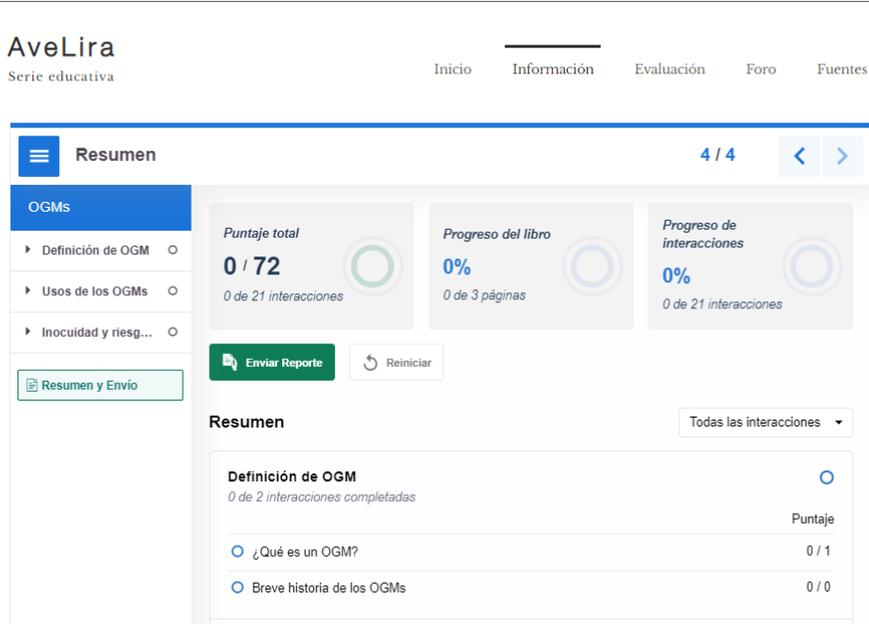
Componente	Pantalla del usuario
<p><b>Información</b></p> <p>En la pantalla inicial de la sección se realiza una pregunta para explorar el conocimiento previo de los estudiantes.</p>	 <p>The screenshot shows the 'AveLira' educational platform interface. At the top, there's a navigation bar with 'Inicio', 'Información', 'Evaluación', 'Foro', and 'Fuentes'. Below that, a sidebar menu is open to 'Definición de OGM', with sub-items like '¿Qué es un OGM?', 'Breve historia de los O...', 'Usos de los OGMs', and 'Inocuidad y riesg...'. The main content area features a large image of a cornfield with the text '¿Qué es un OGM?' overlaid. Below the image, a question asks: 'Seguramente has escuchado o leído sobre los Organismos Genéticamente Modificados (OGMs). ¿Sabes qué otro nombre reciben?' with three radio button options: 'Clones', 'Transgénicos', and 'Priones'.</p>
<p><b>¿Qué es un OGM?</b></p> <p>De forma continua la misma pantalla presenta la definición e OGM y presenta una imagen interactiva que explica las formas de manipulación genética.</p>	<p>Los organismos genéticamente modificados son plantas, animales, bacterias o virus a los que se les ha modificado parte de su material genético (ADN o ARN) con ayuda de la ciencia.</p> <p>Da clic sobre la siguiente imagen para conocer cómo es que los científicos modifican el genoma de un organismo.</p>  <p>The image shows a pig in a cornfield. The pig is pink and has several blue plus signs (+) on its body, indicating points of genetic modification. The image is framed by a yellow and blue circular border.</p>
<p>La interacción en la pantalla consta en que el alumno de clic sobre cada uno de los signos "+" en la imagen del cerdo para que despliegue información sobre los métodos de manipulación genética.</p>	<p>Los organismos genéticamente modificados son plantas, animales, bacterias o virus a los que se les ha modificado parte de su material genético (ADN o ARN) con ayuda de la ciencia.</p> <p>Da clic sobre la siguiente imagen para conocer cómo es que los científicos modifican el genoma de un organismo.</p>  <p>The image is similar to the previous one, but a tooltip box is visible over one of the plus signs on the pig. The tooltip contains the text: 'Reemplazando directamente una serie de genes.'</p>

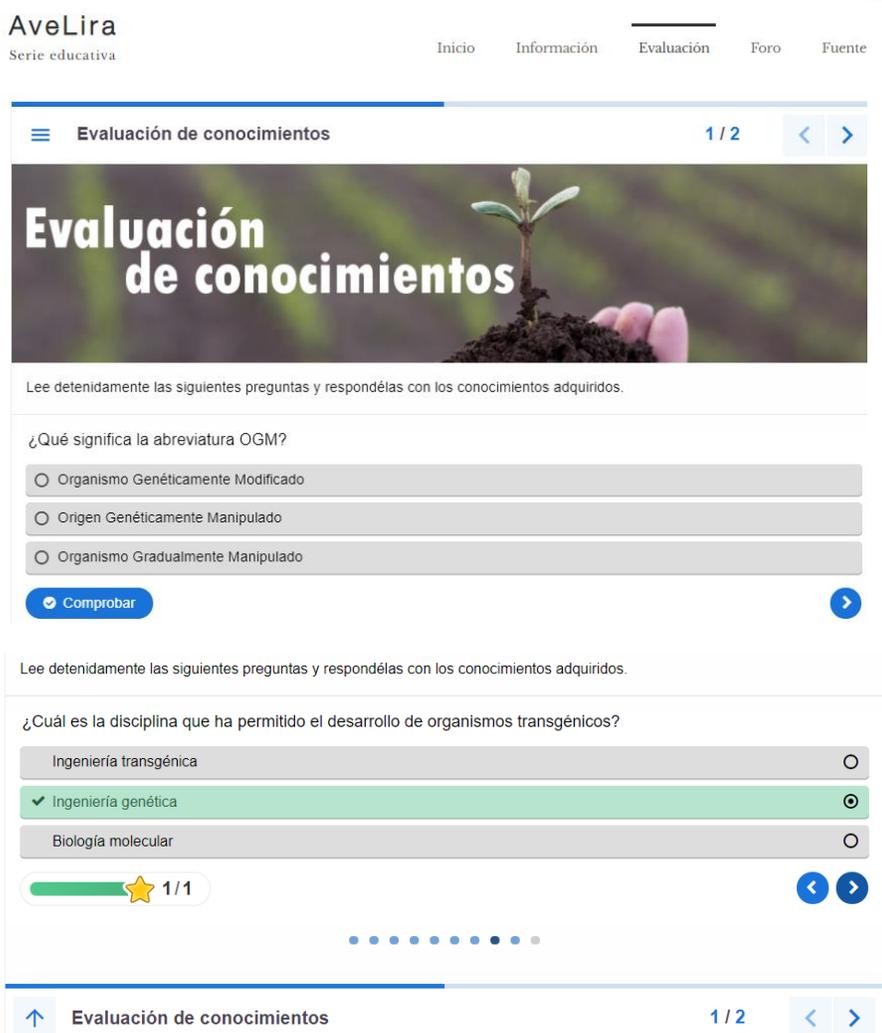
Componente	Pantalla del usuario
<p><b>Historia de los OGMs</b></p> <p>La pantalla presenta una serie de diapositivas que describen la historia de los OGMs. El usuario tiene la posibilidad de navegar a través de las 8 diapositivas dando clic en la flecha para avanzar o para retroceder.</p>	 <p>Aunque la ciencia permite modificar muchos organismos, en realidad <b>la biotecnología OGM se utiliza principalmente para modificar productos alimenticios</b>, como frutas y vegetales.</p> <p>← 2 / 8 ▶</p>
<p>En la sexta diapositiva de la misma pantalla se presenta la segunda interacción para el usuario, la cual busca que el usuario encuentre los años en los que ocurrieron eventos relevantes en materia de transgénicos. El que el alumno ordene las fechas tiene como objetivo que inicie un proceso consciente para construir parte de la historia del tema.</p>	 <p><b>Intenta poner en orden los números que aparecen en el recuadro para recrear una parte de la historia de los transgénicos.</b></p> <p>El primer organismo genéticamente modificado se creó en <input type="text"/> y se trató de una bacteria que poseía resistencia al antibiótico kanamicina. Poco después, en <input type="text"/> se crearía el primer animal genéticamente modificado (un ratón), y en <input type="text"/> la primera planta transgénica.</p> <p><input type="button" value="revisar"/></p> <p>← 6 / 8 ▶</p>

Componente	Pantalla del usuario
<p><b>OGMs bioluminiscentes</b></p> <p>Al final de la primera pantalla se presenta un video con el que el usuario puede interactuar en el segundo 2, 6 y 11 para desplegar más información sobre los peces bioluminiscentes.</p> <p>La instrucción para que el usuario interactúe con el video está contenida en la séptima diapositiva que antecede la presentación del video.</p>	<p>Observa el video debajo de esta diapositiva y da clic sobre los íconos que aparecerán en el video para conocer más sobre el pez GloFish.</p> <p>El pez cebrado GloFish tiene una modificación en el genoma para que brille intensamente bajo la luz ultravioleta.</p>
<p>La primera pantalla concluye haciendo referencia a una de las aplicaciones de la tecnología transgénica e invita al usuario a navegar en la siguiente sección para descubrir más aplicaciones.</p>	<p><b>El propósito de los OGMs bioluminiscentes</b></p> <p>Tal vez estás pensando <i>“Ok, entiendo lo de los peces, pero ¿y cuál fue el objetivo de crear un cerdo que brilla?”</i>.</p> <p>El insertar genes de bioluminiscencia a animales como cerdos, ratones o conejos ha tenido como propósito la investigación científica, particularmente dirigida al desarrollo de medicamentos más eficaces y seguros para el ser humano. Los animales transgénicos se utilizan como “modelos” para estudiar la función de genes específicos.</p> <p>A través de este tipo de experimentos los científicos estudian las posibilidades de introducir transgenes en animales y eventualmente valorar el potencial de los animales transgénicos como una fuente de células, tejidos y órganos para receptores humanos.</p> <p><i>Revisa los siguientes apartados del curso para que conozcas más sobre las aplicaciones e impactos de esta tecnología en nuestro día a día, y lo que opinan las agencias regulatorias sobre su seguridad e inocuidad.</i></p>

Componente	Pantalla del usuario
<p><b>Uso de los OGMs</b> La segunda pantalla despliega información sobre los usos de los OGMs a manera de una presentación con 9 diapositivas a través de las cuales el usuario puede navegar haciendo uso de los iconos de flecha para avanzar o retroceder.</p>	
<p><b>Uso de los OGMs</b> Debajo de las diapositivas, en la misma pantalla, presenta información sobre aplicaciones prácticas de los OGMs. Las pantallas requieren la interacción del usuario para develar información y/o completar el texto.</p> <p>En una primera interacción el usuario debe voltear 3 cartas que en una cara le plantean una pregunta que busca fomentar su curiosidad, y en una segunda cara le expone mayor información sobre la pregunta planteada.</p>	

Componente	Pantalla del usuario
<p>La segunda interacción se basa en que el usuario construya una serie de enunciados eligiendo las palabras apropiadas de un banco de palabras para develar 7 usos de los organismos genéticamente modificados.</p> <p>El objetivo de cada interacción es que el usuario haga un ejercicio de comprensión del texto, proporcionando la oportunidad de desarrollar habilidades de reflexión y autoevaluación.</p>	 <p>En los siguientes recuadros de información encontrarás algunas aplicaciones de la biotecnología transgénica. Arrastra las palabras en los espacios correctos para descubrir de qué tratan.</p> <p><b>MANZANAS OXIDADAS</b></p> <p>Arrastra las palabras en los espacios correctos.</p> <p>La <input type="text"/> de las manzanas se da de forma casi inmediata una vez que al ser partidas, mordidas o dañadas entran en contacto con el <input type="text"/>. La apariencia oxidada (color café) de las manzanas resulta en que el <input type="text"/> de ellas sean desperdiciadas o desechadas porque los consumidores las encuentran poco apetecibles. Para solucionar este problema, las manzanas <input type="text"/>. Estas no se oxidan (no se ponen color café) y tienen un periodo de vida más <input type="text"/> después de ser cosechadas. La tecnología evita el desperdicio de la fruta.</p> <p><input type="button" value="Verificar"/></p>
<p><b>Inocuidad y riesgos</b></p> <p>La tercera pantalla en la sección de información presenta una serie de preguntas sobre la inocuidad y riesgos de los OGMs. El usuario da clic sobre cada pregunta para desplegar la respuesta.</p>	 <p>Inocuidad y riesgos 3 / 4</p> <p>OGMs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de OGM</li> <li>Usos de los OGMs</li> <li>Inocuidad y riesg...</li> </ul> <p>Mito 1</p> <p>Mito 2</p> <p>Mito 3</p> <p>Mito 4</p> <p>Mito 5</p> <p>Mito 6</p> <p>Mito 7</p> <p>Mito 8</p> <p>Mito 9</p> <p>Mito 10</p> <p>Mito 11</p> <p>Mito 12</p> <p>Resumen y Envío</p> <p>¿La biotecnología OGM es segura?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué preocupa de los OGMs?</li> <li>¿Qué restricciones hay en el mundo hablando de OGMs?</li> <li>¿Son seguros para consumo humano o animal?</li> <li>¿Cuál es el futuro de los OGMs?</li> <li>¿Resolverán el problema del hambre en el mundo?</li> <li>¿Representan un peligro para el medio ambiente?</li> <li>¿Cómo formo mi propio criterio?</li> </ul>

Componente	Pantalla del usuario						
<p>Al final de la tercera pantalla se presenta un ejercicio de verdadero/falso sobre 12 mitos y realidades de los OGMs. El objetivo de las interacciones es que el usuario utilice su conocimiento intuitivo para confirmar o rechazar sus (propias) preconcepciones sobre la tecnología transgénica.</p>	 <p>A continuación leerás una serie de mitos sobre los transgénicos. Intenta identificar si los mitos son ciertos o falsos con base en tu conocimiento intuitivo, lo que sabes de los OGMs y lo que has aprendido en este módulo.</p> <p><b>Mito 1.</b> Los OGMs se crean inyectando químicos en los alimentos después de ser cosechados.</p> <p><input type="radio"/> Verdadero <input type="radio"/> Falso</p>						
<p><b>Resumen y Envío</b> La última pantalla de la sección permite que el usuario conozca su nivel de progreso y el número de interacciones completadas a lo largo de los tres componentes de la sección "información".</p> <p>El usuario obtiene un porcentaje total basado en el número de interacciones completadas, y puede visualizar el porcentaje de progreso en el curso y en las interacciones. Asimismo, permite que el usuario conozca el puntaje que obtuvo por cada</p>	 <p><b>AveLira</b> Serie educativa</p> <p>Inicio Información Evaluación Foro Fuentes</p> <p><b>Resumen</b> 4 / 4</p> <p><b>OGMs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de OGM 0</li> <li>Usos de los OGMs 0</li> <li>Inocuidad y riesg... 0</li> </ul> <p>Resumen y Envío</p> <p>Enviar Reporte Reiniciar</p> <p><b>Resumen</b> Todas las interacciones</p> <p><b>Definición de OGM</b> 0 de 2 interacciones completadas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>¿Qué es un OGM?</td> <td>0 / 1</td> </tr> <tr> <td>Breve historia de los OGMs</td> <td>0 / 0</td> </tr> </tbody> </table>		Puntaje	¿Qué es un OGM?	0 / 1	Breve historia de los OGMs	0 / 0
	Puntaje						
¿Qué es un OGM?	0 / 1						
Breve historia de los OGMs	0 / 0						

Componente	Pantalla del usuario
<p>interacción completada.</p> <p><b>Evaluación</b> En la sección de “evaluación” la pantalla presenta una serie de 10 preguntas a ser resueltas por el usuario. Las interacciones incluyen: opción múltiple, verdadero/falso, selección de palabras dentro de un texto, rellenar espacios en blanco.</p> <p>La evaluación tiene como objetivo que el alumno recuerde los conceptos asociados a los objetivos de aprendizaje. El alumno tiene la posibilidad de verificar sus respuestas al dar clic en el botón “comprobar”.</p>	
<p><b>Foro</b> En la sección “Foro” la pantalla presenta un espacio reflexivo y colaborativo para que el usuario externé su opinión sobre los temas ahí planteados. El objetivo del espacio es que el alumno ejerza un pensamiento crítico y reflexivo en torno a la tecnología transgénica una</p>	

Componente	Pantalla del usuario
vez que ha explorado el resto del contenido de la página.	
<p><b>Fuentes</b> La pantalla en la sección “Fuentes” presenta ligas a fuentes de información complementaria. En la misma pantalla se enlistan las referencias utilizadas para la creación del contenido. Todas las direcciones de páginas web están habilitadas para que el usuario pueda acceder a ellos dando clic.</p>	 <p><b>Fuentes</b> Esta página se construyó con información tomada y/o adaptada de diversas fuentes. Las imágenes se utilizan bajo licencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antama F (2012) Plantas de tabaco transgénico como combustible. Fundación Antama. Disponible en: <a href="https://fundacion-antama.org/plantas-de-tabaco-transgenico-como-fuente-de-combustible/">https://fundacion-antama.org/plantas-de-tabaco-transgenico-como-fuente-de-combustible/</a></li> <li>• Baker A (2018) Arctic Apples: A fresh new take on genetic engineering. Harvard University. Disponible en: <a href="https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2018/arctic-apples-fresh-new-take-genetic-engineering/">https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2018/arctic-apples-fresh-new-take-genetic-engineering/</a></li> <li>• Becker R (2015) US government approves transgenic chicken. Nature. Doi: 10.1038/nature.2015.18985</li> <li>• ChileBio (2018) Desarrollan bacteria transgénica que produce fertilizante con el nitrógeno del aire. Disponible en: <a href="https://www.chilebio.cl/2018/07/18/desarrollan-bacteria-transgenica-que-produce-fertilizante-con-el-nitrogeno-del-aire/">https://www.chilebio.cl/2018/07/18/desarrollan-bacteria-transgenica-que-produce-fertilizante-con-el-nitrogeno-del-aire/</a></li> <li>• Duhaime-Ross A (2015) FDA approves genetically modified chicken – but not as food. The Verge. Disponible en: <a href="https://www.theverge.com/2015/12/9/9679678/gmo-chicken-transgenic-fda-approved-kanuma-drug-eggs">https://www.theverge.com/2015/12/9/9679678/gmo-chicken-transgenic-fda-approved-kanuma-drug-eggs</a></li> <li>• FDA (2020) GMO Crops, Animal Food, and Beyond. Disponible en: <a href="https://www.fda.gov/food/agricultural-biotechnology/gmo-crops-animal-food-and-beyond">https://www.fda.gov/food/agricultural-biotechnology/gmo-crops-animal-food-and-beyond</a></li> <li>• FDA (2020) Questions and answers on FDA's approval of Aquadvantage Salmon. Disponible en: <a href="https://www.fda.gov/animal-veterinary/animals-intentional-genomic-alterations/questions-and-answers-fdas-approval-aquadvantage-salmon">https://www.fda.gov/animal-veterinary/animals-intentional-genomic-alterations/questions-and-answers-fdas-approval-aquadvantage-salmon</a></li> <li>• Fett W (2014) GMO Decisions. Iowa Agriculture Literacy Foundation. Disponible en: <a href="https://www.iowasgliteracy.org/Article/GMO-Decisions">https://www.iowasgliteracy.org/Article/GMO-Decisions</a></li> <li>• Fikre T (2021) Should we still worry about the safety of GMO foods? Why and why not? A review. Foods Science &amp; Nutrition. 9 (9): 5324-5331- Doi: 10.1002/fsn3.2499</li> </ul>

### 5.3.3 Costos de desarrollo y operación

La **Tabla 47** detalla el costo de desarrollo y operación del sitio web.

**Tabla 47.** Costos de desarrollo y operación de la página web.

Requerimiento	Costo estimado
Nombre de dominio (Ej. Wix)	\$178.00 anuales
Alojamiento de página web (Ej. Wix)	\$1,980.00 anuales
Acceso a banco de imágenes (Ej. 123RF)	\$1,780.00 por 50 descargas
Editor interactivo (Ej. H5P)	\$1,140.00 mensuales
Licencia de software para edición de fotos (Ej. Corel)	\$2,350.00

Requerimiento	Costo estimado
Licencia de software para edición de textos (Ej. Office)	\$1,300.00
Costo total de desarrollo inicial (hasta su puesta en operación)	\$8,728.00
Costo de mantenimiento mensual	\$1,140.00

## 5.4 Implementación

### 5.4.1 Instalación

El sitio web se puso en operación en septiembre de 2021 y puede ser consultado desde la dirección web <https://www.avelira.net/> (Figura 26).



Figura 26. Instalación de la página web y alojamiento en el dominio avelira.net.

### 5.4.2 Distribución

La distribución de la herramienta se hizo conforme a lo descrito en la fase de implementación (ver apartado 4.3.4). Se realizaron dos implementaciones con dos grupos de Biología 1. La primera implementación se realizó el 15 de octubre de 2021 y la segunda el 19 de octubre de 2021. Se sugirió a los estudiantes que realizaran la actividad en horario de clase (12 p.m. a 1 p.m.), aunque se mencionó que el horario sería abierto y el único requisito era completar la actividad en la fecha asignada.

De 24 estudiantes inscritos en la asignatura, se registró la participación de 17 estudiantes en el uso de la herramienta digital. La Figura 27 y Figura 28 ejemplifican la

participación y progreso de los usuarios en el uso de la herramienta digital, específicamente en la sección de “Información”. En promedio, los estudiantes completaron 19 de 21 interacciones. Los 17 estudiantes completaron el cuestionario incluido en la sección de “Evaluación” con un promedio de 19 reactivos correctos de un total de 23.

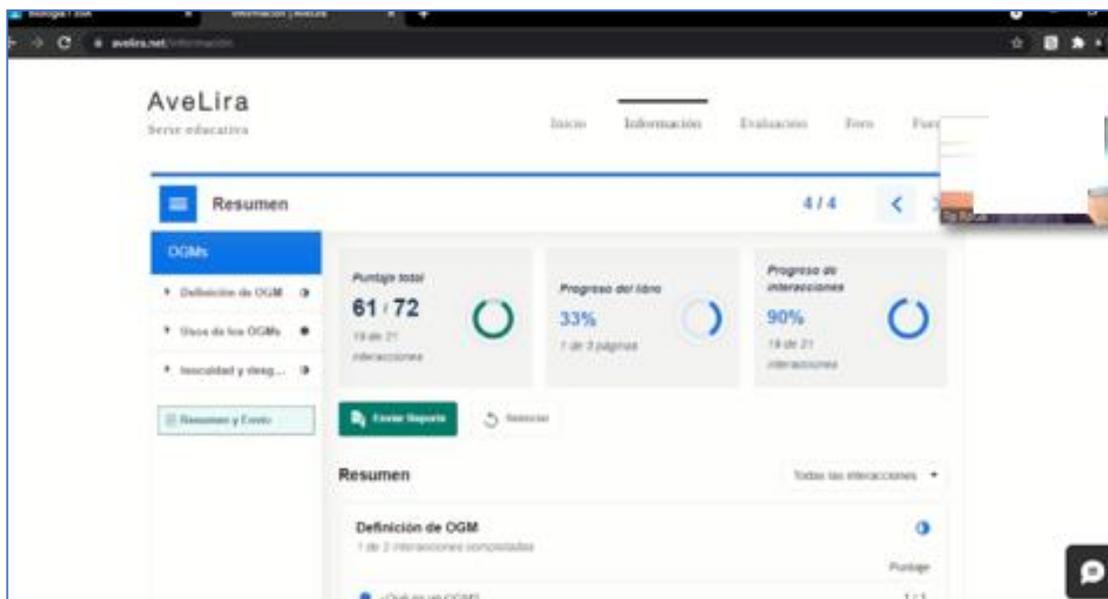


Figura 27. Evidencia de progreso de un usuario participante en la primera implementación de la página web.

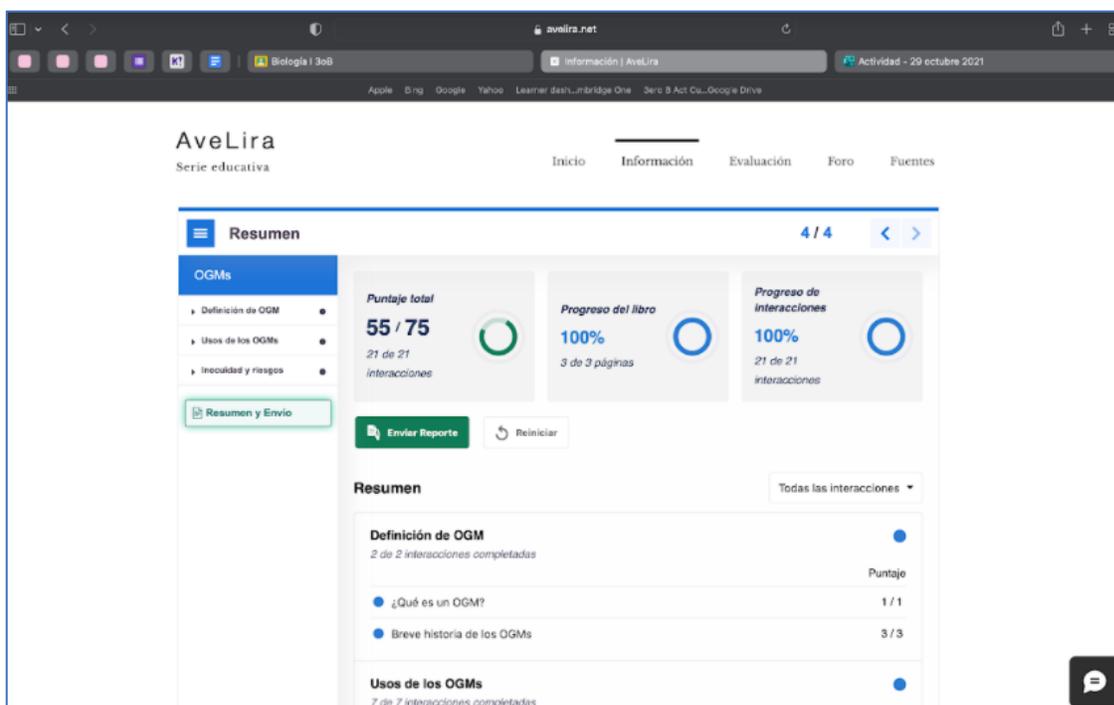


Figura 28. Evidencia de progreso de un usuario participante en la segunda implementación de la página web.



**Figura 29.** Evidencia de realización de la evaluación de conocimientos de un usuario participante en la primera implementación de la página web.

La participación de los usuarios en la sección “Foro” se ejemplifica en la **Figura 30** y **Figura 31**. La **Tabla 48** contiene una transcripción de las respuestas que se recibieron en el foro de discusión. De las 14 participaciones en el foro, 10 resultaron en sentido positivo (a favor de los OGMs) y 4 en sentido neutral. Entre los argumentos citados a favor se mencionaron los siguientes: aporte como alimento al ganado, aporte nutricional como alimento, conocimiento científico, mejores productos, incremento de producción de alimentos, control de plagas y malezas, soluciones más sustentables (mejor uso de agua de riego), mayor duración de los alimentos, reducción de plagas y virus. Cabe mencionar que el 50% de las participaciones que afirmaron estar a favor también reconocían la presencia de riesgos en la tecnología transgénica. En cuanto a las posturas identificadas como neutrales, reconocen los beneficios de la tecnología aunque no parecen considerarlos lo suficientemente ventajosos como para correr riesgos como por ejemplo: “*puede afectar las especies modificadas volviendo una nueva especie que no pertenece a un entorno*”, “*también siento que causará problema en la salud, que nasa sea original*”, “*puede que en un futuro se hallen enfermedades relacionadas a los OGMs*”. Ninguna de las posturas de los estudiantes se dio en sentido negativo; en otras palabras, ninguno de los estudiantes afirmó de forma determinante estar en contra de los organismos genéticamente modificados.

The image shows a screenshot of a forum thread with four posts. Each post includes a user profile picture, name, date, and a three-dot menu icon. The posts are as follows:

- Yale** (15 oct): "Estoy a favor ya que aportan mucho alimento al ganado". Interaction: Responder, 1 heart, 1 upvote.
- Jorge** (15 oct): "Estoy a favor ya que en desde ahora y en el futuro este tipo de alimentos nos van a proveer más nutrientes vitales y necesarios para un buen desarrollo del individuo.". Interaction: Responder, 1 heart, 1 upvote.
- Paulina** (15 oct): "Estoy a favor, ya que nos traen beneficios a nosotros como consumidores ,sin embargo también existen cosas que no son tan buenas.". Interaction: Responder, 1 heart, 1 upvote.
- Iker** (15 oct): "No tengo un punto específico porque esto puede ayudar como afectar porque nos ayuda produciendo una gran cantidad de comida pero también puede afectar las especies modificadas volviendo una nueva especie que no pertenece a un entorno y puede afectar ese entorno.". Interaction: Responder, 0 hearts, 0 upvotes.

**Figura 30.** Evidencia de la participación en el foro resultado de la primera implementación de la página web.



**Figura 31.** Evidencia de la participación en el foro resultado de la segunda implementación de la página web.

**Tabla 48.** Transcripción de las participaciones en la sección “Foro” (se respeta la redacción original, sólo corrigiendo errores ortográficos).

Usuario	Fecha de participación	Comentario	Sentido de la opinión
Yale	15/10/2021	Estoy <b>a favor</b> ya que aportan mucho alimento al ganado.	<b>Positivo</b>

Usuario	Fecha de participación	Comentario	Sentido de la opinión
Jorge	15/10/2021	Estoy <b>a favor</b> ya que en desde ahora y en el futuro este tipo de alimentos nos van a proveer más nutrientes vitales y necesarios para un buen desarrollo del individuo.	Positivo
Paulina	15/10/2021	Estoy <b>a favor</b> , ya que nos traen beneficios a nosotros como consumidores, sin embargo <b>también existen cosas que no son tan buenas.</b>	Positivo
Iker	15/10/2021	<b>No tengo un punto específico</b> porque esto puede ayudar como afectar porque nos ayuda produciendo una gran cantidad de comida pero también puede afectar las especies modificadas volviendo una nueva especie que no pertenece a un entorno y puede afectar ese entorno.	Neutral
Marcos	15/10/2021	Estoy a favor ya que nos van a ayudar a futuro pero siento que <b>a la vez nos pueden traer muchos problemas de salud</b> nos por algún método malo que se haya hecho o algo así pero creo que este es el futuro de la alimentación.	Positivo
Andrea	15/10/2021	Estoy en <b>punto intermedio</b> , ya que aunque será algo que revolucionara el mundo por completo, y sin duda tendremos varios beneficios, pero también siento que causará problemas en la salud, que nada sea original.	Neutral
Ana	15/10/2021	<b>No podría indicar cuál es mi punto</b> , pero considero que los OGMS son productos que generan economía, además de que se modifican para que sean más resistentes. Pero por el contrario, también genera efectos negativos.	Neutral

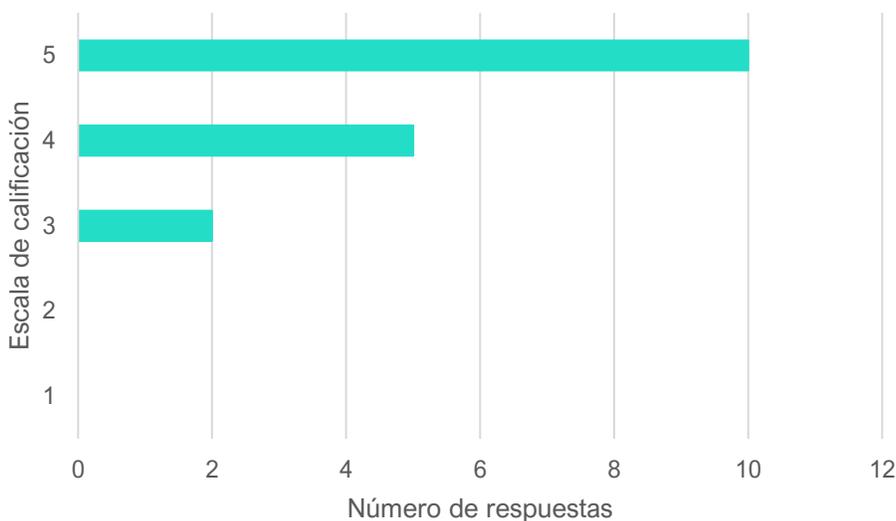
Usuario	Fecha de participación	Comentario	Sentido de la opinión
Eduardo	15/10/2021	<p><b>No estoy concretamente en un extremo de opiniones</b>, mas yo pienso que deberíamos ser más estoicos y menos fanáticos o enemigos mortales de estas tecnologías, pues llevan muy poco tiempo desde sus creaciones y, aunque todavía no se hayan encontrado problemas para la salud humana puede que en un futuro se hallen enfermedades relacionadas a las OGMs (o no, quién sabe), personalmente no me agrada la idea de modificar el ADN de los seres vivientes, respecto a las plantas, aunque sin en cambio tienen muchos pros para la humanidad el usarlas sería como suponer que la única función que tiene la vida y el universo es simplemente servir a los deseos y necesidades humanas´.</p>	<b>Neutral</b>
Maximiliano	29/10/2021	<p>Estoy <b>a favor</b> de esta nueva tecnología que puede favorecer nuevas opciones en muchos ámbitos laborales como la agricultura, ganadería, medicina, ciencia, veterinaria, no solo eso, puede ser útil también en forma de conocimiento científica, descubriendo nuevas formas de mejorar productos, quitar defectos, aunque hay contrapartes como el después de tanta modificación en los genes en una especie, podría cambiar su función en el ecosistema, tanto su forma de actuar de esa especie, como también como las otras especies interactuarán con ella. Muchos en contra, de manera sencilla son conservadores que apelan mediante su teología que "Dios" no lo hizo así y no debería ser así, limitando la forma de que puede hacer la ciencia, yo aun estando a favor, <b>también creo que los OGM deben estar muy muuuy controlados</b> por la bioética, ya que puede haber un problema "inhumano" o "inmoral", aparte de tener un control</p>	<b>Positivo</b>

Usuario	Fecha de participación	Comentario	Sentido de la opinión
		de salud y comprobar que haya mucho más beneficio que desventaja.	
Dany	29/10/2021	Estoy <b>a favor</b> porque nos beneficia tanto a nosotros o animales pero <b>también puede que algunas cosas sean malas</b> pero no significa que no esté a favor.	Positivo
Nadia	29/10/2021	Estoy <b>a favor</b> ya que puede beneficiar tanto a los humanos como a los animales, ya que el incremento y la producción de alimentos daría como resultado mayor consumo de parte de humanos y animales.	Positivo
Ian	29/10/2021	Estoy <b>a favor</b> ya que tienen control más efectivo de plagas y malezas, baja demanda de plaguicidas y herbicidas, mejor uso del agua de riego y menor uso de maquinaria debido a las prácticas de labranza de conservación, que involucran menos preparación del suelo para la siembra y por lo tanto también reducción de combustible.	Positivo
Antonio	29/10/2021	Estoy <b>a favor</b> ya que beneficia a nosotros y a los alimentos ya que los alimentos no se echan a perder tan pronto e igual que los sembradíos no tienen pérdidas.	Positivo
Georgina	29/10/2021	Estoy <b>a favor</b> , ya que estos contienen ciertas mejoras, las cuales permiten la reducción de plagas y virus, permitiendo su consumo tanto humanos como animales <b>aunque por otro lado pueden llegar a dañar la salud.</b>	Positivo

## 5.5 Evaluación

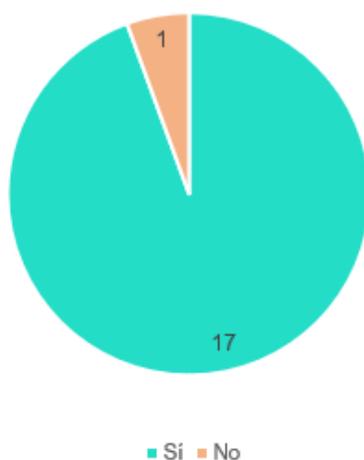
### 5.5.1 Evaluación de reacciones

De los 17 estudiantes que participaron en la implementación de la herramienta, 10 otorgaron la calificación más alta (5) al diseño de la página, 5 la segunda calificación más alta (4), y 3 la tercera calificación más alta (3) (**Figura 32**).



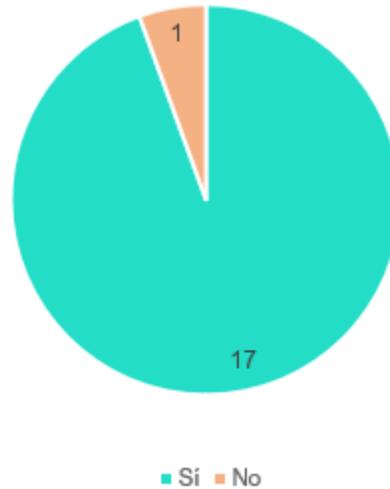
**Figura 32.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Cómo calificas el diseño de la página web?”:

Sólo un estudiante consideró que la página web no le otorgó un mayor conocimiento en torno a los OGMs (**Figura 33**).

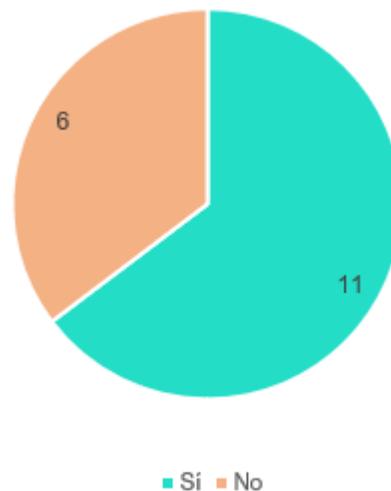


**Figura 33.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Consideras que tienes un mayor conocimiento en torno a los OGMs después de haber visitado la página y realizado las actividades ahí incluidas?”.

Excepto por uno, todos los estudiantes que participaron en la implementación de la herramienta consideraron que la página web tiende a favorecer el uso de la tecnología OGM (Figura 34). Once de los estudiantes consideraron además que el contenido de la página hizo que cambiaran su opinión sobre los OGMs (Figura 35).

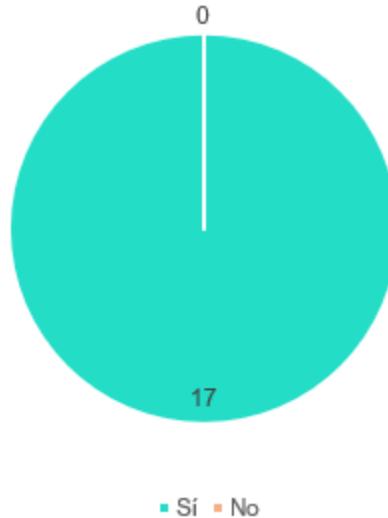


**Figura 34.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Consideras que el contenido de la página tiende a favorecer la tecnología de los OGMs?”.



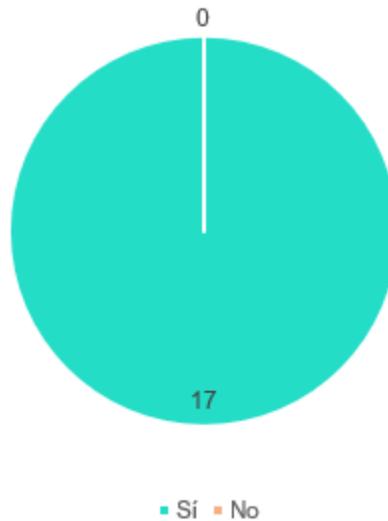
**Figura 35.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿El contenido de la página hizo que cambiara tu opinión sobre los OGMs?”.

Todos los estudiantes consideraron que la evaluación de conocimientos de la página web es acorde a su contenido (Figura 36).



**Figura 36.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿La evaluación de conocimientos te pareció acorde al contenido presentado en la página?”.

Todos los estudiantes respondieron que la página web fue de su agrado (**Figura 37**).



**Figura 37.** Respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Te gustó la página web?”.

En cuanto a la única pregunta abierta y de carácter opcional incluida en la encuesta (**Tabla 21**), se recibieron 5 comentarios positivos y 4 comentarios negativos (**Tabla 49**). Respecto a los primeros, los estudiantes consideraron que la página web es fácil de entender, amigable e interactiva, o bien, consideraron que no hay áreas de oportunidad. Respecto a los comentarios negativos, algunos estudiantes sugieren que la página sea más

llamativa, que se disminuya el número de actividades, que la información esté más organizada, y que la información no esté sesgada a favor de la tecnología transgénica.

**Tabla 49.** Comentarios recibidos sobre la página web.

Hacer la página web más llamativa.
No, está perfecta y muy interactiva, fácil de entender y agradable para el internauta.
Tal vez menos actividades.
Más organización.
Todo bien.
Un poco más de neutralidad política en el tema (se nota que está a favor).
Ninguna.
No, ninguna.
No. Está bastante completa.

### 5.5.3 Autoevaluación de la página web

De los 42 criterios de evaluación comprendidos en la lista de cotejo de la FAO (2011), 34 se cumplieron, 4 no se cumplieron y 4 no aplicaban (

**Tabla 50).** El porcentaje de cumplimiento de la herramienta digital fue del 89% (de 38 criterios aplicables se cumplieron 34). Los criterios que no se cumplieron fueron los siguientes: proporcionar transcripciones de los segmentos de video y audio; presentar los objetivos de aprendizaje al inicio de cada sección y formularlos desde la perspectiva del estudiante; proporcionar retroalimentación cuando el estudiante resuelve una pregunta; incluir un glosario de términos técnicos. Estos criterios se transforman en áreas de oportunidad para mejorar la calidad de la herramienta.

**Tabla 50.** Autoevaluación de la página web con base en la lista de cotejo de la FAO (2011).

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
<b>Navegación</b>				
La estructura del curso está bien organizada y es fácil de entender.	X			

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
El curso contiene un tutorial o sección de ayuda que explica los íconos de navegación y sus funciones.	X			
Los estudiantes pueden navegar fácilmente por el curso. Regresar al menú y salir.	X			
Los estudiantes pueden acceder a cualquier contenido o sección el curso.	X			
Los estudiantes no están forzados a dar clic en cada objeto para avanzar en el curso.	X			
Los estudiantes pueden verificar su progreso (secciones completadas).	X			
Los íconos de navegación son consistentes entre secciones.	X			
Se proporcionan instrucciones claras para las actividades de interacción.	X			
Los enlaces externos funcionan correctamente.	X			
<b>Textos, gráficos, audio y video</b>				
Las imágenes, gráficos, animaciones, audio y videos son relevantes y aportan al entendimiento del tema.	X			
Los videos, audio, imágenes y textos son sensibles a la diversidad de género.	X			
El tipo, color y tamaño de fuente es legible y consistente a lo largo del curso.	X			
El diseño de la imagen es claro, está organizado y no está saturado.	X			
Las imágenes y las animaciones se cargan rápido en conexiones lentas.	X			

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
Los créditos de las imágenes y declaraciones de derecho de autor se incluyen por cada fotografía o ilustración.	X			Se adquirió la licencia para reproducir las imágenes sin necesidad de dar créditos debajo de cada imagen.
Los componente de audio son complementarios al texto y a las animaciones, y no son una simple duplicación del texto que aparece en pantalla.	X			
La calidad del audio es clara. Los estudiantes pueden parar, silenciar y volver al audio.	X			
La calidad del video es clara y la longitud es corta (máximo 4 minutos).	X			
Los videos se cargan rápido y son aptos para distintos anchos de banda.	X			
Los estudiantes pueden parar, pausar y volver al video.	X			
Se proporciona un transcrito de los segmentos de video y audio.		X		
<b>Contenido</b>				
El curso aborda las necesidades de aprendizaje de la población objetivo.	X			
El flujo del contenido es lógico.	X			
Los conceptos están claramente explicados y soportados con ejemplos.	X			
El contenido está estructurado en secciones que permiten que el estudiante parcialice su aprendizaje.	X			

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
Los objetivos de aprendizaje se proporcionan al inicio de cada sección, y se formulan desde la perspectiva del estudiante.		X		Sólo se presenta el objetivo de aprendizaje en la pantalla introductoria. El alcance de este trabajo no consideró evaluar si se logró el objetivo de aprendizaje.
El contenido empata los objetivos de aprendizaje y habilita a los estudiantes para que los alcancen.			X	
El contenido presenta ejemplos abundantes y relevantes, estudio de casos y buenas prácticas cuando es apropiado.	X			
El lenguaje es directo (voz activa), simple, evita ser rebuscado y es apto para una audiencia multilingüe.	X			
El contenido esencial está claramente presentado en la pantalla, mientras que el contenido “bueno de saber” está mencionado como recursos adicionales (enlaces).	X			
La forma en la que el contenido está presentado (a manera de historia, demostración) es apropiado para el contenido y para la audiencia objetivo.	X			
La interactividad se utiliza a lo largo del curso para enganchar al estudiante.	X			
<b>Evaluaciones de aprendizaje</b>				
Se utilizan evaluaciones para reforzar el aprendizaje y verificar el conocimiento del estudiante.	X			

Criterio de evaluación	Sí	No	N/A	Observaciones
Las evaluaciones son relevantes y empatan con los objetivos de aprendizaje.	X			
Todas las evaluaciones se explican con instrucciones claras y apropiadas.	X			
Cuando los estudiantes resuelven las preguntas, se proporciona retroalimentación.		X		
Las evaluaciones comprenden diferentes tipos de ejercicios.	X			
De estar presente, la evaluación final verifica el logro de los objetivos de aprendizaje.			X	El alcance de este trabajo no consideró evaluar si se logró el objetivo de aprendizaje.
<b>Recursos adicionales</b>				
La descripción del curso y los objetivos son claros desde el inicio para el estudiante.	X			
Se incluye un glosario de términos técnicos y se incluye una definición clara para asegurar la coherencia y consistencia de la terminología del curso.		X		
De ser necesario, se incluyen listas de cotejo para acompañar las instrucciones.			X	
De ser necesario, la versión impresa del curso presenta el mismo contenido que ha sido abordado en el curso virtual.			X	

Del total de criterios autoevaluados con base en la rúbrica OSCQR ([Tabla 51](#)), 48% se ubicaron en la escala de suficientemente presente (presente con suficiencia), 36% en la escala de revisión menor, 8% en la escala de revisión moderada, 4% en la escala de revisión mayor, y 4% en la escala de criterios que no aplican ([Tabla 52](#)). La categoría mejor

evaluada fue “diseño e interfaz” con el mayor número de criterios clasificados como “suficientemente presente”; las categorías de “aspectos generales e información” e “interacción” presentan la mayor cantidad de áreas de oportunidad al tener más de la mitad de los criterios clasificados en una categoría inferior a “suficientemente presente” (**Tabla 52**).

Con base en la escala de cumplimiento de Bañuelos (2019) la herramienta digital obtuvo 159 puntos (**Tabla 53**), correspondientes a un porcentaje de cumplimiento de entre el 80 y 89%, y a una categorización como una herramienta aceptable para la cual se recomiendan mejoras moderadas (**Tabla 24**). Cabe mencionar que la puntuación obtenida por la herramienta digital quedó más cercana al límite inferior (157 puntos) que al límite superior (176 puntos) de dicha categoría.

**Tabla 51.** Autoevaluación de la página web con base en la rúbrica OSCQR Online Learning Consortium (2021).

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor $\frac{1}{2}$ hora o menos	Revisión moderada $\frac{1}{2}$ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
Aspectos generales e información						
1. El curso incluye una bienvenida.	X					
2. El curso proporciona una orientación general, así como una visión general de los módulos, actividades, fechas de entrega, interacciones y evaluaciones. Es predecible y fácil de navegar/encontrar.		X				La herramienta se puede mejorar aclarando la ausencia o presencia de fechas de entrega, la forma de evaluación y el contenido general de los módulos.
3. El curso incluye una sección sobre información del curso y el programa que establece las expectativas del curso de forma clara. La sección puede encontrarse fácilmente.		X				El plan de acción consistirá en incorporar la referencia al programa de estudios y la expectativa esperada en la página principal.
4. Hay una versión impresa del curso/programa disponible para los estudiantes.		X				El plan de acción consistirá en generar la versión impresa del curso y poner la liga a la misma dentro de la página.
5. El curso incluye enlaces a las políticas relevantes de la institución sobre plagio, uso de equipos de cómputo, presentación de quejas, acomodo de discapacidades, etcétera.		X				El plan de acción consistirá en hacer referencia al reglamento de la institución, o en su defecto a recomendaciones generales para una sana navegación.

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor $\frac{1}{2}$ hora o menos	Revisión moderada $\frac{1}{2}$ -2 hora	Revisión mayor +2 horas	No aplica	Plan de acción
6. El curso proporciona acceso a fuentes para el aprendizaje del estudiante (ayuda técnica, servicios de soporte, orientación, honestidad académica, tutoría).		X				Aunque el curso incluye una sección de fuentes, no se incluyen fuentes para la ayuda o soporte técnico. El plan de acción considerará su integración en la sección de fuentes.
7. La información del curso indica con claridad si el curso es completamente en línea, híbrido o enriquecido a través del uso de Internet.		X				No se establece con claridad dentro de la herramienta, pero sí está considerado como parte de su diseño. Se hará la referencia en la página web.
8. El curso de proporciona lineamientos apropiados para la participación exitosa respecto a requerimientos técnicos (ej. versión del navegador, móvil, contenido seguro, fuentes de publicación, pop-ups, micrófono, cámara web).		X				El plan de acción consistirá en incluir un texto breve con los requerimientos técnicos sugeridos para una buena navegación.
9. Los objetivos/resultados del curso están claramente definidos, son mediables y están alineados a las actividades y evaluaciones de aprendizaje.	X					
10. El curso proporciona información de contacto del instructor, departamento y programa.		X				El plan de acción consistirá en agregar una sección de contacto que incluya los datos del desarrollador y/o docente a cargo de la implementación .

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
<b>Tecnología y herramientas</b>						
11. Se indican y soportan con claridad las habilidades requeridas para usar las herramientas (páginas web, software y hardware).		X				El plan de acción consistirá en incorporar un listado de habilidades requeridas para usar las herramientas. Se integrará al texto del plan de acción del numeral 8.
12. Las habilidades técnicas requeridas para participar en las actividades de aprendizaje se construyen en de forma oportuna (orientación, práctica y aplicación -cuando aplique).	X					
13. Las herramientas tecnológicas de uso común son fácilmente accesibles. Cualquier herramienta que no se utiliza es eliminada del menú del curso.	X					
14. El curso incluye enlaces a las políticas de privacidad para las herramientas tecnológicas.		X				El plan de acción consistirá en incluir un aviso de privacidad al calce de la página web.
15. Todas las herramientas tecnológicas cumplen estándares de accesibilidad.	X					

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
Diseño e interfaz						
16. Se establece un diseño lógico, consistente y despejado. El curso es fácil de navegar (gama de colores e íconos consistentes, contenido relacionado organizado conjuntamente, títulos evidentes por sí mismos).	X					
17. Los bloques grandes de información se dividen en secciones pequeñas con amplio espacio blanco alrededor y entre los bloques.	X					
18. Hay contraste suficiente entre el texto y el fondo para que el contenido pueda sr fácilmente visualizado.	X					
19. Se proporcionan instrucciones y están bien redactadas.	X					
20. El curso no presenta errores gramaticales ni ortográficos.	X					
21. El texto está formateado con títulos, encabezados y otros estilos para resaltar la lectura y mejorar la estructura del documento.	X					
22. Se evita el uso de texto parpadeante.	X					

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
23. Se utiliza una fuente sans-serif con tamaño estándar de al menos 12 puntos.	X					
24. La información se presenta en formato lineal en vez de tablas siempre que sea posible.	X					
25. Las tablas se acompañan de un título y resumen.					X	
26. Las columnas y filas de las tablas están tituladas.					X	
27. Las presentaciones (con diapositivas) utilizan un diseño predeterminado e incluyen títulos únicos por diapositiva.		X				Las diapositivas presentan diseños variados, por lo que el plan de acción buscará estandarizar el diseño de las mismas.
28. Para todas las presentaciones, la transición entre diapositivas es simple (no automatizada).	X					

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
Contenido y actividades						
29. El curso ofrece una variedad de recursos que enganchan la presentación del contenido, promueven el aprendizaje y la colaboración, y facilitan la interacción regular y sustantiva con el instructor.	X					
30. El curso proporciona actividades a los estudiantes para desarrollar habilidades de pensamiento de alto nivel y resolución de problemas, tales como reflexión crítica y análisis.				X		El plan de acción consistirá en integrar actividades de aprendizaje basados en la resolución de problemas.
31. El curso proporciona actividades que emulan aplicaciones del mundo real de la disciplina, tales como aprendizaje experimental, estudios de caso y actividades basadas en problemas.				X		El plan de acción consistirá en incorporar estudios de caso para la resolución y reflexión del usuario.
32. Cuando se puede, se utilizan materiales y fuentes de libre acceso, abiertas o de bajo costo.	X					
33. Los materiales y las fuentes incluyen el estatus de copyright y licenciamiento, claramente declarando los permisos para compartir cuando aplica.	X					

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
34. El texto del contenido está accesible en un formato amigable/fácil, preferentemente HTML. Todo el texto del contenido está disponible por tecnología de asistencia, incluyendo un PDF o cualquier texto contenido en una imagen.		X				El texto contenido en imágenes no está accesible en formato de asistencia (ej. texto sin la imagen). El plan de acción consistirá en valorar el texto contenido en las imágenes que amerita presentarse en formato de asistencia e incluirlo en dicho formato dentro de la herramienta.
35. Se proporciona un texto equivalente por cada elemento no textual (ej. capturas/pies de figura, transcritos, etcétera) y descripciones del audio para el contenido basado en videos.		X				No se presenta una transcripción del texto contenido dentro del video. El plan de acción consistirá en hacer la transcripción de texto y referirla cerca al elemento multimedia.
36. Los textos, gráficos e imágenes son entendibles cuando se ven sin color. El texto debe ser utilizado como un método primario para acercar la información.	X					
37. Los enlaces son descriptivos y hacen sentido cuando están fuera de contexto (ej. evitar leyendas como "dé clic aquí).	X					

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
Interacción						
38. Se presentan expectativas instructor-a-estudiante regulares y sustantivas, interacciones y retroalimentación predecible/programado, que son apropiadas para la longitud y estructura del curso, y son fáciles de encontrar.			X			El plan de acción consistirá en incorporar una sección que presente las expectativas de interacción y las vías para ser retroalimentado.
39. Las expectativas para todas las interacciones del curso (instructor a estudiante, estudiante a estudiante, estudiante a instructor) están claramente mencionadas y modeladas en todos los canales de interacción/comunicación.			X			El plan de acción será el mismo que el definido para el numeral 38.
40. Los estudiantes tienen oportunidad de conocer al instructor.		X				El plan de acción consistirá en incorporar una ficha de contacto en donde se presente una breve reseña del docente y las vías para contactarlo.
41. El curso proporciona actividades que construyen un sentido de comunidad de clase, soportan la comunicación abierta, promueven la interacción regular y sustantiva, y establecen confianza (ej. actividades para romper el hielo, tablero de anuncios, horas planeadas de oficina y foros de discusión dedicados).		X				El plan de acción consistirá en diseñar y desarrollar actividades colaborativas que involucren la participación asíncrona, pero social, de los usuarios.

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
42. El curso ofrece oportunidades para la interacción estudiante-estudiante y para la colaboración constructiva.		X				La página web tiene una sección de foro que permite la interacción estudiante-estudiante, pero se considera que requiere revisiones menores que promuevan su uso para fines de colaboración constructiva.
43. Las interacciones del curso proveen a los estudiantes la posibilidad de compartir recursos e inyectar conocimiento de diversas fuentes de información bajo la guía y/o estándares del instructor.		X				El plan de acción consistirá en crear un espacio compartido para que los usuarios puedan cargar información complementaria que desean compartir con otros usuarios.
Evaluación y retroalimentación						
44. Las políticas de evaluación, incluyendo las consecuencias de entregas tardías, están claramente mencionadas en la información del curso / programa de la materia.		X				El plan de acción consistirá en especificar el valor de la evaluación y la fecha de entrega (de haberla).
45. El curso incluye métodos frecuentes, apropiados y auténticos para evaluar el dominio de los estudiantes del contenido.		X				El plan de acción consistirá en evaluar si el instrumento de evaluación actualmente contenido en la página es apropiado para medir el dominio del contenido.

Criterio de evaluación	Suficiente mente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica	Plan de acción
46. Los criterios para la evaluación de una actividad calificada están claramente articulados (rúbrica, ejemplos trabajados).			X			El plan de acción consistirá en incluir una rúbrica de evaluación para especificar los requerimientos de la participación en el foro.
47. El curso proporciona a los estudiantes oportunidades para revisar su desempeño y evaluar su propio aprendizaje a través del curso (ej. pruebas, autoevaluaciones con retroalimentación, actividades reflectivas, evaluaciones por pares, etcétera).	X					
48. Los estudiantes son notificados cuando se requiere una respuesta puntual en un periodo de tiempo. Se proporciona tiempo suficiente para la entrega a fin de que haya oportunidad de que el estudiante prepare la misma.	X					
49. Los estudiantes tienen acceso fácil a una boleta de calificaciones bien diseñada y actualizada.	X					
50. El curso proporciona la oportunidad a los estudiantes de dar su retroalimentación sobre su experiencia en el curso, el diseño del curso, contenido, experiencia de usuario y tecnología.	X					

**Tabla 52.** Resultado numérico de la autoevaluación con base en la rúbrica OSCQR.

	Total de criterios incluidos en cada categoría	Número de criterios clasificados en cada escala de calificación				
		Suficientemente presente	Revisión menor <i>½ hora o menos</i>	Revisión moderada <i>½ -2 hora</i>	Revisión mayor <i>+2 horas</i>	No aplica
Aspectos generales e información	10	2	8	0	0	0
Tecnología y herramientas	5	3	2	0	0	0
Diseño e interfaz	13	10	1	0	0	2
Contenido y actividades	9	5	2	0	2	0
Interacción	6	0	4	2	0	0
Evaluación y retroalimentación	7	4	2	1		0
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>100%</b>	<b>48%</b>	<b>36%</b>	<b>8%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>

**Tabla 53.** Cumplimiento de la página web con base en base en la rúbrica OSCQR y la escala de cumplimiento de Bañuelos (2019).

	Suficientemente presente	Revisión menor	Revisión moderada	Revisión mayor	No aplica	Total
Total de criterios agrupados en cada escala	23	19	4	2	2	
Factor de ponderación	4	3	2	1	0	
<b>Puntuación obtenida</b>	<b>92</b>	<b>57</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>159</b>

## 6. *Discusión y conclusiones*

## 6.1 Discusión

Esta investigación se planteó el objetivo de diseñar una página web bajo los lineamientos del modelo ADDIE para soportar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática “Organismos Genéticamente Modificados” en el nivel medio superior.

En la etapa de análisis de ADDIE la presente investigación consideró información cualitativa encontrando que los docentes de bachillerato con más de diez años de experiencia en sistemas en línea consideran que la educación a distancia está sólidamente fundamentada y que las herramientas en línea son efectivas en general, aunque también opinan que aún hay áreas de oportunidad para que dichas herramientas permitan interacciones equiparables a las que se suscitan en sistemas convencionales basados en la presencialidad de estudiantes y docente. Quizá por lo anterior, los docentes de esta investigación calificaron de mejor manera herramientas como las teleconferencias en tiempo real y las videograbaciones, respecto a herramientas como los foros de discusión, chats y exámenes rápidos, siendo que las primeras (teleconferencias y videograbaciones) son más próximas a la sincronía estudiante-docente. La preferencia por las videograbaciones fue compartida por los estudiantes. Los resultados coinciden con los hallazgos de un estudio realizado en etapas tempranas de la pandemia (COVID-19) y que contó con la participación 107 docentes de Estados Unidos, en donde An et al. (2021) encontraron que el 70% de los participantes utilizaban las video-lecciones y los materiales de lectura como las primeras estrategias instruccionales para soportar el proceso de enseñanza en línea.

García-Martín y Cantón-Mayo (2019) sugieren que los patrones de uso de las tecnologías digitales por parte de docentes de educación secundaria (media superior) están influenciados por la edad, género, experiencia profesional, tipo de escuela y posición académica. Aunque esta investigación recabó información sobre la edad, género y experiencia profesional de los participantes, no analizó la relación entre estos datos y las preferencias de herramientas digitales. Bajo la premisa de García-Marín se esperaría que un análisis de patrón de uso con los datos de este estudio refleje que, por ser quienes tuvieron una mayor representación en la población de estudio, las mujeres en el rango de edad de entre 40 y 50 años sean quienes prefieren las teleconferencias y videograbaciones. Interesantemente, la mayor representatividad en el estudio de An et al. (2021) estuvo dada por mujeres (92%) en el rango de edad de 40 a 49 años (31%), lo que soportaría que es este grupo poblacional quien tiene preferencia por esta herramienta digital. Complementar la presente investigación con un análisis de patrón de uso de las herramientas que fueron

calificadas por los docentes podría ser de ayuda para verificar si la premisa antes referida se repite en este caso. El conocer esta información puede resultar útil para el diseño de herramientas dirigidas a grupos específicos o para incorporar elementos a las herramientas por las que se externa poca preferencia a fin de hacerlas más atractivas para estos grupos poblacionales y así garantizar su uso por parte de los docentes al frente de las clases virtuales.

En claro contraste con la percepción de los docentes, los estudiantes de bachillerato que participaron en el estudio de percepciones favorecieron menos a la educación a distancia, aunque reconocieron su flexibilidad y su efectividad para acercarles las instrucciones, despertar su curiosidad y motivación, y tener un impacto positivo en ellos. Mientras que los docentes del estudio estaban altamente familiarizados con la educación virtual, los estudiantes del estudio de percepciones sólo cursaban un porcentaje de sus asignaturas en línea previo a la pandemia, migrando al esquema virtual al 100% ante la declaratoria de emergencia sanitaria. Lo anterior podría explicar la diferencia de percepciones entre docentes y estudiantes en torno a la educación virtual. Es decir, por una parte, el estudio contempló la opinión de docentes con más de diez años de experiencia en la educación virtual, y por otra, la opinión de estudiantes que se vieron forzados a migrar la totalidad de sus clases a ese mismo esquema. Los estudiantes del estudio citaron el exceso de tareas, la presencia de distractores, los problemas de conexión, las limitaciones en la comunicación y el mal uso de las plataformas digitales como aspectos negativos de la educación a distancia. Respecto a este hallazgo, estudios recientes ya han dado cuenta de las opiniones de los estudiantes que se vieron forzados a tomar sus clases en línea, encontrando que la califican como estresante y con un impacto en su vida social (Chakraborty, Mittal, Gupta, Yadav, & Arora, 2021).

Como parte de la etapa de análisis para el desarrollo de la herramienta digital también se analizó la literatura en donde se reporta que los estudiantes de educación media superior suelen tener concepciones erróneas y presentar dificultades en el proceso de aprendizaje de la biotecnología, incluidos los organismos genéticamente modificados. El conocimiento de lo anterior permitió justificar el desarrollo de la temática de la herramienta digital. Una alternativa para justificar el desarrollo, o bien para soportar la justificación basada en los hallazgos reportados en la literatura, podría haber sido el diseñar y aplicar una evaluación diagnóstica a los participantes de la implementación de la herramienta ADDIE. A través de la evaluación diagnóstica se habrían recabado las concepciones erróneas y opiniones previas en torno a la tecnología transgénica de los alumnos que serían

parte de la implementación. La evaluación diagnóstica se pudo haber incorporado en forma de un cuestionario inicial dentro de la misma herramienta.

A propósito de opiniones, en esta primera etapa de ADDIE también se estudió el posicionamiento gubernamental, científico y popular respecto a los transgénicos en nuestro país, encontrando que hay dos posturas confrontadas. Una postura, apoyada por el Gobierno Federal, presenta un diálogo de oposición hacia esta tecnología como alimento para consumo humano y/o animal, y se mantiene silente respecto a su uso para el desarrollo de medicamentos y vacunas. La segunda postura, apoyada por científicos que se han dedicado a la investigación de OGMs y por las empresas que comercializan esta tecnología, sustentan que no hay evidencia de riesgo hacia el medio ambiente y salud humana y/o animal por el cultivo, uso y/o consumo de alimentos transgénicos, resaltando el rol que ha tenido esta tecnología para otras aplicaciones prácticas como las vacunas de ADN recombinante que han permitido prevenir la transmisión de enfermedades como la COVID-19. Previo al desarrollo de la página web se tenía conocimiento de las dos posturas contrastantes respecto a los OGMs (etapa de análisis), por lo que se procuró presentar contenido neutral sobre la tecnología. No obstante, los hallazgos de la investigación revelaron que, a decir de los participantes de la implementación de la herramienta digital, el contenido de la página estuvo sesgado en pro de la tecnología transgénica. Esto se reflejó en las preguntas “¿Consideras que el contenido de la página tiende a favorecer la tecnología de los OGMs?” y “¿El contenido de la página hizo que cambiara tu opinión sobre los OGMs?”, para las cuales se obtuvieron 16 y 11 respuestas afirmativas, las cuales representaban el 94% y 65% de las respuestas totales, respectivamente. Coincidentemente, se encontró que 71% de las participaciones en el foro se redactaron en sentido positivo, es decir, a favor de los OGMs, pudiendo estar influidas por el contenido de la página web. Pese a este sesgo, destaca el hecho de que la parcialidad detectada en la herramienta permitió confirmar que los métodos expositivos en los cursos en línea son efectivos para sensibilizar e influir en la actitud y opinión de los participantes en torno a un tema, tal y como lo describe la FAO (2011).

Por otra parte, es bien sabido que las creencias del docente tienen la posibilidad de influir en el aprendizaje de los estudiantes (Szabo, 2018). Por ejemplo, se ha reportado que la enseñanza de temas de biotecnología suele estar influenciada por las creencias y limitaciones (ej. limitaciones prácticas) de los docentes (Fonseca, Costa, Lencastre, & Tavares, 2012). Otro estudio realizado en Sri Lanka por Zakeel, Safeena, & Marikar (2016) reveló que los docentes de educación secundaria (medio superior) tenían una opinión

positiva en torno a los alimentos derivados de OGMs, no así sobre la biotecnología aplicada con propósitos médicos; y que existe una correlación positiva entre la importancia de la enseñanza de la biotecnología y el nivel de información que poseen los docentes sobre ésta. Esto último adquiere particular relevancia ya que también se ha reportado que la opinión de los estudiantes de media superior en torno a los OGMs -específicamente respecto a los animales genéticamente modificados- está más influenciada por el conocimiento que llegan a poseer que por sus creencias morales (Chen, Chu, Lin, & Chiang, 2016). De hecho, este mismo estudio sugiere que la educación que reciben en este nivel educativo suele afectar la actitud de los estudiantes hacia las plantas genéticamente modificadas, pero no hacia los animales genéticamente modificados (Chen et al., 2016), reflejando quizá el enfoque, creencias y cantidad de información que es presentada por el docente. En otro estudio, Maes y colaboradores (2018) encuestaron a 4,002 estudiantes de educación media superior para analizar la relación entre la disposición a consumir OGMs y el nivel de conocimiento (entre otras variables como la neofobia alimentaria y el género de los participantes), encontrando una correlación positiva entre el nivel de conocimiento y la disposición de consumo. El estudio también encontró que la mayoría de los participantes del estudio poseían un bajo nivel de conocimiento científico que no les permitiría tomar decisiones informadas sobre el uso de OGMs, y reitera la necesidad de introducir temas de biotecnología desde etapas más tempranas en la formación académica para reforzar el conocimiento científico y regulatorio sobre el tema en estudiantes de educación secundaria. Por otra parte, otras investigaciones han detectado discrepancias entre lo que los estudiantes quieren saber de un tema de biotecnología y lo que los maestros integran en el programa de la materia (Kidman, 2009). Tomando en cuenta estos antecedentes, es posible que la parcialidad en el contenido de la página web de esta investigación haya surgido como consecuencia de tener una opinión favorable hacia la tecnología de ADN recombinante y haber laborado en una organización que realizaba investigación sobre el tema. Esta situación invita a que futuros desarrollos de herramientas digitales basadas en el modelo ADDIE incorporen: 1) un análisis de las expectativas de los estudiantes; y 2) un paso de validación del contenido con pares siempre que exista riesgo por sesgo en las creencias del desarrollador (dicha validación podría incorporarse en la etapa de desarrollo).

La herramienta resultante de esta investigación fue omisa respecto a las expectativas de los estudiantes, factor que posiblemente también contribuyó a su carácter parcial. Una vía para conocer y empatar las expectativas de los estudiantes con el contenido de la herramienta a desarrollar podría ser el utilizar la versión adaptada del modelo ADDIE

conocida como PADDIE, la cual integra una fase de planeación previo a la fase de análisis. Esta fase de planeación sirve para identificar las necesidades de recursos, la problemática a estudiar, el alcance del proyecto, demanda y oferta, y ha sido probada como un modelo efectivo para elaborar objetos de aprendizaje abiertos para temas de ciencias agrícolas (Meraz et al., 2019), temática que resulta cercana a los OGMs. A razón de los resultados de esta investigación, se sugiere que en la etapa P de PADDIE se incluya la detección de las expectativas de la población objetivo o de usuarios potenciales, particularmente si existe riesgo de parcialidad y si para la evaluación de la herramienta se utilizarán rúbricas que integran el criterio de expectativas (ej. de aprendizaje o de interacción) en su medición, como lo hace la rúbrica OSCQR diseñada por el Online Learning Consortium (2021).

Otro aspecto importante que invita a optar por PADDIE versa sobre las necesidades de recursos para desarrollar las herramientas digitales, identificadas desde la etapa de planeación. En este estudio los recursos requeridos (ej. financiamiento) para el desarrollo, diseño y operación de la página web fueron identificados hasta la etapa de desarrollo, en línea con el modelo ADDIE. Al éste ser un proyecto desarrollado como requisito académico no hubo mayor problema en conseguir el financiamiento y el costo de su desarrollo no comprometió su operación. No obstante, si se busca que las herramientas digitales como la aquí diseñada se socialicen para uso masivo por parte de estudiantes y docentes en centros educativos, el identificar los recursos y las fuentes de financiamiento se vuelve una etapa crucial previo a iniciar la etapa de análisis toda vez que la elaboración e implementación del e-learning suele ser costosa (Vallejo, 2014). Similarmente, se deben evaluar los recursos que se requieren para su mantenimiento una vez que ha culminado la fase de evaluación. Para este fin se puede considerar la versión de ADDIE conocida como PADDIEM o PADDIE+M, en donde la M hace referencia a una nueva etapa de mantenimiento que se coloca al final del proceso y que tiene como objetivo verificar el funcionamiento de la herramienta (Meraz et al., 2019) y la vigencia del contenido.

La etapa de diseño de ADDIE fue fundamental para establecer el objetivo de aprendizaje y establecer el diseño general del curso, los cuales estuvieron alineados al programa de estudios de la asignatura. El diseño instruccional explotó el método expositivo enmarcado en la corriente conductista. La elección del conductismo se basó en su enfoque clásico para dosificar la información para el logro de los objetivos de aprendizaje (García Aretio, 2014), y el reconocimiento a los ritmos de aprendizaje propio de los estudiantes (González, 2004). No obstante, es posible que la elección de esta corriente también haya estado influenciada por los estilos de aprendizaje dominantes en mí como desarrollador

(teórico y reflexivo con base en una determinación hecha a través del test de estilos de aprendizaje de Contreras & Del Bosque (2005)), y por ende por mi estilo preferido de enseñanza. Sobre esto último, Retails, Paraskeva, Tzanavari, & Garzotto (2004) refieren que los docentes privilegian su método preferido de enseñanza al momento de adaptar los materiales instruccionales y que el patrón de diseño es intrínsecamente heurístico, fundado en la práctica del diseño. Aunque algunos estudios sugieren que los estilos de aprendizaje no siempre impactan cómo el estudiante interactúa con el método de instrucción y contenido multimedia (Gunawardena & Boverie, 1993), se ha sugerido que las decisiones asociadas al diseño instruccional tienen una influencia directa sobre la motivación de los estudiantes en los cursos en línea -siendo la motivación un factor que se torna más preciso en los modelos a distancia (García Aretio, 2014)-, por lo que la calidad real de un curso sólo es importante si el curso es considerado valioso por los estudiantes (Youger, 2018). A razón de lo anterior es común que se sugiera que los diseñadores instruccionales y docentes en línea deben considerar la diversidad de estilos de aprendizaje para acercar la instrucción al estudiante (Cooze & Barbour, 2007); sin embargo, tampoco se debe perder de vista que el verdadero objetivo del diseño no es “*diseñar 25 planes instruccionales para una clase de 25 estudiantes*”, sino el procurar abarcar distintos estilos en una instrucción capaz de retar a los estudiantes, confrontándolos con estilos de aprendizaje distintos a los propios (Baker, 2007). En este tenor, Habeeb (2016) considera que el diseñador instruccional debe preocuparse menos por los estilos de aprendizaje y enfocarse en el tema del curso para presentar contenido que mezcle elementos visuales, auditivos y kinestésicos, siendo la meta el que el diseño instruccional satisfaga el objetivo de aprendizaje de la mejor manera posible. Sin lugar a duda, la herramienta desarrollada en esta investigación puede ser enriquecida con elementos que se adhieran a otras corrientes pedagógicas a fin de abarcar un mayor número de estilos de aprendizaje. Ello haría que la herramienta no sea fundamentalista o esté inclinada al conductismo, sino que se complemente con las aportaciones del cognitvismo o constructivismo, apegándose así a los abordajes pedagógicos modernos de la educación en línea (Ej. (Mehanna, 2004)). Por ejemplo, incorporar elementos interactivos que requieran la comunicación entre estudiantes; actividades interactivas de aprendizaje en donde el estudiante construya el conocimiento como protagonista del proceso de aprendizaje (ej. estudio de casos, resolución de problemas); actividades basadas en la gamificación, etcétera. La herramienta aquí diseñada podría complementarse si migrara parte de sus elementos del tecnocentrismo al interaccionismo. Al colocar la interacción al centro de las variables en el proceso de

enseñanza-aprendizaje se podría dar mayor peso al componente social (García Aretio, 2014), atacando así la limitación a las relaciones sociales dada por la educación virtual, identificada como uno de los inconvenientes de este esquema por los estudiantes de bachillerato que participaron en el estudio. Equilibrar estos enfoques desde la etapa de diseño impactaría (positivamente) la estructura y el diálogo del contenido en la etapa de desarrollo de ADDIE.

Pese a que la etapa de implementación de la página web consideró un grupo de 24 estudiantes, sólo se detectó la participación de 17. Esta investigación no indagó los motivos por los cuales una parte de los estudiantes que estaban considerados para participar decidieron no hacerlo. La implementación de la herramienta se dio en el marco del ejercicio de práctica docente III del programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, pudiendo ser ésta la causa de que los estudiantes no participaran al no ser una intervención directa del titular de la materia. La fase de implementación se consideró exitosa porque permitió recabar la opinión de los estudiantes, siendo ésta el punto de partida para determinar las mejoras que deberán realizarse a la herramienta en una etapa subsecuente.

La evaluación de la página web se basó en medir la calidad de la herramienta, entendida como la medición de las propiedades inherentes a algo que permiten valorarlo en términos de eficacia (García Aretio, 2014). En términos generales, la página web resultó satisfactoria para los usuarios y logró un porcentaje adecuado de cumplimiento de las buenas prácticas de las metodologías para los cursos en línea, logrando el efecto deseado o esperado. Tanto las encuestas de reacción de los estudiantes como las rúbricas de autoevaluación permitieron conocer elementos importantes que deben ser mejorados en el curso, y aquellos que se deben procurar por ya tener una calidad aceptable. En cuanto a los elementos que deben ser mejorados, se identificó que las categorías de “aspectos generales e información” e “interacción” deben ser atendidos con mayor énfasis. Para mejorar el rubro de “aspectos generales e información” se identifica la necesidad de no obviar requerimientos de los usuarios, pues ello derivó en que se omitiera incorporar elementos relevantes, entre ellos los siguientes: ficha de especificaciones tecnológicas requeridas, glosario, ficha de contacto para reportar problemas de uso o navegación con la herramienta, reseña del desarrollador/docente, transcripciones de los videos, declaración de las expectativas y declaración de fechas de entrega, entre otros. El rubro de “interacción” puede ser nutrido con actividades colaborativas que coloquen a la interacción al centro del proceso de aprendizaje, como ya se mencionó anteriormente. Finalmente, y tomando en cuenta que esta investigación se acotó a medir la calidad de la herramienta y que algunos

detractores de la metodología ADDIE consideran que la estructura del modelo resulta en una evaluación que proporciona poca información para asistir en la mejora de la instrucción (Culatta, 2021), se sugiere continuar la investigación para que, una vez atendidos los criterios que quieren ser revisados, se evalúen los niveles de evaluación subsecuentes en la escala de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016) para: 1) verificar el aprendizaje, 2) el comportamiento (transferencia de conocimiento), y 3) el impacto del curso en la institución en la que sea implementado.

## 6.2 Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo giran en torno a tres temas. Primeramente, destaca la opinión favorable sobre la educación a distancia basada en plataformas tecnológicas por parte de docentes de educación media superior versus la opinión de estudiantes de este mismo nivel educativo. La diferencia de opiniones abre una ventana de oportunidad para que las estrategias didácticas remotas hagan énfasis en los intereses y motivaciones de la población estudiantil que cursa una o la totalidad de sus materias a distancia, a la par de invitar a los diseñadores instruccionales a explotar y optimizar herramientas tecnológicas como grabaciones y teleconferencias en tiempo real para soportar el proceso de enseñanza-aprendizaje remoto, dada la buena aceptación de la que gozan estos recursos por parte de docentes y estudiantes.

En segundo lugar, se demuestra la utilidad del modelo ADDIE para la creación de contenido didáctico digital de calidad aceptable. La herramienta resultante de esta investigación es susceptible a mejoras moderadas que incluyen: 1) la incorporación de una etapa de planeación (PADDIE) que considere las expectativas y conocimientos previos de la población objetivo, así como las necesidades de financiamiento; 2) la validación por pares en el desarrollo del contenido para evitar sesgos (particularmente si se abordan temas que generan polémica, como lo es el caso de los transgénicos); 3) incorporar elementos del interaccionismo para construir relaciones sociales y espacios colaborativos que mitiguen la percepción antisocial de la educación virtual que poseen los estudiantes de educación media superior; 4) incorporar una fase de mantenimiento que verifique la funcionalidad de la herramienta y la vigencia del contenido; 5) incorporar elementos que permitan evaluar la usabilidad, accesibilidad y conveniencia de la herramienta a fin de calificar la experiencia del usuario desde la perspectiva del diseño (*UX: User experience*).

Por último, se confirma la eficacia del método expositivo, como parte del modelo ADDIE, para influir en la reacción y opinión de los estudiantes de educación media superior respecto a la aceptación de los organismos genéticamente modificados.

### 6.3 Limitaciones y Perspectivas

Parte de esta investigación y de sus instrumentos metodológicos, como las encuestas, se planteó y/o diseñó previo a la declaratoria de pandemia por COVID-19. Desde mediados de 2020 surgió una gran cantidad de estudios sobre la educación a distancia, a los cuales se les sigue sumando un número considerable de investigaciones sobre la materia. La mayoría de estos estudios emiten recomendaciones para docentes, diseñadores instruccionales, maestros, estudiantes y responsables de políticas educativas (ej. Goudeau et al., 2021; Hugues, 2020; Miao et al., 2020; Morgan, 2022). Esta investigación podría beneficiarse de evaluar e incorporar las recomendaciones que derivaron de la adopción emergente de la enseñanza a distancia para optimizar el proceso de diseño de herramientas digitales. Aunado a lo anterior, sería importante considerar aquellos estudios que reportan un estrés y agotamiento mental por parte de estudiantes y docentes debido al uso constante y/o excesivo de la educación en línea durante la pandemia (ej. Mheidly et al., 2020). Las encuestas de percepción en este estudio se aplicaron en una etapa muy temprana de la pandemia. Quizá a casi más de dos años de la emergencia sanitaria, el resultado de la medición de percepciones sería distinto y por ende lo serían las consideraciones para el diseño instruccional de herramientas didácticas digitales (ej. incorporar elementos de mitigación del estrés; duración de las actividades; etcétera).

Otra posible limitante de este estudio está dada por la población docente que participó en las encuestas, la cual integraba docentes de todas las áreas del conocimiento a fin de obtener una visión general sobre la educación a distancia. Investigaciones futuras que pretendan desarrollar herramientas didácticas para soportar el proceso de enseñanza de un tema de biología, podrían explorar el únicamente recabar percepciones de docentes de biología. De igual forma, sería útil: 1) analizar la percepción de los docentes de biología en nuestro país sobre los organismos genéticamente modificados, particularmente dado el contexto nacional; 2) analizar la posible correlación entre el nivel de conocimiento y la percepción de los OGMs en docentes (como se ha hecho en otros países y/o con

estudiantes); y 3) ahondar en las problemáticas puntuales que enfrentan los docentes mexicanos durante el proceso de enseñanza de temas de biotecnología.

Finalmente, habiendo resultado una página web de calidad aceptable, se sugiere que futuras investigaciones repliquen su aplicación con docentes y estudiantes que no participaron en el estudio para validarla, identificar los elementos que deben actualizarse o modificarse, y determinar los requerimientos y acciones que deban incorporarse en una etapa de mantenimiento. Una vez hecho lo anterior, la investigación podría extenderse hacia otras temáticas de biología con el fin de crear una serie de contenidos didácticos virtuales alojados en un mismo sitio y disponibles para docentes y estudiantes de biología del nivel medio superior.

## 7. Referencias

- Abad, A., Aguirre, I., Benítez, E., Berzain, G., Colunga, A., Conejo, J., ... Terán, L. (2020). *Marco de referencia para la consolidación de la educación en línea*. Universidad Veracruzana.
- Aboul-Enein, B. H. (2017). Online Collaborative Learning: Opportunities for Interprofessional Education. *Health Education and Care*, 2(1), 1–2. <https://doi.org/10.15761/hec.1000112>
- AECT. (2001). History of distance education. In *The Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. Bloomington, IN: The Association for Educational Communications and Technology.
- Ali, N. A., Eassa, F., & Hamed, E. (2019). Personalized learning style for adaptive e-learning system. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1), 223–230. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/4181.12019>
- Alqurashi, E. (2017). Microlearning: a pedagogical approach for technology integration. In *Conference: International Educational Technology Conference, At Harvard*. Cambridge, MA.
- An, Y., Kaplan-Rakowski, R., Yang, J., Conan, J., Kinard, W., & Daugherty, L. (2021). Examining K-12 teachers' feelings, experiences, and perspectives regarding online teaching during the early stage of the COVID-19 pandemic. *Educational Technology Research and Development*, 69(5), 2589–2613. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10008-5>
- Anderson, B., & Simpson, M. (2012). History and heritage in distance education. *Journal of Open, Flexible, and Distance Learning*, 16(2), 1–10. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1080085.pdf>
- Araujo e Oliveira, B. J., & Rumble, G. (1991). Distance education in Latin America: A review. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 6(1), 30–41. <https://doi.org/10.1080/0268051910060106>
- Avimex. (2021, April 13). Avimex anuncia el desarrollo de Patria: vacuna mexicana contra SARS-CoV-2. Retrieved from <https://avimex.com.mx/noticias-y-eventos/38>
- Bachari, E. El, Abelwahed, E. H., & El Adnani, M. (2011). E-Learning personalization based on Dynamic learners' preference. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 3(3), 200–216. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2011.3314>
- Baker, R. (2007). *Use of learning styles in the selection of instructional strategies: does pedagogy lead to practice?* University of Northern Iowa.
- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Bañuelos, A. M. (2019). La evaluación de cursos en línea mediante rúbrica. El caso de las asignaturas de la B@UNAM. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 11(22), 1–6. <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2019.22.70578>
- Baptista, P., Almazán, A., Loeza, C., López, A., & Cárdenas, J. (2020). Encuesta Nacional a Docentes ante el COVID-19: retos para la educación a distancia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, L, 41–88.
- Barbour, M. K. (2019). The Landscape of K-12 Online Learning. In M. Moore & W. Diehl (Eds.), *Handbook of Distance Education* (4th ed., pp. 521–542). Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9781315296135-41>

- Barbour, M. K., & LaBonte, R. (2017). *State of the nation: K-12 online learning in Canada*. Retrieved from <http://k12sotn.ca/wp-content/uploads/2016/12/StateNation16.pdf>
- Barış, Ç. Ç., & Kırbaşlar, F. G. (2015). A Study of Certain Biology and Biotechnology Concepts in Secondary School and High School Course Books in Terms of Scientific Competency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 420–426. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.684>
- Bates, A. W. (Tony). (2019). *Teaching in a Digital Age. Guidelines for designing teaching and learning* (Second). Tony Bates Associates LTD. Retrieved from <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>
- Berlanga, A. (2006). *Diseños instructivos adaptativos: formación personalizada y reutilizable en entornos educativos. Tesis Doctoral*. Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias.
- Bernath, U., Busch, F. W., Garz, D., Hanft, A., Hülsmann, T., Moschner, B., ... Zawacki-Richter, O. (2005). *The Evolution, Principles and Practices of Distance Education. Pharmaceutical Biotechnology* (Vol. 11). Oldenburg: BIS-Verlag der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Bezhovski, Z., & Poorani, S. (2011). The Evolution of E-Learning and New Trends. *Information and Knowledge Management*, 6(3), 50–57. Retrieved from <https://www.iiste.org/Journals/index.php/IKM/article/view/29274>
- Bilgiç, H. G., Doğan, D., & Seferoğlu, S. S. (2016). Digital Natives in Online Learning Environments. In M. M. Pinheiro & D. Simoes (Eds.), *Handbook of Research on Engaging Digital Natives in Higher Education Settings* (pp. 192–221). United States of America: Information Science Reference (IGI Global). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0039-1.ch009>
- Bogliaccini, J. A. (2018). *La Educación en Uruguay Mirada desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Montevideo, Uruguay: INEE y UNICEF. Retrieved from [https://www.ineed.edu.uy/images/publicaciones/informes/InformeODS\\_v06.pdf](https://www.ineed.edu.uy/images/publicaciones/informes/InformeODS_v06.pdf)
- Bolívar, F. (Ed.). (2017). *Transgénicos. Grandes beneficios, ausencia de daños y mitos* (Primera). México: Academia Mexicana de Ciencias A.C.
- Bonk, C. J., Wisher, R. A., & Lee, J.-Y. (2004). Moderating Learner-Centered E-Learning: Problems and Solutions, Benefits and Implications. In T. Roberts (Ed.), *Online Collaborative Learning: Theory and Practice*. United States of America: Information Science Publishing (Idea Group Inc.).
- Bosco Hernández, M. D., & Barrón Soto, H. (2008). *La educación a distancia en México: narrativa de una historia silenciosa* (Primera ed). México: SUAFyL, Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from [http://ru.ffyl.unam.mx:8080/bitstream/10391/3714/1/Bosco\\_Barron\\_Educacion\\_a\\_distancia\\_Mex\\_2008.pdf](http://ru.ffyl.unam.mx:8080/bitstream/10391/3714/1/Bosco_Barron_Educacion_a_distancia_Mex_2008.pdf)
- Bozkurt, A. (2019). From Distance Education to Open and Distance Learning: a Holistic Evaluation of History, Definitions and Theories. In S. Sigman-Ugur & G. Kurubacak (Eds.), *Handbook of Research on Learning in the Age of Transhumanism* (pp. 252–273). Hershey, PA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8431-5.ch016>

- Caliskan, H. (2012). Open Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, (January). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Carcaño, E. (2021). Herramientas digitales para el desarrollo de aprendizajes. *Revista Vinculando*. Retrieved from <https://vinculando.org/educacion/herramientas-digitales-para-el-desarrollo-de-aprendizajes.html>
- Chakraborty, P., Mittal, P., Gupta, M. S., Yadav, S., & Arora, A. (2021). Opinion of students on online education during the COVID-19 pandemic. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 3(3), 357–365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hbe2.240>
- Chávez, J., del Toro, M., & López, O. (2017). Blog, correo electrónico y foros temáticos: su uso, dominio y actitud en estudiantes de educación media superior de México. *Hamut'ay*, 4(2), 45–54. <https://doi.org/10.21503/hamu.v4i2.1471>
- Chen, S.-Y., Chu, Y.-R., Lin, C.-Y., & Chiang, T.-Y. (2016). Students' knowledge of, and attitudes towards biotechnology revisited, 1995–2014: Changes in agriculture biotechnology but not in medical biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44(5), 475–491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bmb.20969>
- Clark, J. T. (2020). Distance education. In *Clinical Engineering Handbook. Section 6: Professionalism, education, and ethics* (Second Edi, pp. 410–415). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00063-8>
- Colace, F., De Santo, M., & Greco, L. (2014). E-learning and personalized learning path: A proposal based on the adaptive educational hypermedia system. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(2), 9–16. <https://doi.org/10.3991/ijet.v9i2.3211>
- CONACYT. (2019). Acerca de la CIBIOGEM. Retrieved November 25, 2021, from <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/cibiogem>
- Congreso de la Unión. (2020). Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. México.
- Contreras, O., & Del Bosque, E. (2005). *Aprender con estrategia: desarrollando mis inteligencias múltiples*. México: Editorial Pax.
- Cookson, P. S., & Domínguez, G. N. (2015). Un cuento de dos países: educación a distancia de México y Estados Unidos de América. *Revista Española de Educación Comparada*, 26(2015), 61–69. <https://doi.org/10.5944/reec.26.2015>
- Cooze, M., & Barbour, M. K. (2007). Learning Styles: A Focus upon E-Learning Practices and their Implications for Successful Instructional Design. *Journal of Applied Educational Technology*, 4(1), 20.
- Corona, K. (2021). La verdad sobre los organismos transgénicos. *Reporte Indigo*. Retrieved from <https://www.reporteindigo.com/piensa/la-verdad-sobre-los-organismos-transgenicos/>
- Cruz, P. J. (2018). El estado de la educación secundaria en América Latina. Una mirada desde los indicadores internacionales comparados. In N. Lopez (Ed.), *Desafíos de la educación secundaria en América Latina. Ponencias del Foro Regional de Políticas Educativas 2018* (pp. 6–589). París, Francia: UNESCO.

- Cuesta, L. (2010). The design and development of online course materials: some features and recommendations. *Profile*, 12(1), 181–201. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/prf/v12n1/v12n1a12.pdf>
- Culatta, R. (2021). Weaknesses of the ADDIE Model. Retrieved December 2, 2021, from [https://www.instructionaldesign.org/models/addie/addie\\_weaknesses/](https://www.instructionaldesign.org/models/addie/addie_weaknesses/)
- Dawson, V., & Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38(1), 7–12. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655889>
- de la Vega, M., Morca, A., & de las Haras, M. (2018). Conocimientos y actitud hacia la biotecnología en alumnos de último curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 15(3), 330101–330112. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i3.3301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3301)
- Demiray, U. (2003). Defining Distance Education. In A. İşman, M. Barkan, & U. Demiray (Eds.), *Online Distance Education Book*. The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET). Retrieved from <http://www.tojet.net/e-book/ebook.htm#1>
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. United States: Macmillan.
- Diario Oficial de la Federación. (2020). Decreto por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e im. México.
- Díaz, B. M. E., & Martín, P. M. J. (2020). El proceso de construcción del instrumento de evaluación de asesores de un bachillerato en línea. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 23(11), 1–6.
- Dichev, C., Dicheva, D., Agre, G., & Angelova, G. (2013). Current practices, trends and challenges in k-12 online learning. *Cybernetics and Information Technologies*, 13(3), 91–110. <https://doi.org/10.2478/cait-2013-0028>
- Docebo. (2014). *E-Learning market trends and forecast: 2014-2016 Report. A report by Docebo*. Retrieved from <https://www.docebo.com/landing/contactform/elearning-market-trends-and-forecast-2014-2016-docebo-report.pdf>
- Docebo. (2016). *Elearning market trends and forecast 2017-2021. A report by Docebo*. Retrieved from [https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TP271/Additional material/docebo-elearning-trends-report-2017.pdf](https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TP271/Additional%20material/docebo-elearning-trends-report-2017.pdf)
- Dolasinski, M. J., & Reynolds, J. (2020). Microlearning: A New Learning Model. *Journal of Hospitality and Tourism Research*, 44(3), 551–561. <https://doi.org/10.1177/1096348020901579>
- Domínguez, C., Organista, J., & López, M. (2018). Diseño instruccional para el desarrollo de contenidos educativos digitales para teléfonos inteligentes. *Apertura*, 10(2), 80–93. <https://doi.org/10.32870/Ap.v10n2.1346>
- Dron, J., & Anderson, T. (2016). The Future of E-learning. In C. Haythornthwaite, R. Andrews, J. Fransman, & E. Meyers (Eds.), *SAGE Handbook of E-learning Research*. SAGE. Retrieved from <https://auspace.athabascau.ca/handle/2149/3542>

- Duda, H. J., Wahyuni, F. R. E., & Setyawan, A. E. (2020). Plant biotechnology: Studying the misconception of biology education students. *AIP Conference Proceedings*, 2296(1), 20101. <https://doi.org/10.1063/5.0030449>
- FAO. (2011). *E-learning methodologies. A guide for designing and developing e-learning courses*.
- FAO. (2021). *E-learning methodologies and good practices. A guide for designing and delivering e-learning solutions from the FAO elearning Academy*. <https://doi.org/10.4060/i2516e>
- Fernández, J. P. (2016). La adquisición y desarrollo de la competencia digital en alumnos de educación secundaria . Estudio de caso. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 7(2), 83–98. Retrieved from <https://doi.org/10.18861/cied.2016.7.2.2612>
- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 368–381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.007>
- Gallardo-Echenique, E. E., Marqués-Molías, L., Bullen, M., & Strijbos, J. W. (2015). Let's talk about digital learners in the digital era. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 16(3), 156–187. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i3.2196>
- García-Cabrero, B., Luna Serrano, E., Ponce Ceballos, S., Cisneros-Cohernour, E. J., Cordero Arroyo, G., & Espinosa Díaz, Y. (2018). Las competencias docentes en entornos virtuales: un modelo para su evaluación (Teaching competences in virtual environments: a model for their evaluation). *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), 343–365. <https://doi.org/10.5944/ried.21.1.18816>
- García, A. (2017). *Transgénicos. Aprendizaje de una controversia sociocientífica*. Universidad de Almería.
- García Aretio, L. (2003). La educación a distancia. Una visión global. *Boletín Ilustre Colegio de Doctores y Licenciados de España*, 146, 13–27.
- García Aretio, L. (2011). Perspectivas teóricas de la educación a distancia y virtual. *Revista Española de Pedagogía*, 249, 255–271.
- García Aretio, L. (2012). ¿Qué es “educación a distancia” (EaD)? *Contextos Universitarios Mediados*, 12(15).
- García Aretio, L. (2014). *Bases, Mediaciones y Futuro de la Educación a Distancia en la Sociedad Digital* (Primera ed). España: Editorial Síntesis.
- Gaskell, A. (2007). Open learning and e-learning. *The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 22(1), 1–4. <https://doi.org/10.1080/02680510601097406>
- Gierdowski, D. (2019). *ECAR Study of Undergraduate Students and Information Technology, 2019. Research Report*. Louisville, CO: ECAR, October 2019. Retrieved from <https://news.wisc.edu/study-college-students-prefer-classes-with-online-learning/>
- Gil, M. (2004). Modelo de diseño instruccional para programas educativos a distancia. *Perfiles Educativos*, 26(104), 93–114.
- González, A. (2004). Aportaciones de la psicología conductual a la educación. *Revista*

*Electrónica Sinéctica*, (25), 15–22.

- Goudeau, S., Sanrey, C., Stanczak, A. et al. Why lockdown and distance learning during the COVID-19 pandemic are likely to increase the social class achievement gap. *Nat Hum Behav* 5, 1273–1281 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01212-7>
- Grand-Clement, S. (2017). *Digital Learning: Education and skills in the digital age*. *Digital Learning: Education and skills in the digital age*. Santa Monica, California: RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/cf369>
- Greenwood-Sanchez, D., & Colín, M. (2018). *Los transgénicos en México: 20 años de resistencia y lucha*. México: Greenpeace.
- Grunewald, W., Bury, J., & Inzé, D. (2013). Thirty years of transgenic plants. *Nature*, 497(7447), 40. <https://doi.org/10.1038/497040a>
- Gunawardena, C., & Boverie, P. (1993). Impact of learning styles on instructional design for distance education. In *16th World Conference of the International Council of Distance Education*. Bangkok, Thailand.
- Habeeb, A. (2016). Instructional Design and Learning Styles. Retrieved December 2, 2021, from <https://elearningindustry.com/instructional-design-and-learning-styles>
- Harasim, L. (2012). *Learning Theory and Online Technologies*. *Learning Theory and Online Technologies*. United States of America: Routledge Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9781315716831>
- Harms, U. (2002). Biotechnology Education in Schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5, 5–6. Retrieved from [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-34582002000300003&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-34582002000300003&nrm=iso)
- He, X., & Wray, D. (2017). Digital Literacies in a Chinese Secondary School. In A. Marcus-Quinn & T. Hourigan (Eds.), *Handbook on Digital Learning for K-12 Schools* (pp. 233–249). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33808-8>
- Hedberg, J. C., & Ping, L. C. (2004). Charting trends for e-learning in Asian schools. *Distance Education*, 25(2), 199–213. <https://doi.org/10.1080/0158791042000262148>
- Herrera-Estrella, L. (2020). My journey into the birth of plant transgenesis and its impact on modern plant biology. *Plant Biotechnology Journal*, 18(7), 1487–1491. <https://doi.org/10.1111/pbi.13319>
- Herrera-Estrella, L., Depicker, A., Van Montagu, M., & Schell, J. (1983). Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature*, 303(5914), 209–213. <https://doi.org/10.1038/303209a0>
- Horton, W. (2006). *E-learning by Design*. San Francisco, CA: Pfeiffer. Retrieved from [http://elearning.fit.hcmup.edu.vn/~longld/References for TeachingMethod&EduTechnology - Tai lieu PPDH & Cong Nghe Day Hoc/\(Book\) - Sach tham khao - eLearning/e-Learning Design/Elearning by Design \(Horton W. 2006\).pdf](http://elearning.fit.hcmup.edu.vn/~longld/References%20for%20TeachingMethod&EduTechnology%20-%20Tai%20lieu%20PPDH%20&%20Cong%20Nghe%20Day%20Hoc/(Book)%20-%20Sach%20tham%20khao%20-%20eLearning/e-Learning%20Design/Elearning%20by%20Design%20(Horton%20W.%202006).pdf)
- Howard, S. K., & Mozejko, A. (2015). Considering the history of digital technologies in education. In M. Henderson & G. Romero (Eds.), *Teaching and Digital Technologies: Big Issues and Critical Questions* (pp. 157–168). Port Melbourne, Australia:

Cambridge University Press.

- Hubackova, S. (2015). History and Perspectives of Elearning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1187–1190. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.594>
- Hughes, C. (2020) Some implications of COVID-19 for remote learning and the future of schooling. *Current and Critical Issues in Curriculum, Learning and Assessment. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. France. No. 36. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373229>
- INACOL. (2011). *Online and Blended Learning: case studies from K-12 schools around the world*. (M. Barbour, L. Haslet, & J. Hunt, Eds.). Vienna, VA: International Association for K-12 Online learning. Retrieved from <https://www.manchester.ac.uk/study/online-blended-learning/>
- INEE. (2019). La Educación Obligatoria en México Informe 2019. Retrieved May 17, 2020, from [https://www.inee.edu.mx/medios/informe2019/stage\\_01/tem\\_05.html](https://www.inee.edu.mx/medios/informe2019/stage_01/tem_05.html)
- INEEd. (2019). *Informe sobre el estado de la educación en Uruguay 2017-2018* (Vol. 3). Montevideo, Uruguay: Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Iñiguez, F. (2005). *La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Universidad de Barcelona.
- Iñiguez, F., & Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(3), 307–327.
- International Baccalaureate. (2020). IB Diploma Programme. Retrieved June 3, 2020, from <https://www.ibo.org/programmes/diploma-programme/>
- Internet World Stats. (2020). World Internet Usage and Population Statistics 2020 Year-Q1 Estimates. Retrieved from <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- Jardines, F. (2009). Desarrollo historico de la educacion a distancia (Historical development of distance education). *Innovaciones de Negocios*, 6(12), 225–236. Retrieved from [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/6.2/A5.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/6.2/A5.pdf)
- Joksimovic, S., Kovanovic, V., Skrypnyk, O., Gasevic, D., Dawson, S., & Siemens, G. (2015). The history and state of online learning. In G. Siemens, D. Gasevic, & S. Dawson (Eds.), *Preparing for the Digital University: A review of the history and current state of distance, blended, and online learning* (pp. 93–132). Athabasca AB Canada: Athabasca University. Retrieved from <http://linkresearchlab.org/PreparingDigitalUniversity.pdf>
- Journell, W. (2010). Perceptions of e-learning in secondary education: a viable alternative to classroom instruction or a way to bypass engaged learning? *Educational Media International*, 47(1), 69–81. <https://doi.org/10.1080/09523981003654985>
- Jung, I. (2019). Introduction to Theories of Open and Distance Education. In I. Jung (Ed.), *Open and Distance Education Theory Revisited* (1st ed., pp. 1–3). Singapore: Springer.
- Kaye, A. (1988). La enseñanza a distancia: situación actual. In *Perspectivas: revista*

- trimestral de educación* (Vol. XVIII, pp. 43–53). UNESCO.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kentnor, H. (2015). Distance Education and the Evolution of Online Learning in the United States. In *Curriculum and Teaching Dialogue* (Vol. 17, pp. 21–34). Retrieved from [https://digitalcommons.du.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1026&context=law\\_facpub](https://digitalcommons.du.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1026&context=law_facpub)
- Khalil, M. K., & Elkhider, I. A. (2016). Applying learning theories and instructional design models for effective instruction. *Advances in Physiology Education*, 40(2), 147–156. <https://doi.org/10.1152/advan.00138.2015>
- Kidman, G. (2009). Attitudes and interests towards biotechnology: the mismatch between students and teachers. *Eusaria Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(2), 135–143. Retrieved from <https://www.ejmste.com/download/attitudes-and-interests-towards-biotechnology-the-mismatch-between-students-and-teachers-4146.pdf>
- Kiilu, R., & Muema, E. (2012). An E-Learning Approach to Secondary School Education: E-Readiness Implications in Kenya. *Journal of Education and Practice*, 3(16), 142–148. Retrieved from <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/view/3707%5Cnhttp://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/viewFile/3707/3756>
- Kirkpatrick, J., & Kirkpatrick, W. (2016). *Kirkpatrick's four levels of training evaluation*. (A. Press, Ed.). United States of America.
- Kobayashi, M. (2017). Students' media preferences in online learning. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 18(3), 4–15.
- Kolikant, Y. B. D. (2010). Digital natives, better learners? Students' beliefs about how the Internet influenced their ability to learn. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1384–1391. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.04.012>
- Kopáčková, H. (2015). Characteristics of digital natives generation in the context of mobile learning. *International Conference on Information and Digital Technologies, IDT 2015*, (November), 155–160. <https://doi.org/10.1109/DT.2015.7222966>
- Kotoua, S., Ilkan, M., & Kilic, H. (2015). The Growing of Online Education in Sub Saharan Africa: Case Study Ghana. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2406–2411. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.670>
- Lachowski, S., Jurkiewicz, A., Choina, P., Florek-Łuszczki, M., Buczaj, A., & Goździewska, M. (2017). Readiness of adolescents to use genetically modified organisms according to their knowledge and emotional attitude towards GMOs. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(2), 194–200. <https://doi.org/10.26444/aaem/74478>
- Lata, K. D., & Shipra, S. (2016). Digital Pedagogy in Teacher Education. *International Journal of Information Science and Computing*, 3(2), 67–72. <https://doi.org/10.5958/2454-9533.2016.00008.9>
- Lave, J., & Etienne, W. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation (Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lewis, R. (1986). What is open learning? *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 1(2), 5–10. <https://doi.org/10.1080/0268051860010202>

- López Montesinos, O. A., Pérez, E. F., Fuentes, E. E. S., Luna-Espinoza, I., & Cuevas, F. A. (2016). Perceptions and attitudes of the Mexican urban population towards genetically modified organisms. *British Food Journal*, *118*(12), 2873–2892. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2016-0247>
- Lorenz-Spreen, P., Mørsted, B. M., Hövel, P., & Lehmann, S. (2019). Accelerating dynamics of collective attention. *Nature Communications*, *10*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09311-w>
- Lupion Torres, P., & Rama, C. (2010). Algunas de las características dominantes de la educación a distancia en América Latina y el Caribe. In P. Lupion Torres & C. Rama (Eds.), *La Educación Superior a Distancia en América Latina y el Caribe. Realidades y Tendencias* (p. 144). Unisul. Retrieved from [https://virtualeduca.org/documentos/observatorio/oevalc\\_2010\\_\(tendencias\).pdf](https://virtualeduca.org/documentos/observatorio/oevalc_2010_(tendencias).pdf)
- Lynas, M. (2020). Yes, some COVID vaccines use genetic engineering. Get over it. Retrieved November 25, 2021, from <https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2020/12/yes-some-covid-vaccines-use-genetic-engineering-get-over-it/>
- Machová, M., & Ehler, E. (2021). Secondary school students' misconceptions in genetics: origins and solutions. *Journal of Biological Education*, *0*(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136>
- Maes, J., Bourgonjon, J., Gheysen, G. et al. Variables Affecting Secondary School Students' Willingness to Eat Genetically Modified Food Crops. *Res Sci Educ* *48*, 597–618 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9580-4>
- Mark, J. J. (2011). Writing. In *Ancient History Encyclopedia*. Canada: Ancient History Encyclopedia Foundation. Retrieved from <https://www.ancient.eu/writing/>
- Marsteller, R. B., & Bodzin, A. M. (2015). The effectiveness of an online curriculum on high school students' understanding of biological evolution. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(6), 803–817. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9565-5>
- Mason, R., & Rennie, F. (2006). *E-learning, The Key Concepts*. Routledge Taylor & Francis Group.
- McCue, T. (2018). E Learning Climbing To \$325 Billion By 2025 UF Canvas Absorb Schoology Moodle. Retrieved May 17, 2020, from <https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2018/07/31/e-learning-climbing-to-325-billion-by-2025-uf-canvas-absorb-schoology-moodle/#34c36e4f3b39>
- MEC. (2017). *Panorama de la Educación 2017*. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Educación y Cultura, Dirección de Educación. Retrieved from <https://icauc.mec.gub.uy/innovaportal/file/11078/1/panorama-2017.pdf>
- MEC. (2020). Plan Ceibal. Retrieved June 4, 2020, from <https://www.ceibal.edu.uy>
- Mehanna, W. N. (2004). e-Pedagogy: the pedagogies of e-learning. *Alt-J Research in Learning Technology*, *12*(3), 279–293. <https://doi.org/10.1080/0968776042000259582>
- Meraz, J., García, J., Fernández, Y., Jiménez, M., Medina, R., & Sangerman-Jarquín, D. (2019). Elaboración de objetos de aprendizaje abiertos para ciencias agrícolas bajo la metodología PADDIEM. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(5), 1097–

1110. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1701>

- Mheidly N, Fares MY and Fares J (2020) Coping With Stress and Burnout Associated With Telecommunication and Online Learning. *Front. Public Health* 8:574969. doi: 10.3389/fpubh.2020.574969 Mills Shaw, K. R., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178(3), 1157–1168. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- Miao, F., Huang, R., Liu, D., & Zhuang, R. (2020) Ensuring effective distance learning during COVID-19 disruption: guidance for teachers. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. France. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375116>
- Moore, J. L., Dickson-Deane, C., & Galyen, K. (2011). E-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same? *Internet and Higher Education*, 14(2), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2010.10.001>
- Moore, M. (1973). Toward a Theory of Independent Learning and Teaching. *The Journal of Higher Education*, 44(9), 661–679. <https://doi.org/10.2307/1980599>
- Moreno, C. M. (2015). La Educación Superior a Distancia en México. Una propuesta para su análisis histórico. In G. J. Zubieta & V. C. Rama (Eds.), *La Educación a Distancia en México: Una Nueva Realidad Universitaria* (Primera ed, pp. 47–64). México: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1440.9360>
- Morgan, H. (2022) Alleviating the Challenges with Remote Learning during a Pandemic. *Educ. Sci.* 12, 109. <https://doi.org/10.3390/educsci12020109>
- Mouzakitis, G., & Tuncay, N. (2011). E-Learning and lifelong learning. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 12(1 (Article 9)), 166–173.
- Navarrete-Cazales, Z., & Manzanilla-Granados, H. M. (2017). Panorama De La Educación a Distancia En México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 13(1), 65–82. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134152136004.pdf> <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134152136004>
- Nicholson, P. (2007). A history of E-learning: Echoes of the pioneers. In B. Fernández-Manjón, J. M. Sánchez-Pérez, J. A. Gómez-Pulido, M. A. Vega-Rodríguez, & J. Bravo-Rodríguez (Eds.), *Computers and Education: E-Learning, from Theory to Practice* (pp. 1–11). Springer, Dordrecht.
- Occelli, M., Malin, V., & Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 10(2), 227–242.
- OCDE. (2015). *La educación a distancia en la educación superior en América Latina*. (C. de la O. en México, Ed.). Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Instituto Politécnico Nacional.
- Olson, J., Codde, J., DeMaagd, K., Tarkelson, E., Sinclair, J., Yook, S., & Egidio, R. (2011). *An Analysis of e-Learning Impacts & Best Practices in Developing Countries With Reference to Secondary School Education in Tanzania An Analysis of e-*

*Learning Impacts & Best Practices in Developing Countries With Reference to Secondary School Education in. USA: Michigan State University.*

- Online Learning Consortium, I. (2021). The SUNY Online Course Quality Review Rubric OSCQR. Retrieved November 15, 2021, from <https://oscqr.suny.edu/>
- Ortega-Villegas, M., Zizumbo-Villarreal, L., Monterroso-Salvatierra, N., & Hernández-Lara, O. G. (2018). Leyes de semillas y maíz transgénico. Análisis desde la co-producción entre ciencia y regímenes económico-políticos en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15, 413–442. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722018000300413&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000300413&nrm=iso)
- Palvia, S., Aeron, P., Gupta, P., Mahapatra, D., Parida, R., Rosner, R., & Sindhi, S. (2018). Online Education: Worldwide Status, Challenges, Trends, and Implications. *Journal of Global Information Technology Management*, 21(4), 233–241. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2018.1542262>
- Pamoja. (2020). Learning beyond the classroom. Retrieved from <https://pamojaeducation.com/>
- Papadopoulou, A. (2021). Learner Assessment in Online Courses: Best Practices & More. Retrieved November 24, 2021, from <https://www.learnworlds.com/learner-assessment-best-practices-course-design/#four>
- Paulsen, M. F. (2003). *Online Education. Learning Management Systems. Global E-learning in a Scandinavian Perspective* (1st editio). Bekkestua, Norway: NKI Forlaget. Retrieved from <https://issuu.com/mfpaulsen/docs/onlineeducation>
- Pedro, L. F. M. G., Barbosa, C. M. M. d., & Santos, C. M. . (2018). A critical review of mobile learning integration in formal educational contexts. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(10). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0091-4>
- Penn, M., & Ramnarain, U. (2006). The effects of scientific literacy on high school science learners' attitudes towards socio-scientific issues: the case of genetically modified organisms. *ICESSE*. Johannesburg, South Africa.
- Peterson, C. (2003). Bringing ADDIE to Life: Instructional Design at Its Best. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12(3), 227–241. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/p/2074>
- Platt, C., Amber, N., & Yu, N. (2014). Virtually the Same?: Student Perceptions of the Equivalence of Online Classes to Face-to-Face Classes. *Journal of Online Learning and Teaching*, 10(3), 489.
- Purcell, B. Y. K., Buchanan, J., & Friedrich, L. (2013). The Impact of Digital Tools on Student Writing and How Writing is Taught in Schools. *Pew Research Center Internet & Technology*. Retrieved from <https://www.pewresearch.org/internet/2013/07/16/the-impact-of-digital-tools-on-student-writing-and-how-writing-is-taught-in-schools/>
- Retails, S., Paraskeva, F., Tzanavari, A., & Garzotto, F. (2004). Learning Styles and Instructional Design as Inputs for Adaptive Educational Hypermedia Material Design. *Συνέδριο ΕΤΠΕ*, 710–718.
- Roquet, G. G. (2006). Antecedentes históricos de la educación a distancia. *RIED. Revista*

*Iberoamericana de Educación a Distancia*. México: CUAED-UNAM.  
<https://doi.org/10.5944/ried.2.1.2084>

- Roser, M., & Nagdy, M. (2020). Projections of future education. Retrieved May 17, 2020, from <https://ourworldindata.org/projections-of-future-education#citation>
- Rubin, J. (2012). Technology's Impact on the Creative Potential of Youth. *Creativity Research Journal*, 24(2–3), 252–256. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.677370>
- Rumble, G. (1986). *The Planning and Management of Distance Education*. (C. Helm, Ed.). London, United Kingdom: Routledge.
- Rutter, D. (1987). *Communicating by Telephone* (1st ed.). Great Britain: Pergamon Press.
- Sadeghi, M. (2019). A shift from classroom to distance learning: advantages and limitations. *Internasional Journal of Reserach in Englissh (IJREE)*, 4(1), 80–88.
- Salavati, S. (2016). *Use of digital technologies in education. The complexity of teachers' everyday practice*. Linnaeus University.
- Saykili, A. (2018). Distance education: Definitions, generations, key concepts and future directions. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 5(1), 2–17. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1207516&site=ehost-live&scope=site>
- Scagnoli, N. (2009). A Review of Online Learning and its Evolution in Latin America. *Policy Futures in Education*, 7(5), 555–565.
- SEMARNAT. (2021). Módulo III OGM: Organismos Genéticamente Modificados (Transgénicos en México). Retrieved November 25, 2021, from <https://cursos.semarnat.gob.mx/>
- SEMARNAT México. (2021, November 15). Curso gratuito en línea “#Glifosato y organismos genéticamente modificados.” *Twitter*. Retrieved from [https://twitter.com/SEMARNAT\\_mx/status/1460308758106624002](https://twitter.com/SEMARNAT_mx/status/1460308758106624002)
- Serdyukov, P. (2015). Does online education need a special pedagogy? *Journal of Computing and Information Technology*, 23(1), 61–74. <https://doi.org/10.2498/cit.1002511>
- Sierra, S. (2020, May 15). Maestros en línea: “Más aprende el que enseña.” *El Universal*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Strmečki, D., Bernik, A., & Radošević, D. (2015). Gamification in e-learning: Introducing gamified design elements into e-learning systems. *Journal of Computer Science*, 11(12), 1108–1117. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2015.1108.1117>
- Subsecretaría de Educación Media Superior. (2018). *Biología I. Programa de estudios. Tercer Semestre*. México: Dirección General del Bachillerato.
- Sudarsana, I. K., Armaeni, K. W. A., Sudrajat, D., Abdullah, D., Satria, E., Saddhono, K., ... Ekalestari, S. (2019). The Implementation of the E-Learning Concept in Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1363(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1363/1/012063>
- Sumner, J. (2000). Serving the system: A critical history of distance education. *Open*

- Learning*, 15(3), 267–285. <https://doi.org/10.1080/713688409>
- Sun, A., & Chen, X. (2016). Online education and its effective practice: A research review. *Journal of Information Technology Education: Research*, 15(2016), 157–190. <https://doi.org/10.28945/3502>
- Szabo, I. (2018). Influence of the Teacher's Personal Beliefs and Values in Teaching. *International Journal For Empirical Education and Research*, 2(13), 12–21. <https://doi.org/10.35935/edr/28.2112>
- Taha, M. (2014). *Investigating the success of e-learning in secondary schools: the case of the Kingdom of Bahrain*. Brunel University.
- Tarquino, A. (2018). *El abordaje de los organismos genéticamente modificados en la formación docente*. Universidad Nacional de la Plata. Retrieved from <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1606/te.1606.pdf>
- Tavukcu, T., Arap, I., & Özcan, D. (2011). General overview on distance education concept. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 3999–4004. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.404>
- Tonucci, F., Bucio, M., Calderón, D., & Schmelkes, S. (2020). Educación a Distancia. Retos y Oportunidades en contexto de la Jornada Nacional de Sana Distancia (Conversatorio) Mexicanos Primero. Retrieved from <https://www.facebook.com/SIPINNAMX/videos/1627010287455635/>
- Toribio, L. (2020, May). Enfrentan analfabetismo digital; docentes tienen dificultades para enseñar. *Excelsior*, 1–7. Retrieved from <https://www.excelsior.com.mx/nacional/enfrentan-analfabetismo-digital-docentes-tienen-dificultades-para-ensenar/1382086>
- Torres, I. (2019). Transgénicos, un tema politizado: Luis Herrera Estrella. *Crónica*. Retrieved from [https://www.cronica.com.mx/notas-transgenicos\\_un\\_tema\\_politizado\\_luis\\_herrera\\_estrella-1131797-2019.html](https://www.cronica.com.mx/notas-transgenicos_un_tema_politizado_luis_herrera_estrella-1131797-2019.html)
- Trines, S. (2018). *Educating the Masses: The Rise of Online Education in Sub-Saharan Africa and South Asia*. WERN: World Education News & Reviews. Retrieved from <https://wenr.wes.org/2018/08/educating-the-masses-the-rise-of-online-education>
- UNAM. (2021). CUAIEED. Retrieved from <https://cuaieed.unam.mx/>
- UNESCO. (2013a). *Análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital (e-readiness)*. Canadá: Institute de Estadística de la UNESCO. Retrieved from <http://www.uis.unesco.org>
- UNESCO. (2013b). *Policy Guidelines for Mobile Learning: An Overview*. Paris, France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- United Nation Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2015). *Youth population trends and sustainable development*. Retrieved from [www.unpopulation.org](http://www.unpopulation.org)
- United Nation Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>

- University of Oxford. (2020, July 19). About the Oxford COVID-19 vaccine. *Coronavirus Research*. Retrieved from <https://www.research.ox.ac.uk/article/2020-07-19-the-oxford-covid-19-vaccine>
- Usak, M., Erdogan, M., Prokop, P., & Ozel, M. (2009). High school and university students' knowledge and attitudes regarding biotechnology: A Turkish experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education : A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 37(2), 123–130. <https://doi.org/10.1002/bmb.20267>
- Vallejo, G. (2014). *Elemento de diseño instruccional y tecnológicos para la capacitación virtual*. Tecnológico de Monterrey.
- Vaughan, N. D., Cleveland-Innes, M., & Garrison, R. (2013). *Teaching in blended learning environments: creating and sustaining communities of inquiry*. Canada: AU Press, Athabasca University.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University.
- Wang, Y., Liu, X., & Zhang, Z. (2018). An overview of e-learning in China: History, challenges and opportunities. *Research in Comparative and International Education*, 13(1), 195–210.
- Wedemeyer, C. A. (1981). Distance and Independent Learning. In *Learning at the Back Door: Reflections on Non-Traditional Learning in the Lifespan*. (Vol. 90, pp. 393–396). University of Wisconsin Press CY. <https://doi.org/10.1086/443661>
- Williams, L., Martinasek, M., Carone, K., & Sanders, S. (2020). High School Students' Perceptions of Traditional and Online Health and Physical Education Courses. *Journal of School Health*, 90(3), 234–244. <https://doi.org/10.1111/josh.12865>
- Younger, R. (2018). *The influence of instructional design decisions on student motivation in online courses*. West Virginia University (Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports).
- Zakeel, M., Safeena, M., & Marikar, F. (2016). Biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education in Sri Lanka. *School Science Review*, 97(360), 63–69.

## 8. Bibliografía complementaria

- Antama F (2012) *Plantas de tabaco transgénico como combustible*. Fundación Antama. Disponible en: <https://fundacion-antama.org/plantas-de-tabaco-transgenico-como-fuente-de-combustible/>
- Baker A (2018) *Arctic Apples: A fresh new take on genetic engineering*. Harvard University. Disponible en: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2018/arctic-apples-fresh-new-take-genetic-engineering/>
- Becker R (2015) *US government approves transgenic chicken*. Nature. Doi: 10.1038/nature.2015.18985
- ChileBio (2018) *Desarrollan bacteria transgénica que produce fertilizante con el nitrógeno del aire*. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/2018/07/18/desarrollan-bacteria-transgenica-que-produce-fertilizante-con-el-nitrogeno-del-aire/>
- Duhaime-Ross A (2015) *FDA approves genetically modified chicken – but not as food*. The Verge. Disponible en: <https://www.theverge.com/2015/12/9/9879678/gmo-chicken-transgenic-fda-approved-kanuma-drug-eggs>
- FDA (2020) *GMO Crops, Animal Food, and Beyond*. Disponible en: <https://www.fda.gov/food/agricultural-biotechnology/gmo-crops-animal-food-and-beyond>
- FDA (2020) *Questions and answers on FDA's approval of Aquadvantage Salmon*. Disponible en: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/animals-intentional-genomic-alterations/questions-and-answers-fdas-approval-aquadvantage-salmon>
- Fett W (2014) *GMO Decisions*. Iowa Agriculture Literacy Foundation. Disponible en: <https://www.iowaagliteracy.org/Article/GMO-Decisions>
- Fikre T (2021) *Should we still worry about the safety of GMO foods? Why and why not? A review*. Foos Science & Nutrition. 9 (9): 5324-5331- Doi: 10.1002/fsn3.2499
- Food Insight (2016) *How GMO Technology saved the papaya*. Disponible en: <https://foodinsight.org/how-gmo-technology-saved-the-papaya/>
- Frontline / Nova (Sin fecha) *Super Salmon*. Disponible en: <https://www.pbslearningmedia.org/resource/tdc02.sci.life.gen.salmon/super-salmon/>
- Gardner A (Sin fecha) *Evaluating GMO Perspectives*. National Agriculture in the Classroom and Minnesota Agriculture in the Classroom. Disponible en: <https://agclassroom.org/matrix/lesson/86/>
- GlobalData PLC (2021) *GlobalData: Philippines golden rice can usher in new age of GMO food in Asia, says Global Data*. Market Screener. Disponible en: <https://www.marketscreener.com/quote/stock/GLOBALDATA-PLC-13101755/news/GlobalData-Philippines-golden-rice-can-usher-in-new-age-of-GMO-food-in-Asia-says-GlobalData-36474207/>
- Liu D, Liberton M, Yu J, Pakrasi H y Bhattacharyya M (2018) *Engineering nitrogen fixation activity in an oxygenic phototroph*. ASM Journals. 9 (3): e01029-18. Doi: 10.1128/mBio.01029-18
- Macdonald K (2019) *Gene modified chickens 'lay medicines'*. BBC News. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/uk-scotland-47022070>

- Montoliu L (Sin fecha) La biotecnología que hay detrás del salmón Aquadvantage. ComunicaBiotec. Disponible en: <https://www.comunicabiotec.org/2016/01/02/la-biotecnologia-que-hay-detras-del-salmon-aquadvantage/>
- National Geographic (Sin fecha) Genetically Modified Organisms. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/genetically-modified-organisms/>
- Richland One (Sin fecha) Genetic Engineering. Disponible en: <https://www.richlandone.org/cms/lib/SC02209149/Centricity/Domain/2490/7th%20Grade%20Science.pdf>
- Ruffing A (2011) Engineered cyanobacteria: teaching an old bug new tricks. *Bioengineered Bugs*. 2 (3): 136-149. Doi: 10.4161/bbug.2.3.15285
- Santirso J y Domínguez N (2019) Condenado a tres años de cárcel el científico chino que creó los primeros bebés modificados genéticamente. *El País*. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2019/12/30/ciencia/1577710962\\_002091.html](https://elpais.com/elpais/2019/12/30/ciencia/1577710962_002091.html)
- Sid H y Schusser B (2018) Applications of Gene Editing in Chickens: A new era is on the horizon. *Frontiers in Genetics*. 9: 456. Doi: 10.3389/fgene.2018.00456
- Turnbull C, Lillemo M, Hvoslef-Eide T (2021) Global regulation of genetically modified crops amid the gene edited crop boom – a review. *Frontiers in Plant Science*. 12: 530396. Doi: 10.3389/fpls.2021.630396
- USDA (Sin fecha) List of Bioengineered Foods. Agricultural Marketing Service U.S. Department of Agriculture. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/be/bioengineered-foods-list>
- UTAH Education Network (2018) Genetically Modified Organisms. Disponible en: <https://www.uen.org/lessonplan/view/30714>

## 9. Anexos

# Anexo 1. Encuesta de percepciones aplicada a docentes de educación media superior



## Percepciones del docente virtual

### Percepciones del docente virtual

La siguiente encuesta tiene como objetivo coleccionar las percepciones de los docentes que trabajan en sistemas de educación a distancia. La encuesta es voluntaria y anónima. Tenga la seguridad de que los datos coleccionados serán tratados con la debida confidencialidad y únicamente para propósitos académicos.

## Sección 1. Demografía

1

Por favor indique su género: \*

Femenino

2

Por favor indique su rango de edad: \*

20-30

30-40

40-50

50-60

Otro

3

Por favor seleccione su último grado académico \*

Posgrado

Licenciatura

Carrera técnica

Otro (favor de especificar)

**4**

Por favor seleccione todas las modalidades bajo las que ha impartido clase a lo largo de su labor como docente: \*

Seleccione todas las opciones que apliquen.

Presencial

A distancia

Mixto (sesiones presenciales y sesiones a distancia en el mismo curso)

Otro (favor de especificar)

**5**

Por favor seleccione todas las modalidades bajo las que imparte clases en la actualidad: \*

Seleccione todas las opciones que apliquen.

Presencial

A distancia

Mixto (sesiones presenciales y sesiones a distancia en el mismo curso)

Otro (favor de especificar)

6

Por favor indique el número de años que lleva impartiendo clases en línea: \*

7

Por favor seleccione el nivel académico en el que imparte clases en línea actualmente: \*

Seleccione todas las opciones que apliquen.

Universidad

Preparatoria / Bachillerato

Secundaria

Otro (favor de especificar)

8

Por favor enliste la o las materias que actualmente imparte en línea: \*

9

Del siguiente listado, por favor indique las herramientas que utiliza como docente virtual. \*

Seleccione todas las opciones que apliquen.

Foros de discusión

Chats

Exámenes (rápidos, parciales y/o finales)

Sesiones virtuales en vivo (teleconferencias)

Videos (grabaciones)

Otras (favor de especificar)

10

Por favor seleccione todas las opciones que han formado parte de su entrenamiento en el uso de tecnologías y/o como docente a distancia. \*

<input type="checkbox"/> Entrenamientos impartidos por la institución en donde labora
<input type="checkbox"/> Entrenamientos impartidos por otras instituciones
<input type="checkbox"/> Entrenamiento autónomo a partir del día a día en su trabajo como docente a distancia
<input type="checkbox"/> Entrenamiento autónomo a partir de tutoriales
<input type="checkbox"/> Sin ningún tipo de entrenamiento
<input type="checkbox"/> Otros (favor de especificar)

11

Por favor indique las plataformas con las que ha trabajado como docente en línea: \*

Seleccione todas las que apliquen.

<input type="checkbox"/> Moodle
<input type="checkbox"/> Canvas
<input type="checkbox"/> Blackboard
<input type="checkbox"/> Sakai
<input type="checkbox"/> Ninguna
<input type="checkbox"/> Otras (favor de especificar)

Sección 3. Percepciones de la enseñanza virtual

Por favor indique su grado de acuerdo como docente con los siguientes enunciados en torno a la enseñanza a distancia:

12

Las herramientas en línea me permiten transmitir las instrucciones de aprendizaje con la misma efectividad que en una clase tradicional (presencial). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

13

Las herramientas en línea me permiten explicar los temas con la misma efectividad que una clase tradicional. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

14

Las herramientas en línea me permiten tener una interacción con los estudiantes equiparables a la interacción vista en una clase tradicional. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

15

Las herramientas en línea me ayudan a despertar la curiosidad de los estudiantes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

16

Las herramientas en línea me permiten tener una comunicación ágil y efectiva con los estudiantes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

17

Las herramientas en línea me permiten estimular al estudiante para que alcance mejores resultados. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



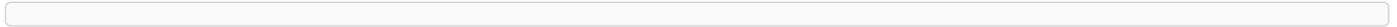
50

18

La enseñanza a distancia promueve un mejor aprendizaje respecto al modelo tradicional (presencial). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



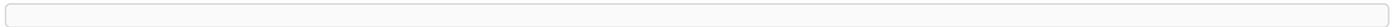
50

19

La enseñanza a distancia me permite enseñar los temas con flexibilidad. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



50

20

La enseñanza a distancia es útil para enseñar nuevas habilidades en los estudiantes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



50

21

La enseñanza a distancia es esencialmente social (ej. promueve altos niveles de interacción entre sus participantes). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



50

22

La enseñanza a distancia me permite vincular los temas con los intereses de los estudiantes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo



50

23

La enseñanza a distancia es capaz de generar un aprendizaje significativo e impactar positivamente al estudiante. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

24

La enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

25

Las herramientas en línea son entendibles y amigables para los estudiantes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

26

Las herramientas en línea son entendibles y amigables para los docentes. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

### Sección 3. Percepciones de la enseñanza virtual

Por favor califique la practicidad, utilidad y efectividad de las siguientes herramientas de acuerdo a lo que usted ha visto en sus clases como docente virtual. Si no ha utilizado una herramienta en particular en su labor docente, puede omitir esa pregunta.

27

¿Cómo calificaría la efectividad de los foros de discusión para promover el aprendizaje?



¿Cómo calificaría la efectividad de las sesiones virtuales en vivo (teleconferencias) para promover el aprendizaje?28



29

¿Cómo calificaría la efectividad de los videos (grabaciones) para promover el aprendizaje?



30

¿Cómo calificaría la efectividad de los chats para promover el aprendizaje?



31

¿Cómo calificaría la efectividad de los exámenes rápidos para promover el aprendizaje?



32

Por favor ordene las siguientes herramientas en línea en orden de utilidad y practicidad (siendo la 1 la más práctica y útil).

Foros de discusión

Videos (grabaciones)

Sesiones virtuales en vivo (teleconferencias)

Chats

Exámenes rápidos



1.

33

Por favor enliste tres aspectos positivos de la educación a distancia: \*

34

Por favor enliste tres aspectos negativos de la educación a distancia: \*

35

Por favor describa brevemente su experiencia con las herramientas de aprendizaje en línea y/o como docente a distancia:

Sección 4. Percepciones de implementación

Por favor indique su grado de acuerdo como docente con los siguientes enunciados en torno a la implementación de la educación a distancia:

36

La enseñanza a distancia está extendiéndose en más instituciones y niveles académicos. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

37

La enseñanza a distancia es aceptada y reconocida como igual a la enseñanza tradicional. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

38

La enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo de conocimiento. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

39

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

40

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

41

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias culturales (ej. sociología, historia, psicología). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

42

Hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

43

La enseñanza a distancia está sólidamente fundamentada. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

Sección 5. Seguimiento

44

¿Encontraría útil contar con un manual para la práctica docente a distancia? \*

 Yes No

45

¿Le gustaría participar en una siguiente etapa de esta investigación? (Entrevista) \*

 Yes No

46

¿Le gustaría conocer los resultados de esta investigación? \*

 Yes No

47

Si contestó que sí a cualquiera de las dos preguntas anteriores, por favor escriba su correo electrónico:

48

Si quiere compartir algún comentario, por favor hágalo en el siguiente espacio:

¡Muchas gracias por su participación! :)

## Anexo 2. Encuesta de percepciones aplicada a estudiantes de educación media superior



### Percepciones de la educación en línea

#### Percepciones del estudiante

La siguiente encuesta tiene como objetivo coleccionar tus percepciones sobre la educación en línea. La encuesta es voluntaria y anónima. Los datos coleccionados serán tratados con estricta confidencialidad y sólo para fines de investigación.

#### Sección 1. Demografía

1

Por favor indica tu género: \*

2

Por favor indica el rango de edad al que perteneces: \*

15-17

18-20

21-23

24-26

Otro

3

Por favor selecciona todas las modalidades bajo las que has tomado clase en los últimos tres años: \*

Selecciona todas las opciones que apliquen.

Presencial

A distancia

Mixto (sesiones virtuales y presenciales en el mismo curso)

Otro (favor de especificar)

Sección 2. Percepciones de la enseñanza virtual

Por favor indica tu grado de acuerdo o desacuerdo con los siguientes enunciados en torno a la enseñanza a distancia:

4

Las instrucciones de las clases en línea son igual de claras que las que se me brindan en clases presenciales. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

5

La educación a distancia me permite entender los temas con la misma claridad que en una clase presencial. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

6

La educación a distancia me permite tener una interacción con mis compañeros y con el profesor equiparable a la interacción de las clases presenciales. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

7

La educación a distancia me ayuda a despertar mi curiosidad sobre los temas de la clase. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

8

La educación a distancia me permite tener una comunicación ágil y efectiva con mis maestros virtuales. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

9

La educación a distancia me motiva para que alcance mejores resultados. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

**10**

Alcanzo un mejor aprendizaje con la enseñanza a distancia que con la enseñanza presencial. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

**11**

La enseñanza a distancia es flexible (no es cuadrada). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

**12**

La enseñanza a distancia me ha ayudado a adquirir nuevas habilidades. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

**13**

La enseñanza a distancia me resulta una actividad muy social. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

**14**

La enseñanza a distancia toma en cuenta mi conocimiento existente e intereses. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

15

La enseñanza a distancia ha generado un aprendizaje significativo e impactado positivamente en mí. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

16

Pienso que la enseñanza a distancia es más efectiva que la enseñanza basada en un modelo tradicional (presencial). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

17

Las herramientas en línea son entendibles y amigables. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

18

Los maestros virtuales hacen un buen uso de las herramientas en línea. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

19

Los maestros virtuales me ofrecen retroalimentación equiparable a la que me ofrece la educación presencial: \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

20

¿Cómo calificarías la efectividad de los foros de discusión para promover el aprendizaje?



21

¿Cómo calificarías la efectividad de las sesiones virtuales en vivo (teleconferencias) para promover el aprendizaje?



22

¿Cómo calificarías la efectividad de los videos (grabaciones) para promover el aprendizaje?



23

¿Cómo calificarías la efectividad de los chats para promover el aprendizaje?



24

¿Cómo calificarías la efectividad de los exámenes rápidos para promover el aprendizaje?



25

Por favor ordena las siguientes herramientas de acuerdo a tu preferencia (el número 1 para el que consideres más útil, amigable, etc., y el número 5 para el que consideres menos útil, amigable, etc.).

Foros de discusión	➤	1.
Videos (grabaciones)		
Sesiones virtuales en vivo (teleconferencias)		
Chats		
Exámenes rápidos		

26

Por favor enlista tres aspectos positivos de la educación a distancia:

4

27

Por favor enlista tres aspectos negativos de la educación a distancia:

28

Por favor describe brevemente tu experiencia con las herramientas de aprendizaje en línea (¿Te gusta, no te gusta?):

Sección 3. Percepciones de implementación

Por favor indica tu grado de acuerdo o desacuerdo con los siguientes enunciados.

La enseñanza a distancia puede ser empleada para la enseñanza de cualquier materia o campo de conocimiento. \*29

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

30

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias formales como la lógica y las matemáticas. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

31

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias naturales (ej. física, química y biología). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

32

La enseñanza a distancia es particularmente útil para la enseñanza de ciencias socio-culturales (ej. sociología, historia, psicología). \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

33

Hay ciencias o materias que no podrían ser enseñadas a través de un sistema a distancia. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

34

La enseñanza a distancia está sólidamente fundamentada. \*

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

50

35

¿Cambió tu percepción de la educación en línea a raíz de la pandemia? (Por favor responde sí o no, y ¿por qué?)

36

Si quieres compartir algún comentario adicional, por favor utiliza el siguiente espacio:

**¡Muchas gracias por tu participación! : )**