



Universidad de Valladolid

Trabajo Fin de Máster

Máster en Profesor de Educación Secundaria
Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y
Enseñanzas de Idiomas

Especialidad: Biología y Geología

**Uso de laboratorios virtuales para
la enseñanza de la Biología y
Geología en la ESO y Bachillerato**

Irati Gómez García

Tutor: Roberto Reinoso Tapia

Valladolid, 10 de junio de 2023

Resumen

La sociedad actual se caracteriza por el creciente desarrollo de las nuevas tecnologías, en diversos ámbitos de nuestra vida cotidiana, incluida la educación. Es por ello por lo que existe la necesidad imperiosa de adaptar estas nuevas tecnologías a los procesos de enseñanza y aprendizaje, e incorporar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las aulas.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar y valorar la posibilidad de utilizar laboratorios virtuales y/o aplicaciones educativas como recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología y Geología en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato.

Para ello se diseña una propuesta de intervención, dividida en 5 actividades, dirigidas a alumnos/as de 1º y 3º de la ESO; y 1º de Bachillerato. Dicha propuesta pretende que los alumnos/as investiguen sobre los laboratorios virtuales existentes, analizando sus posibles ventajas e inconvenientes, y que prueben de primera mano la utilización de los mismos. Para ello, se utilizará la aplicación *Indagapp*, un recurso educativo que permitirá a los alumnos/as realizar diferentes simulaciones virtuales relacionadas con temas de Biología y Geología mientras trabajan el aprendizaje basado en la indagación.

Los resultados obtenidos muestran que los laboratorios virtuales, y más concretamente la aplicación *Indagapp*, podrían utilizarse como recursos educativos en la enseñanza-aprendizaje de la Biología y Geología en la ESO y Bachillerato, ya que complementan eficazmente las prácticas de laboratorios tradicionales. Además, se ha podido constatar, mediante un cuestionario de usabilidad y satisfacción, que este tipo de recursos aumenta el interés y la motivación del alumnado hacia la asignatura de Biología y Geología.

Palabras clave: Laboratorios virtuales, Biología y Geología, Indagación, Educación Secundaria, Bachillerato.

Abstract

Today's society is characterised by the growing development of new technologies, in various areas of our daily lives, including education. That's why there is a pressing need to adapt these new technologies to teaching and learning processes, and to incorporate information and communication technologies (ICT) in classrooms.

This study aims to analyse and assess the possibility of using virtual laboratories and/or educational applications as a didactic resource in the teaching-learning process of Biology and Geology in Compulsory Secondary Education (ESO) and Baccalaureate.

For this purpose, an intervention proposal is designed, divided into 5 activities, aimed at students from the 1st and 3rd ESO; and the 1st Baccalaureate. This proposal aims that students investigate existing virtual laboratories, analysing their possible advantages and disadvantages, and that they first test their use. To do this, the *Indagapp* application will be used, an educational resource that will allow students to perform different virtual simulations related to Biology and Geology themes while working on research-based learning.

The results obtained show that virtual laboratories, and more specifically the *Indagapp* application, could be used as educational resources in the teaching-learning of Biology and Geology in ESO and Baccalaureate, as they effectively complement the practices of traditional laboratories. In addition, it was possible to verify, through a questionnaire of usability and satisfaction, that this type of resources increases the interest and motivation of students towards the subject of Biology and Geology.

Keywords: Virtual laboratories, Biology and Geology, Inquiry, Secondary Education, Baccalaureate.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
4.1. Laboratorios virtuales.....	13
4.2. Indagación.....	20
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	24
5.1. Presentación.....	24
5.2. Contextualización.....	24
5.3. Atención a la diversidad.....	27
5.4. Competencias.....	28
5.5. Objetivos didácticos.....	30
5.6. Contenidos.....	32
5.7. Metodología.....	38
5.8. Temporalización.....	39
5.9. Descripción de las actividades.....	40
5.10. Evaluación.....	51
6. RESULTADOS.....	53
6.1. Resultados de la app.....	53
6.2. Resultados del cuestionario de usabilidad.....	57
6.3. Resultados del cuestionario de satisfacción.....	58
7. DISCUSIÓN.....	60
8. CONCLUSIONES.....	65
9. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA.....	66
10. BIBLIOGRAFÍA.....	67
11. ANEXOS.....	76
Anexo I: cuestionario de usabilidad.....	76
Anexo II: Cuestionario de satisfacción.....	77
Anexo III: Rúbrica de evaluación de la participación del alumnado.....	78
Anexo IV: Rúbrica para evaluar la propuesta de evaluación.....	79
Anexo V: Rúbrica para evaluar el papel del/la docente.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temas de biología en los que se utilizan laboratorios virtuales y resultados de aprendizaje relacionados.	17
Tabla 2. Habilidades necesarias para la indagación y comprensiones adquiridas mediante la indagación	22
Tabla 3. Competencias específicas y criterios de evaluación, vinculadas a los descriptores operativos en 1º y 3ºESO	33
Tabla 4. Competencias específicas y criterios de evaluación, vinculadas a los descriptores operativos en 1º Bachillerato	36
Tabla 5. Temporalización de la propuesta de intervención	39
Tabla 6. Características de la 1ª y 2ª actividad	41
Tabla 7. Características de la 3ª actividad	44
Tabla 8. Características de la 4ª actividad	48
Tabla 9. Características de la 5ª actividad	50
Tabla 10. Media y desviación estándar de las diferentes variables analizadas en los distintos cursos	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las diferentes indagaciones que ofrece la aplicación <i>Indagapp</i>	44
Figura 2. Valores del número de NO en las hipótesis (H0) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis	54
Figura 3. Valores del número de errores cometidos en la simulación (SIM1) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis	55
Figura 4. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR1) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis	56
Figura 5. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR2) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis	56
Figura 6. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR3) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis	57
Figura 7. Respuestas obtenidas en el cuestionario de usabilidad	58
Figura 8. Respuestas obtenidas en el cuestionario de satisfacción	59

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están cada vez más presentes en casi todos los aspectos de la vida humana, incluida la educación. Durante las últimas décadas del siglo XX y comienzos del siglo XXI, la sociedad ha experimentado un cambio vertiginoso en economía y tecnología. Estos cambios han provocado que el alumnado tenga que desenvolverse en una sociedad de la información rápidamente cambiante, no siendo suficientes las habilidades académicas tradicionales, y siendo necesarias otro tipo de habilidades mucho más acordes al tiempo actual. Una de estas habilidades del siglo XXI es la alfabetización digital, es decir, la habilidad para localizar, analizar, organizar, entender y evaluar información utilizando tecnología digital. Es por este motivo por el que existe un gran interés en introducir nuevas tecnologías educativas en el aula (Dakhi et al., 2020; Tarbutton, 2018).

La tecnología puede transformar el proceso de aprendizaje cuando proporcionan al profesorado y al alumnado acceso a recursos relevantes, integrándolos en la enseñanza (Griffin, 2003). De esta manera, una tecnología eficaz permite que los estudiantes logren desarrollar un pensamiento crítico, cambiando la memorización de los conceptos por la comprensión de principios y sus aplicaciones (Byukusenge et al., 2022).

Como en cualquier otra asignatura de ciencias, la enseñanza de la Biología y Geología indudablemente requiere de prácticas de laboratorio como parte del proceso de adquisición de habilidades prácticas y experimentales. De hecho, la mayoría de los temas de biología dependen en gran medida de las actividades prácticas, especialmente en laboratorios (Çimer, 2012). Además, se ha demostrado que las prácticas de laboratorio pueden fomentar las capacidades intelectuales de los alumnos/as, como el pensamiento crítico, la investigación científica, las aptitudes prácticas, la resolución de problemas, y la comunicación y habilidades interpersonales. Además, mediante las prácticas de laboratorio, se incrementa la motivación de los alumnos/as, lo cual mejora el rendimiento de los alumnos/as y añade valor al aprendizaje general (Agustian & Seery, 2017; Barrie et al., 2015; Salta & Koulouglotis, 2015).

Los experimentos de laboratorio complementan el aprendizaje teórico en el aula y ayudan a desarrollar varias habilidades relacionadas con la identificación de las fortalezas y limitaciones de las teorías cuando se aplican en la vida real, los protocolos

experimentales, el uso de la instrumentación analítica, el análisis técnico de los datos, el aprendizaje colaborativo y la comunicación científica. Por estos motivos, los laboratorios se consideran infraestructuras cruciales tanto desde el punto de vista institucional como de los estudiantes.

El principal problema o inconveniente de las prácticas de laboratorio, es que los profesores/as todavía luchan con el tiempo limitado de la práctica, y con mantener las sesiones prácticas y teóricas en sincronía. Sin embargo, la prevalencia de internet y el éxito del aprendizaje online han permitido aumentar las habilidades de los/as estudiantes sin estar físicamente en las aulas o laboratorios.

Los recursos educativos que ofrece la tecnología, como pueden ser los laboratorios virtuales, pueden proporcionar a los/as estudiantes experiencia de laboratorio y mejorar el aprendizaje (Keller & Keller, 2005). Los laboratorios virtuales fueron propuestos por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) para mejorar la educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, del inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics), ya que ayudan a que los conceptos científicos sean más concretos (Olympiou et al., 2013) y significativos para los alumnos/as, sin necesidad de equipos o procedimientos complejos y costosos (Makransky et al., 2019). Ese cambio impactó en la formación de la ciencia que envuelve la enseñanza de fundamentos teóricos y la facilitación de los estudiantes en ejercicios experimentales y prácticos para mejorar el aprendizaje y la comprensión conceptual (Achuthan et al., 2018). Los laboratorios virtuales se basan en la simulación de experimentos reales o en el control de equipos remotos y para el profesorado es un recurso muy útil y práctico, debido a la portabilidad, la facilidad de uso y su costo-efectividad (Aljuhani et al., 2018).

Por otro lado, es necesario tener en cuenta los desafíos que se presentan en el día a día relacionados con el pensamiento científico, por lo que se necesitan personas que posean las competencias científicas para comprender la naturaleza de la ciencia, sus limitaciones y los efectos de su desarrollo. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), los conocimientos científicos deben servir para identificar, preguntar y adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y elaborar conclusiones sustentadas en evidencias referidas a temas científicos.

En el ámbito educativo, la competencia científica hace referencia al conjunto de capacidades que desarrollan los alumnos/as científicamente competentes, para

convertirse en ciudadanos/as informados y críticos del conocimiento científico (Caño & Burgoa, 2017). Esto supone que las competencias científicas vinculadas a las habilidades del pensamiento científico ayudan al desarrollo del pensamiento objetivo, racional y sistemático, además de usar la observación objetiva y la indagación para entender los fenómenos naturales y las teorías, leyes o principios que las rigen.

En estos últimos años, ha aumentado el interés por desarrollar modelos didácticos innovadores que se adapten a las necesidades educativas actuales y como ejemplo está la metodología de la indagación científica y su influencia positiva en el aprendizaje de las ciencias. Además, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación permite mejorar el desarrollo de las competencias científicas, ya que la indagación fomenta involucrarse en los diferentes procesos de investigación con la intención de alcanzar una razón argumentativa, tolerante, plural, reflexiva y analítica (Márquez, 2006), abriendo así un mundo de aprendizaje, con nuevas estrategias para recrear los procesos e instrumentos de aprendizaje.

2. JUSTIFICACIÓN

El proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y más concretamente, de las ciencias de la naturaleza, no puede ni debe centrarse solamente en la parte teórica de la materia. Como es lógico pensar, en este tipo de asignaturas, es necesario que la parte experimental adquiera un papel relevante, y las prácticas en el laboratorio podrían ser un claro ejemplo. Sin embargo, en muchas ocasiones, estas prácticas son difíciles de llevar a cabo. Una de las principales causas es la falta de tiempo, ya que es una materia que cuenta con mucho contenido teórico, y dependiendo del curso en el que se imparta, no hay muchas horas lectivas para poder realizar prácticas. Otra de las razones suele ser la falta de un espacio apropiado para poder realizar las prácticas de laboratorio, ya que no todos los centros educativos cuentan con un laboratorio bien equipado. Otro gran problema suele ser la falta de recursos disponibles para que se realicen prácticas completas y formativas. Por último, es necesario tener en cuenta el gran número de alumnos que suele haber en las clases de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO; 20-25 alumnos/as por aula) y que dificulta notablemente el discurrir de las prácticas.

Una posible alternativa, aunque nunca sustitutoria de las prácticas de laboratorio tradicionales, podría ser la utilización en clase de laboratorios virtuales. Estos laboratorios permiten simular experimentos y fenómenos que podríamos observar en el laboratorio, con la ventaja de poder repetirlos tantas veces como haga falta sin tener que gastar ningún tipo de material. Además, permiten realizar simulaciones en cualquier momento, dando la posibilidad a los alumnos/as de poder volver a hacer los experimentos desde su casa. Por otro lado, también evita los riesgos que pueda haber en un laboratorio tradicional con determinados materiales y/o productos.

Gracias a los laboratorios virtuales, los alumnos/as mejoran su comprensión y aprendizaje, ya que afianzan los contenidos teóricos vistos en clase mediante la práctica. Este recurso educativo, por tanto, ayuda a los alumnos/as en su proceso de aprendizaje, pero, sobre todo, les ayuda en la adquisición tanto de la competencia digital, por el uso de las TIC, como de la competencia STEM.

Hoy en día, los recursos tecnológicos están totalmente integrados en la vida cotidiana de los/as adolescentes, por lo que el centro educativo no debe quedarse atrás y deberá aprovechar al máximo los recursos educativos tecnológicos haciendo un buen

uso de las TIC. Las nuevas tecnologías fomentan un aprendizaje cooperativo del alumnado, además de la interdisciplinaridad. Por otra parte, el uso de las TIC también beneficia al personal docente, ya que ofrecen mayor iniciativa y creatividad a la hora de dar la clase y un mayor aprovechamiento de los recursos.

En este Trabajo de Fin de Máster, se realizará una investigación piloto sobre las posibilidades que ofrecen los laboratorios virtuales y su posible aplicación práctica tanto en la ESO como en Bachillerato, valorando posteriormente la opinión de los alumnos/as. Para ello, se utilizará la aplicación educativa *Indagapp*, la cual ofrece simulaciones de diferentes experimentos relacionados con las ciencias naturales. Además, esta aplicación permite la enseñanza de las ciencias a través de enfoques STEM utilizando laboratorios y simulaciones virtuales en los procesos de indagación científica y diseño ingenieril.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es analizar la posibilidad de utilizar los laboratorios virtuales y/o apps educativas como recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología y Geología en la ESO y Bachillerato. Para dar cumplimiento a este objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos:

- o Llevar a cabo a una revisión exhaustiva de los principales laboratorios virtuales y/o apps educativas que existen en la actualidad, con especial énfasis en aquellos relacionados con aspectos de biología y geología.
- o Utilizar una de estas apps educativas en el aula y comprobar su utilidad como recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.
- o Comparar, mediante el uso de esta app, el nivel de competencia STEM y digital que presentan los alumnos/as objeto de estudio (1º ESO, 3º ESO y 1º Bachillerato).
- o Evaluar la usabilidad y el grado de satisfacción de los alumnos/as con respecto a la utilización de esta app educativa y al uso de los laboratorios virtuales como recurso didáctico.

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Laboratorios virtuales

Los laboratorios virtuales son simuladores interactivos, similares a un laboratorio convencional, donde los alumnos/as, mediante el uso de la tecnología informática y el acceso a internet, o mediante la instalación del software correspondiente, pueden llevar a cabo varios experimentos de manera autónoma (Vázquez, 2009). El procedimiento a seguir en los laboratorios virtuales es el mismo que se sigue en los laboratorios convencionales o tradicionales, ya que en las simulaciones que ofrecen los laboratorios virtuales aparece todo el instrumental y los productos necesarios para dichas prácticas (Martínez, 2010). Algunos de estos laboratorios virtuales, con la idea de conseguir simular una situación más realista, hacen uso de la realidad virtual, buscando así un efecto de inmersión en el alumno/a (Marqués, 2012).

En los laboratorios virtuales, los alumnos/as pueden seleccionar y manipular objetos y productos químicos, además de poder simular sus experimentos en tiempo real (Darby-White et al., 2019; Diwakar et al., 2012, 2023; Kapilan et al., 2021). Por otro lado, los/as estudiantes pueden realizar sus trabajos de laboratorio repetidamente sin ningún riesgo para la salud y costos (Piovesan et al., 2012). De esta manera, aprovechando las funciones de las TIC, ofrecen nuevos recursos para la enseñanza de las ciencias y evitan las restricciones que provocan el tiempo y el espacio en los laboratorios tradicionales (Marqués, 2012).

Según varios autores, como Monge (2007), López (2008) y Vázquez (2009), los laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza secundaria son beneficiosos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Entre las ventajas de los laboratorios virtuales destacan las siguientes:

- o Solucionan el problema de equipamiento, materiales e infraestructura de los laboratorios convencionales.
- o Simulan procesos y experimentos difíciles de llevar a cabo en un laboratorio tradicional.
- o Permiten interactuar con la simulación, desarrollando así la autonomía en el proceso de aprendizaje de los/as estudiantes.

- o Permiten realizar los experimentos más de una vez y en cualquier momento, adaptándose a las diferencias en el ritmo de aprendizaje de los alumnos/as.
- o Ayudan a desarrollar las habilidades y destrezas de los estudiantes en el uso de las TIC.

La principal ventaja de los laboratorios virtuales es que permiten investigar, realizar actividades creativas y elaborar y divulgar los resultados, pero también hay que tener en cuenta que es imprescindible tener conocimiento y manejo de las simulaciones para lograr un aprendizaje significativo. Por lo tanto, rompen con las prácticas tradicionales de laboratorio, así como con sus limitaciones, como pueden ser el tiempo, espacio y peligrosidad.

A pesar de las ventajas que tienen estos laboratorios y lo útiles que pueden resultar en la enseñanza de las ciencias, hay que tener en cuenta que el centro debe disponer de dispositivos electrónicos, como ordenadores o tablets, por lo que requieren una inversión económica importante. Además, no todos los experimentos pueden realizarse virtualmente, así que estos laboratorios no podrían sustituir completamente a los laboratorios convencionales o tradicionales.

Estos laboratorios virtuales, habitualmente, utilizan como herramienta las simulaciones y la realidad virtual para reproducir o recrear fenómenos reales en los que se basa la actividad. Las simulaciones permiten reproducir fenómenos naturales y mejorar su comprensión, creando entornos constructivistas de aprendizaje en los que el proceso de enseñanza se basa en proyectos, cuestiones o problemas de interés (Esteban, 2002; García & Gil, 2006).

En la mayoría de los laboratorios virtuales existentes, las simulaciones son interactivas, lo que ayuda a que los alumnos/as comprendan mejor los sistemas, procesos o fenómenos reales, comprobando hipótesis y planteando conclusiones. Aun así, las simulaciones no pueden sustituir a las observaciones y fenómenos reales que se producen en un laboratorio convencional o tradicional, pero sí que pueden aportar una nueva dimensión para la indagación y la comprensión de la ciencia (García & Ortega, 2007).

Actualmente, podemos encontrar numerosos ejemplos de laboratorios virtuales relacionados con la asignatura de Física y Química. Sin embargo, son muy escasos los

relacionados con la asignatura de Biología y Geología, y la mayoría de los que hay, están en otro idioma o presentan muy poca interactividad. A continuación, se presenta una revisión de los principales laboratorios virtuales que existen en la actualidad.

Uno de los recursos disponibles es de la Universidad de California junto con la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos, que crearon un proyecto de diseño de simulaciones interactivas online para los laboratorios de ciencias. En esta página podemos encontrar tanto laboratorios de Biología como de Geología. El laboratorio virtual de Biología ofrece una serie de 12 simulaciones interactivas basada en el conocimiento y ejercicios diseñados para estudiantes universitarios y estudiantes de Biología de secundaria (<https://www.sciencecourseware.org/BLOL/>). Entre estas 12 simulaciones, se encuentran las siguientes: concepto de homeostasis y presión arterial, la fertilidad y la mortalidad de la población, reacciones enzimáticas, genética mediante el uso de *Drosophila*, estructura y función de la hemoglobina, tasa fotosintética, pedigrí de la herencia de genes y análisis RFLP, principios de población ecológica, cambios en las frecuencias genotípicas y alélicas, proceso de adaptación por selección natural, consumo de oxígeno de la mitocondria con diferentes sustratos y la traducción de RNA. Esta misma página ofrece simulaciones sobre terremotos, datación de rocas y procesos fluviales (<https://www.sciencecourseware.org/GLOL/>).

Otra de las páginas que ofrece animaciones, actividades interactivas y un laboratorio virtual sobre evolución es “*BiologyMotion*” (<https://www.biologyinmotion.com/>), la cual ayuda a que el aprendizaje de la Biología sea una experiencia más enriquecedora. En esta página destacan las siguientes actividades: ATP y almacenamiento de energía, digestión de grasas y bilis, la tiroides, el sistema cardiovascular, la división celular y la concentración de orina. Además, en laboratorios sobre evolución permite introducir mutaciones en una población para comprobar los efectos de la selección natural en varias generaciones. Según el creador de esta página web (Leif Saul), las animaciones y simulaciones mejoran la atención y aumentan el entusiasmo de los estudiantes por el tema. Pero estas animaciones y simulaciones van más allá del entretenimiento, ya que gracias a estos recursos se pueden explicar conceptos difíciles de entender, proporcionando metáforas visuales más fáciles de comprender.

La página de la Universidad de Wisconsin (<https://ats.doit.wisc.edu/biology/lessons.htm>) ofrece varios laboratorios sobre

ecología, evolución, genética, biología celular, fisiología animal y fisiología vegetal, en los cuales propone a los estudiantes que se pongan en la piel de un investigador.

“*Virtual BiologyLab*” (<https://virtualbiologylab.org>) es un recurso educativo gratuito online proporcionado con fines educativos, que simula ambientes naturales con la forma en que la vida responde a condiciones cambiantes. Aquí podemos encontrar simulaciones relacionadas con ecología, evolución y biología celular. La información y la instrucción técnica que ofrece este laboratorio virtual ayudarán a los alumnos/as a aprender mediante la experimentación. Los parámetros y condiciones del programa se ajustan fácilmente para efectos y consecuencias observables, porque las simulaciones de este laboratorio virtual son estocásticas, es decir, no hay dos pistas idénticas. Los datos generados son biológicamente realistas y se muestran numérica y gráficamente. En general, en esta página los estudiantes podrán diseñar experimentos y podrán conducirlos usando los modelos, aunque los datos se recopilarán y se analizarán mediante otro software diferente.

En “*BioInteractive*” (<http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/index.html>), página del Instituto Médico Howard Hughes, ofrece laboratorios virtuales sobre inmunología, identificación bacteriana, cardiología, moscas transgénicas y neurofisiología. Pero además de laboratorios virtuales, también ofrecen vídeos de alta calidad y medios interactivos, los cuales están diseñados para conectar a los estudiantes a grandes ideas en Biología, promover el compromiso con las prácticas científicas e infundir temor y asombro sobre el mundo vivo. Por otro lado, *BioInteractive* proporciona a los docentes materiales de aprendizaje profesional y oportunidades para profundizar su experiencia científica y pedagógica. Los recursos y herramientas de esta página reflejan el conocimiento actual de cómo los/as estudiantes aprenden y adoptan estrategias para apoyar el compromiso y la inclusión. Esta página también fomenta que la inspiración, la curiosidad y el amor por el mundo natural sean nutridos fuera del aula.

La editorial “*Pearson Prentice Hall*”, en su página de laboratorios virtuales (<https://www.pearson.com/us/higher-education/products-services-teaching/learning-engagement-tools/PearsonInteractiveLabs/overview.html>), también introduce prácticas sobre Biología y Fisiología con simulaciones, actividades interactivas y cuestionarios de autoevaluación.

Por último, “*PhET Interactive Simulations*” (<https://phet.colorado.edu/es/>) es un proyecto de la Universidad de Colorado Boulder que crea simulaciones interactivas gratuitas de matemáticas y ciencias. Las simulaciones se basan en una amplia investigación educativa y atraen a los estudiantes a través de un entorno intuitivo y similar al juego donde pueden aprender a través de la exploración y el descubrimiento. Las simulaciones están disponibles en más de 97 idiomas y se han utilizado en más de 3001 lecciones presentadas. Esta plataforma ofrece 22 simulaciones para llevar a cabo la enseñanza de Biología y Geología, entre las que destacan las siguientes: efecto invernadero, sistema solar, densidad, selección natural, ondas, difusión, gases, expresión génica, polaridad de la molécula, neurona, moléculas y luz y visión del color.

Byukusenge (2022), en una revisión sistemática realizada entre el 2002 y el 2019, analizó los temas de biología en los que los laboratorios virtuales se utilizan con mayor frecuencia para una enseñanza eficaz, junto con los resultados de aprendizaje relacionados que más comúnmente se potencian con el uso de laboratorios virtuales. Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Temas de biología en los que se utilizan laboratorios virtuales y resultados de aprendizaje relacionados.

Estudio	Tema biológico	Resultado de aprendizaje
Akhigbe and Ogufere (2020)	Genética	Actitudes estudiantiles y rendimiento académico en genética
Akpan and Strayer (2010)	Disección de rana	Prácticas reales de disección y actitudes hacia la disección
Breakey et al. (2008)	Genética	Comprensión de los procedimientos de genética experimental
Collier et al. (2012)	Histología	Dominio del contenido y gestión del tiempo

Dyrberg et al. (2017)	Microbiología y toxicología farmacéutica	Mejora de las actitudes positivas de los estudiantes, motivación y autoeficacia
Elangovan and Ismail (2014)	División celular	Comprensión conceptual estudiantil de la división celular
Flowers (2011)	Varios temas, relacionados con la biología celular y molecular (ADN, estructura celular, reacción enzimática controlada, reproducción celular)	Percepciones de los estudiantes sobre la biología
Havlíková et al. (2018)	Disección	Motivación de los estudiantes
Huppert et al. (2002)	Microbiología	Habilidades de los estudiantes sobre el proceso de la ciencia y rendimiento académico
Ismail et al. (2016)	Microbiología	Mejorar la alfabetización científica de los estudiantes
Kiboss et al. (2006)	División celular	Comprensión conceptual y percepciones
Makransky et al. (2016)	Microbiología	Transferencia de conocimientos y habilidades prácticas
Makransky et al. (2019)	Microbiología	Conocimientos, motivación y autoeficacia de los estudiantes en microbiología
Marbach et al. (2008)	Biología molecular	Mejora del rendimiento de los estudiantes
Meir et al. (2005)	Ósmosis y difusión	Comprensión de cómo funcionan estos procesos a nivel molecular
Muhamad et al. (2012)	División celular	Comprensión de los estudiantes sobre la división celular,

		específicamente aplicaciones de la mitosis en la clonación
Oser and Fraser (2015)	Genética	Percepción del ambiente de aprendizaje por los estudiantes, actitudes hacia el tema y logro
Pope et al. (2017)	Evolución	Comprensión de los conceptos de selección natural
Radhamani et al. (2014)	Biotecnología	Mejora del rendimiento de los estudiantes
Shelden et al. (2019)	División celular	Comprensión de las fases de división celular
Tan and Waugh (2013)	Biología molecular	Comprensión conceptual y actitudes en biología molecular
Toth et al. (2009)	ADN y electroforesis	Comprensión del estudiante y habilidades de laboratorio
White et al. (2007)	Genética	Comprensión conceptual
Whitworth et al. (2018)	Cinética enzimática	Comprensión conceptual

Después de analizar las diferentes páginas web donde podemos encontrar simulaciones y laboratorios virtuales relacionados con Biología y Geología, se puede observar que la mayoría de ellos están en inglés, y en muchos casos, requieren una suscripción para poder utilizarlas. Este es el principal motivo que nos ha impulsado a seleccionar la aplicación educativa *Indagapp* como recurso a implementar y/o analizar en este TFM. Esta aplicación, en castellano y totalmente gratuita, ha sido desarrollada por la Universidad de Burgos y la Universidad de Valladolid, y cuenta con el respaldo de numerosos profesores del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Esta app utiliza como metodología principal el aprendizaje basado en la indagación, y permite hacer simulaciones de varios experimentos, trabajando distintas indagaciones relacionadas con los contenidos de ciencias. Con esta app educativa, el alumnado aprenderá a diseñar y desarrollar investigaciones empleando las fases del proceso indagatorio y las prácticas científicas promovidas por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Este recurso educativo ayudará a que los alumnos/as desarrollen la

competencia científica, especialmente habilidades como: la formulación de preguntas e hipótesis, la manipulación y control de variables, el registro de datos y elaboración de tablas y gráficos, la interpretación de los resultados y la elaboración de conclusiones. Se pretende, así, poner a disposición de la comunidad educativa un recurso alineado con los planteamientos didácticos respaldados por la investigación en didáctica de las ciencias y promocionados por el nuevo currículo de la LOMLOE.

Esta aplicación, en castellano y totalmente gratuita, ha sido desarrollada por la Universidad de Burgos y la Universidad de Valladolid, gracias a un proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Ref: PID2020-117348RB-I00) y cuenta con el respaldo de numerosos profesores del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

4.2. Indagación

La percepción de los/as estudiantes sobre la utilidad de lo aprendido y el acercamiento del proceso enseñanza-aprendizaje a la vida real, son dos elementos clave para impulsar el interés y la motivación por el aprendizaje. Estos elementos se pueden poner en práctica mediante la indagación, ya que la indagación hace referencia a las distintas formas en las que los científicos/as estudian y observan el mundo que nos rodea y plantean conclusiones basadas en las evidencias observadas. Por otro lado, también hace referencia a las actividades de los/as estudiantes en las que desarrollan el conocimiento y comprensión de las ideas científicas (NRC, 1996).

A pesar de que definir lo que es la indagación puede resultar difícil, Barrow (2006) plantea que las concepciones que se tienen sobre la indagación son fomentar el cuestionamiento, el desarrollo de estrategias de enseñanza para motivar el aprendizaje y fomentar las habilidades experimentales a través de la idea de manos a la obra y mentes trabajando.

La indagación, por lo tanto, pretende fomentar que los alumnos/as se conviertan en aprendices activos buscando sus propias respuestas. Para ello, los problemas a estudiar o investigar deben tener una relación directa con la experiencia de los/as estudiantes, además de estar dentro de su nivel intelectual y académico (Barrow, 2006).

En este sentido, es imprescindible fomentar el uso del laboratorio para ayudar a los alumnos/as en la comprensión de los conceptos científicos. De esta manera, se postula que el proceso indagatorio debe hacer uso del laboratorio, fomentar la lectura y el uso de reportes de investigación, discusión de problemas y datos, interpretación y discusión de los datos y desarrollar conclusiones. Así es como se constituye una visión de la educación científica mediante la indagación y aconseja a los/as docentes primero utilizar la indagación al realizar experimentos en el laboratorio, en vez de comenzar con una clase teórica. Es decir, se presenta la ciencia como indagación y que los alumnos/as aprovechen este medio para comprender los conocimientos de ciencia (Reyes & Padilla, 2012).

Según Bybee & Goodrum (2000) la indagación permite tener una mejor comprensión sobre los factores involucrados en alcanzar la solución, y es por eso que, Martin-Hansen (2002) defiende que la indagación hace referencia o al trabajo que realiza el investigador/a para observar y estudiar el mundo natural o a las actividades que llevan a cabo los/as estudiantes, imitando lo que hacen los científicos/as. Relacionado con estas ideas, la indagación se alcanzaría cuando el contenido y los conceptos sean comprendidos en el contexto de cómo fueron descubiertos permitiendo futuras indagaciones (Rutherford, 1964).

Por lo tanto, se podría decir que la indagación está centrada en los alumnos/as y siguiendo esta idea, Oliveira (2009) expresa que el/la docente renuncia a su rol de experto en ciencia, cediendo a los/as estudiantes el derecho de decidir qué hacer y cómo evaluar sus ideas. Esto quiere decir que la indagación estaría dentro de un proceso constructivista, ya que la educación dejaría de estar centrada en el/la docente, ejerciendo así como guía en el proceso de construcción del aprendizaje.

Por estos motivos, la enseñanza basada en la indagación ha sido impulsada como medio para mejorar la comprensión del alumnado en conceptos y procedimientos científicos. Gracias al método de la indagación, los alumnos/as son capaces de describir objetos y fenómenos, elaborar preguntas e hipótesis, construir explicaciones razonables, probar dichas explicaciones e hipótesis y comunicar sus ideas al resto de compañeros/as. De esta manera, los alumnos/as combinan el conocimiento científico con las habilidades de razonamiento y pensamiento, desarrollando así su comprensión de la ciencia de manera activa (NRC, 1996).

Según Minner et al. (2010), existe una tendencia positiva en cuanto a las prácticas basadas en la indagación, concretamente las que fomentan el pensamiento activo y en las que los alumnos/as consiguen sacar sus propias conclusiones de los datos obtenidos. Es por eso que se puede concluir que las estrategias de enseñanza que implican a los/as estudiantes activamente en el proceso de aprendizaje mediante investigaciones científicas mejoran la comprensión conceptual.

En función del tipo de actividad que se espera que realicen los/as estudiantes, Martin-Hansen (2002) distingue cuatro tipos de indagación.

1. Indagación abierta: el alumno/a plantea su pregunta de investigación y a partir de ahí diseña todo el protocolo de investigación y el procedimiento para conseguir una respuesta. En este tipo de indagación, el alumno/a también debe plantear su hipótesis y analizar y comunicar sus resultados.
2. Indagación guiada: el/la docente asigna la pregunta de investigación a sus alumnos/as y los ayuda y apoya en la resolución de la pregunta asignada. En este caso, los materiales pueden ser seleccionados con antelación y el/la docente puede proporcionar varios cuestionamientos a sus alumnos/as, para guiarlos en su investigación.
3. Indagación acoplada: es una combinación entre la indagación abierta y guiada, ya que el/la docente plantea la pregunta a investigar, pero dejando al estudiante tomar sus propias decisiones para llegar a la solución o respuesta.
4. Indagación estructurada: esta indagación es la que más limita la participación del alumnado, ya que es dirigida por el/la docente, donde los alumnos/as deben seguir las indicaciones marcadas.

A continuación, se muestran las habilidades necesarias para la indagación y las comprensiones que se adquieren mediante este método.

Tabla 2. Habilidades necesarias para la indagación y comprensiones adquiridas mediante la indagación (Bybee, 2006).

Habilidades necesarias	Comprensiones adquiridas
------------------------	--------------------------

Identificar las preguntas que se puedan responder a través de una investigación científica	Diferentes tipos de preguntas sugieren distintas investigaciones científicas
Diseñar y llevar a cabo investigaciones científicas	El conocimiento científico y su comprensión guían las investigaciones
Usar herramientas y técnicas adecuadas para recoger, analizar e interpretar los datos	Las tecnologías para recoger datos mejoran el análisis y la cuantificación de los resultados
A partir de las pruebas obtenidas, plantear predicciones y explicaciones y hacer uso modelos	Las explicaciones científicas acentúan las pruebas obtenidas, teniendo lógica y utilizando principios, modelos y teorías científicas
Relacionar las pruebas obtenidas y la explicación de manera crítica y lógica	El escepticismo ayuda a la ciencia a avanzar
Considerar y analizar explicaciones alternativas	Las nuevas ideas generan nuevos métodos y técnicas para investigar
Comunicar procedimientos y explicaciones científicas	

Se ha demostrado que apoyar el desarrollo de habilidades del alumnado relacionadas con la indagación y fomentar que los alumnos/as propongan y realicen actividades de investigación para probar sus ideas, aumenta el éxito de comprensión conceptual (NRC, 2000).

Sin embargo, por otro lado, hay que tener en cuenta que implementar la indagación como estrategia de enseñanza y aprendizaje en los centros educativos no es una tarea fácil. Implementar este proceso innovador se complica por las resistencias al cambio, el aumento de trabajo que supone para obtener unos resultados que no se perciben inmediatamente, la falta de formación del profesorado, las limitaciones de aplicación en clases numerosas y la falta de planificación y trabajo en equipo (Souto, 2011). Según este autor, las estrategias de aprendizaje basadas en la indagación están condicionadas por el currículum y la organización del centro educativo.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

5.1. Presentación

En el presente Trabajo de Fin de Máster se programan y diseñan una serie de actividades (situaciones de aprendizaje) en las que el alumnado trabajará contenidos curriculares a través de la utilización de laboratorios virtuales y/o apps educativas.

La propuesta se encuentra dirigida a alumnos de 1º ESO, 3º ESO y 1º Bachillerato del Instituto de Enseñanza Secundaria Ribera de Castilla, situado en el Barrio de la Rondilla de la ciudad de Valladolid.

La propuesta corresponde con los saberes básicos que marca la LOMLOE. Además, estos contenidos también están dentro del currículo de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de la Junta de Castilla y León, es decir, dentro de los DECRETO 39/2022 y DECRETO 40/2022. Esta propuesta está inmersa en el Bloque A de los saberes básicos que les corresponden a los cursos 1º ESO, 3º ESO y 1º Bachillerato, el cual está dedicado al proyecto científico. En 1º ESO, esta propuesta también entra dentro del Bloque E, centrado en los seres vivos; y en 1º Bachillerato, dentro del Bloque F, que trata sobre la fisiología e histología vegetal y dentro del Bloque G, dedicado a los microorganismos.

El objetivo principal de esta propuesta es que los alumnos/as conozcan la existencia de los laboratorios virtuales, sepan utilizarlos y aprovechen las ventajas que estos laboratorios ofrecen. Para ello, se propondrán diferentes actividades, las cuales ayudarán a cumplir con los objetivos de esta propuesta.

5.2. Contextualización

El Instituto de Educación Secundaria “Ribera de Castilla” es un centro escolar de titularidad pública, que se encuentra en el Barrio de la Rondilla, junto al Parque Ribera de Castilla.

El barrio de la Rondilla, en el que está ubicado el IES “Ribera de Castilla” y del que procede la mayoría de sus alumnos, se empezó a construir a principios de los años 60 para satisfacer la demanda de viviendas de una población de origen rural, que se estaba trasladando a la ciudad para trabajar en las nuevas industrias, fundamentalmente

automovilísticas, que se crearon aquellos años. Fruto de aquella emigración es la composición social del barrio: de clase media-baja y con un porcentaje de obreros industriales y de la construcción muy superior a la media nacional, y también con un nivel formativo y cultural bastante bajo.

El barrio tuvo en sus orígenes, evidentes carencias en la dotación de infraestructuras (educativas, sanitarias, deportivas y de ocio). Las mejoras en el barrio fueron el cambio de uso del Plan Parcial “Ribera de Castilla”, previsto inicialmente con una alta densidad de viviendas y en el que la presión de los vecinos logró que se construyera uno de los mayores parques de la ciudad, un centro de salud, un hogar de ancianos, el centro cívico, un pabellón de deportes, una piscina cubierta, colegios y un Instituto, el IES “Ribera de Castilla”. Sin embargo y a pesar de estas nuevas dotaciones, la densidad de población de la Rondilla sigue siendo una de las más altas de España y el barrio resulta poco atractivo para los jóvenes, lo que explicaría el proceso de envejecimiento de la población. La Rondilla posee una de las poblaciones de más edad de Valladolid: un porcentaje de mayores 65 años muy superior a la media de la ciudad.

Por otra parte, y dentro de las características sociológicas del barrio, cabe destacar la elevada presencia de familias complejas, así denominadas por no responder al patrón habitual del hogar nuclear, formado por la pareja y los hijos solteros. Dichas familias están representadas en el IES “Ribera de Castilla” en un porcentaje de alrededor del doble de la media nacional. Los alumnos que proceden de este tipo de familias presentan, a su vez, un rendimiento escolar y una adaptación a las normas educativas, muy inferior al de los estudiantes que proceden de familias de menor complejidad.

Este centro, según su Proyecto Educativo, pretende compartir el proceso de avance académico de los adolescentes y jóvenes de esta ciudad y de las localidades del entorno. Es un centro que se declara aconfesional y manifiesta su respeto por todas las creencias religiosas o por la ausencia de las mismas. También se declara pluralista y tolerante en materia política e ideológica con el objetivo de impulsar, en los alumnos, actitudes dialogantes y respetuosas. Todo ello, siempre y cuando se respete la integridad física y psíquica y los derechos humanos de las personas.

Es un centro que cree en una educación basada en el respeto a las diferencias, por lo tanto, educan en la libertad y proponen una educación moral, ética y cívica que respete a las personas y que conozca, impulse y defienda los derechos humanos.

Su labor educativa está orientada a conseguir la promoción de los alumnos/as en el proceso de maduración desde el diálogo, la reflexión y la colaboración en un clima adecuado de orden y disciplina. Respeta el derecho del profesorado y del alumnado para que se produzca el aprendizaje y exige el estudio para avanzar como personas.

Además, es un centro que colabora y participa con los distintos sectores de la comunidad educativa, es decir, el profesorado del Instituto mantiene una actitud de colaboración y ayuda con los padres/madres de los alumnos/as y atiende las demandas de éstos, con el fin de aportar información que favorezca el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El IES Ribera de Castilla defiende que un centro educativo no puede ser una institución cerrada ni olvidada en el seno de la sociedad en la que se inserta y a la que pertenece. Por lo tanto, mantienen una coordinación, una colaboración y unas relaciones más regulares con servicios, entidades e instituciones, sirviendo su enumeración, de paso, como muestra de agradecimiento del Instituto a su ayuda. Entre ellas, mantienen una coordinación con los servicios municipales como son los servicios educativos del ayuntamiento de Valladolid y con la policía local (colaboración en acciones preventivas sobre el absentismo escolar). Por otro lado, colaboran con los servicios sociales del municipio y con otros centros y servicios educativos.

En cuanto a las características de las aulas objeto de estudio, en 1º ESO esta propuesta se ha dirigido a dos aulas diferentes, B y D. La clase de 1º B estaba compuesta por 22 alumnos/as, de los cuales 14 eran chicas y 8 chicos, con edades desde los 13 hasta los 14-5, ya que había 4 repetidores. Además, en esta clase había dos alumnas con problemas de idioma, una procedente de Siria y la otra de Marruecos. En la clase de 1º D, había 21 alumnos/as, formada por 9 chicas y 12 chicos, con edades desde los 13 hasta los 14, entre los cuales había 2 repetidores. Por lo tanto, como objeto de estudio, en el curso 1º ESO, se han contado con 43 alumnos/as. En este curso, cabe destacar que además de las dos alumnas con problemas de idiomas, también se encuentran 7 alumnos/as con necesidades educativas especiales, los cuales cuentan con adaptaciones curriculares.

En el caso de 3º ESO, también se han estudiado dos clases diferentes, 3º B y 3º C. La clase 3º B estaba formada por 9 alumnos/as, de los cuales 5 eran de género femenino y 4 de género masculino. Por otro lado, la clase 3º C era más numerosa, con 18

alumnos/as, entre los cuales 11 eran chicas y 7 chicos. En este curso, por lo tanto, se han analizado tan solo a 27 alumnos/as, entre los 14-15 años de edad.

Por último, en el curso de 1º Bachillerato solo se ha tenido en cuenta a una clase, no muy numerosa, de la modalidad de Ciencias. Esta clase estaba formada por 12 alumnos/as, de los cuales 7 eran chicas y 5 chicos, con una edad entre los 16-17 años.

5.3. Atención a la diversidad

El diseño de las sesiones de esta propuesta de intervención ha tenido en cuenta la diversidad del alumnado (idioma y necesidades educativas especiales). Es decir, esta propuesta se adapta a todos los alumnos/as, siguiendo los tres principios del Desarrollo Universal de Aprendizaje (DUA):

1. Proporcionar múltiples formas de compromiso e implicación, mediante el cual se aportan opciones para captar el interés del alumnado, para mantener el esfuerzo y la persistencia y para la autorregulación.
2. Proporcionar múltiples medios de representación, por el cual se establecen diferentes opciones para la percepción; múltiples opciones para el lenguaje, las expresiones matemáticas y los símbolos; y opciones para la comprensión.
3. Proporcionar múltiples medios para la acción y expresión, por el que se presentan opciones para la interacción física, opciones para la expresión y la comunicación y opciones para las funciones ejecutivas.

En el caso de las alumnas de 1º ESO con problemas de idioma, la medida que se ha tomado para el correcto desarrollo de esta propuesta ha sido que estas alumnas no trabajaran solas, además de contar con la ayuda del profesorado. También es cierto que son alumnas que entienden bien el castellano, el problema principal que tienen con el idioma es a la hora de redactar o de explicar sus ideas. Por lo tanto, al usar la aplicación educativa *Indagapp* no se han encontrado con muchos obstáculos.

En cuanto a los alumnos/as de 1º ESO con necesidades educativas especiales, también han trabajado en parejas y además de la ayuda del profesorado, han contado con el apoyo de una profesora del departamento de orientación del centro.

5.4. Competencias

Según la LOMLOE, las competencias clave son desempeños que se consideran imprescindibles para que el alumnado pueda progresar con garantías de éxito en su itinerario formativo, y afrontar los principales retos y desafíos globales y locales. Son la adaptación al sistema educativo español de las competencias clave establecidas en la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente.

Mediante el desarrollo de esta propuesta, se pretenden alcanzar las siguientes competencias clave:

- o Competencia en comunicación lingüística (CCL): La materia contribuye al desarrollo de la competencia clave CCL puesto que el alumnado domina la terminología científica adecuada y transmite ideas, tanto oralmente como por escrito, sobre el medio natural y sus elementos de una forma eficaz. De igual manera desarrolla conocimientos y destrezas para comprender la información en diferentes formatos.
- o Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM): La comprensión de los fenómenos biológicos y geológicos utilizando métodos científicos, representaciones matemáticas y conocimientos técnicos influye en el alcance de la competencia clave STEM.
- o Competencia digital (CD): Se potencia además el uso crítico y seguro de herramientas digitales en la elaboración de proyectos de investigación y en el desarrollo de la propia materia en general, favoreciendo la alfabetización digital del alumnado y el trabajo dentro de la competencia clave CD.
- o Competencia personal, social y aprender a aprender (CPSAA): La incorporación gradual de contenidos supone un proceso en el que el alumnado debe ser agente dinámico de su propio proceso de aprendizaje, fomentando de esta forma la competencia clave CPSAA.

En cuanto a las competencias específicas, la LOMLOE las define como desempeños que el alumnado debe poder desplegar en actividades o en situaciones cuyo abordaje requiere de los saberes básicos de cada área. Las competencias específicas constituyen un elemento de conexión entre, por una parte, las competencias clave, y por otra, los saberes básicos de las áreas y los criterios de evaluación.

Según el DECRETO 39/2022, tanto los alumnos/as de 1º ESO como los 3º ESO, con el desarrollo de esta propuesta, podrán alcanzar las siguientes competencias específicas que corresponden al currículo de Biología y Geología de la Junta de Castilla y León.

Competencia específica 1: interpretar y transmitir información y datos científicos y argumentar sobre ellos utilizando de forma adecuada la terminología científica y en diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.

Competencia específica 3: planificar y desarrollar proyectos de investigación y experimentos, siguiendo los pasos de las metodologías propias de la ciencia y cooperando cuando sea necesario para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas y geológicas, y así, asentar conocimientos.

Competencia específica 4: utilizar el razonamiento, el pensamiento computacional y el pensamiento lógico formal, analizando críticamente las respuestas y soluciones obtenidas y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.

En 1º Bachillerato, los alumnos/as alcanzarán las siguientes competencias específicas que marca el DECRETO 40/2022 de la Junta de Castilla y León para el currículo de Biología, Geología y Ciencias Ambientales.

Competencia específica 1: interpretar y transmitir información y datos científicos, y argumentar sobre estos con precisión, empleando de forma correcta la terminología científica y utilizando diferentes formatos para analizar procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.

Competencia específica 3: idear, diseñar, planear y desarrollar proyectos de investigación siguiendo los pasos del método científico, teniendo en cuenta los recursos disponibles de forma realista y buscando vías de colaboración, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.

Competencia específica 4: buscar y utilizar estrategias en la resolución de problemas analizando críticamente las soluciones y respuestas halladas, y reformulando el

procedimiento, si fuera necesario, para dar explicación a fenómenos relacionados con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.

5.5. Objetivos didácticos

La LOMLOE define los objetivos didácticos como los logros que se espera que el alumnado haya alcanzado al finalizar la etapa y cuya consecución está vinculada a la adquisición de las competencias clave.

En el caso de la ESO, tanto en 1º como en 3º, esta propuesta cumplirá los siguientes objetivos didácticos, que aparecen en el artículo 23 de la LOMLOE o en artículo 7 del Real Decreto 217/2022:

- o Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.
- o Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- o Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres.
- o Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.
- o Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos.
- o Desarrollar las competencias tecnológicas básicas y avanzar en una reflexión ética sobre su funcionamiento y utilización.
- o Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

- o Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismos, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- o Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado, la empatía y el respeto hacia los seres vivos, especialmente los animales, y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

En Bachillerato, se cumplirán los siguientes objetivos, que establece la LOMLOE en el artículo 33 o el Real Decreto 243/2022 en el artículo 7:

- o Consolidar una madurez personal, afectivo-sexual y social que le permita actuar de forma respetuosa, responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever, detectar y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales, así como las posibles situaciones de violencia.
- o Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades de mujeres y hombres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes, así como el reconocimiento y enseñanza del papel de las mujeres en la historia, e impulsar la igualdad real y la no discriminación por razón de nacimiento, sexo, origen racial o étnico, discapacidad, edad, enfermedad, religión o creencias, orientación sexual o identidad de género o cualquier otra condición o circunstancia personal o social.
- o Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- o Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- o Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- o Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- o Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.

5.6. Contenidos

Las actividades que desarrollaran en esta propuesta, tanto los de 1ºESO como los de 3º ESO y los de 1ºBachillerato, corresponden con los saberes básicos que marca la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Además, estos contenidos también están dentro del currículo de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de la Junta de Castilla y León, es decir, dentro de los DECRETO 39/2022 y DECRETO 40/2022.

Estos contenidos que corresponden con los saberes básicos se relacionarán con las competencias específicas de la materia correspondiente y con sus respectivos criterios de evaluación. Según la LOMLOE, los saberes básicos son conocimientos, destrezas y actitudes que constituyen los contenidos propios de un área y cuyo aprendizaje es necesario para la adquisición de las competencias específicas. Por otro lado, esta ley educativa define los criterios de evaluación como referentes que indican los niveles de desempeño esperados en el alumnado en las situaciones o actividades a las que se refieren las competencias específicas de cada área en un momento determinado de su proceso de aprendizaje.

En el caso de 1º ESO, esta propuesta cumple con los contenidos del Bloque A (método científico) y del Bloque E (seres vivos). Con el uso de la aplicación educativa *Indagapp*, los alumnos/as trabajan los métodos de experimentación para responder a una cuestión científica determinada utilizando un laboratorio virtual de forma adecuada y los métodos de observación y de toma de datos de fenómenos naturales y de análisis de resultados, contenidos que marca el currículo dentro del Bloque A. En cuanto al Bloque de los seres vivos, mediante las indagaciones de la fotosíntesis y el crecimiento de plantas, están trabajando los contenidos relacionados con las plantas.

Para el curso de 3º ESO, estos contenidos solo corresponden al Bloque A, el proyecto científico, mediante el cual trabajarán el método científico, con las correspondientes preguntas, hipótesis y conjeturas científicas, es decir, un planteamiento con perspectiva científica. Además, realizarán diseños de experimentos y actividades de experimentación para responder a una cuestión científica determinada utilizando laboratorios virtuales. Y por último, utilizarán las herramientas de obtención y selección de información a partir de la recogida de muestras del medio natural y los métodos de

análisis de resultados, viendo la diferenciación entre correlación y causalidad. De esta manera, harán una labor científica.

Según el DECRETO 39/2022, los contenidos trabajados con esta propuesta, los alumnos/as, tanto de 1º ESO como de 3º ESO, podrán adquirir las competencias anteriormente mencionadas, las cuales se evaluarán siguiendo los siguientes criterios de evaluación, vinculando los descriptores operativos del perfil de salida.

Tabla 3. Competencias específicas y criterios de evaluación, vinculadas a los descriptores operativos en 1º y 3ºESO (DECRETO 39/2022).

Competencia específica	Criterio de evaluación	Descriptores operativos
1	1.1 Analizar conceptos y procesos relacionados con los contenidos de Biología y Geología interpretando y organizando la información en diferentes formatos (textos, modelos, gráficos, tablas, esquemas, símbolos, páginas web, entre otros)	CCL2, CP1, STEM2, STEM4, CD1, CD2, CPSAA4
	1.2 Facilitar la comprensión de información relacionada con los contenidos de la materia Biología y Geología transmitiéndola de forma clara utilizando la terminología y el formato adecuados tales como textos, modelos, gráficos, tablas, vídeos, esquemas, símbolos o contenidos digitales	CCL1, CCL2, CCL5, CP1, STEM2, STEM4, CD1, CD2, CD3, CE1
	1.3 Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del método científico, usando adecuadamente el vocabulario en un contexto preciso y adecuado a su nivel, en diferentes	CCL1, CCL2, CCL5, CP1, STEM2, STEM4, CD1, CD2, CD3, CPSAA4, CE1,

	formatos destacando el uso de los contenidos digitales	CCEC3, CCEC4
3	3.1 Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando la metodología científica mediante textos escritos o búsquedas en Internet sobre fenómenos biológicos y/o geológicos	CCL2, CCL3, STEM1, STEM2, CD1
	3.2 Diseñar la experimentación de fenómenos biológicos y geológicos a corto plazo de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar hipótesis planteadas	STEM1, STEM2, STEM3, CPSAA4
	3.3 Realizar toma de datos cuantitativos o cualitativos en experimentos ya planteados sobre fenómenos biológicos y geológicos utilizando los instrumentos, herramientas métodos y técnicas adecuadas, incluidas las digitales	CCL3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CD2, CE1
	3.4 Interpretar los resultados obtenidos en el proyecto de investigación utilizando herramientas matemáticas y tecnológicas sencillas	STEM1, STEM2, STEM4, CD2, CD3, CPSAA4, CE3
	3.5 Cooperar dentro de un proyecto científico grupal desempeñando una función concreta, demostrando respeto hacia la diversidad, la igualdad de género, equidad y empatía, y favoreciendo la inclusión	CCL1, CP1, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CD3, CPSAA1, CPSAA3, CE3

	3.6 Presentar la información y observación de campo utilizando el formato de textos, tablas, pequeños informes y herramientas digitales	CCL1, CP1, STEM1, STEM2, STEM4, CD2, CD3
4	4.1 Dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información aportados por el profesorado, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o recursos digitales, gestionando y utilizando, en este último caso, un entorno personal digital de aprendizaje	STEM1, STEM2, CD2, CD5, CE1

Los alumnos/as de 1º Bachillerato trabajarán los contenidos que están dentro de los Bloques A (proyecto científico), F (fisiología e histología vegetal) y G (microorganismos) de los saberes básicos que establece el DECRETO 40/2022. En el bloque del proyecto científico, trabajarán el método científico, planteando las hipótesis y preguntas y resolviendo los problemas y conjeturas. Para ello, diseñarán, planificarán y realizarán experiencias científicas de laboratorio para contrastar hipótesis y responder cuestiones. Además, verán la importancia de la identificación de variables y del uso de controles para obtener resultados objetivos y fiables, mediante métodos para el análisis de resultados.

Dentro del Bloque F, trabajarán la función de nutrición en las plantas (los procesos de obtención, transporte y composición de los nutrientes) y el balance general del proceso de la fotosíntesis y su importancia para el mantenimiento de la vida en la Tierra. Y del Bloque G, relacionado con los microorganismos, verán las bacterias y arquea (características estructurales, funcionales, diferencias y clasificación) y el metabolismo bacteriano.

De esta manera, según el DECRETO 40/2022, los alumnos/as de 1º Bachillerato podrán alcanzar las competencias específicas anteriormente mencionadas y serán evaluadas mediante los siguientes criterios de evaluación.

Tabla 4. Competencias específicas y criterios de evaluación, vinculadas a los descriptores operativos en 1° Bachillerato (DECRETO 40/2022).

Competencia específica	Criterio de evaluación	Descriptores operativos
1	1.1 Analizar críticamente conceptos y procesos relacionados con los contenidos de Biología, Geología y Ciencias Ambientales interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, etc.), utilizando el pensamiento científico y seleccionando y contrastando de forma autónoma dicha información	CCL2, CCL3, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA4
	1.2 Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los contenidos de la materia Biología, Geología y Ciencias Ambientales, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuados: modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos o contenidos y herramientas digitales, y respondiendo de manera fundamentada a las cuestiones que puedan surgir durante el proceso	CCL1, CP1, STEM4, CD2, CD3
	1.3 Argumentar sobre aspectos relacionados con los contenidos de la materia Biología, Geología y Ciencias Ambientales defendiendo una postura de forma razonada y no dogmática, con una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás	CCL1, CCL5, STEM2, CC3, CCEC3.2
	3.1 Plantear preguntas y formular hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando la metodología científica para explicar fenómenos	STEM1, STEM2

	biológicos, geológicos y ambientales y realizar predicciones sobre estos	
	3.2 Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis de fenómenos biológicos, geológicos y ambientales, y seleccionar los instrumentos necesarios de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis planteada minimizando los sesgos en la medida de lo posible	STEM1, STEM2, STEM3, CE3
	3.3 Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos y cualitativos sobre fenómenos biológicos, geológicos y ambientales, identificando las variables implicadas, seleccionando y utilizando los controles, instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión, asegurando la normativa básica de seguridad en el laboratorio	STEM2, STEM3, CD1, CE3
3	3.4 Interpretar y analizar resultados obtenidos en el proyecto de investigación utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas y reconociendo su alcance y limitaciones y obteniendo conclusiones razonadas y fundamentadas o valorando la imposibilidad de hacerlo	STEM1, STEM2, STEM4, CD3, CE3
	3.5 Establecer colaboraciones dentro y fuera del centro educativo en las distintas fases del proyecto científico, trabajando así con mayor eficiencia, utilizando las herramientas tecnológicas adecuadas, aplicando medidas de protección frente al uso de tecnologías digitales y valorando la importancia de la cooperación en la investigación, desarrollando	CCL5, STEM3, CD1, CD3, CD4, CPSAA3.1, CPSAA3.2

	una actitud empática frente a las experiencias aportadas por sus compañeros, respetando la diversidad y favoreciendo la inclusión	
	3.6 Presentar de forma oral, escrita y multimodal, con fluidez y rigurosidad, la introducción, metodología, resultados y conclusiones del proyecto científico utilizando el formato adecuado (tablas, gráficos, informes, etc.) y destacando el uso de herramientas digitales	CCL1, CP1, STEM4, CD2, CD3, CE1, CE3
4	4.1 Resolver problemas, responder con creatividad y eficacia o dar explicación de forma oral, escrita y multimodal, con fluidez y rigurosidad a procesos biológicos, geológicos o ambientales buscando y utilizando recursos variados como conocimientos, datos e información, con especial énfasis en los textos académicos, razonamiento lógico, pensamiento computacional o recursos digitales	CCL1, CCL2, CCL3, STEM1, STEM2, STEM4, CD1, CD5
	4.2 Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos biológicos, geológicos o ambientales y modificar los procedimientos utilizados o conclusiones obtenidas si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados o encontrados con posterioridad, considerando tanto la experiencia de éxito como de fracaso una oportunidad para aprender	CCL3, STEM1, CD1, CPSAA1.1, CPSAA1.2, CPSAA4, CPSAA5, CE1, CE2, CE3

5.7. Metodología

En esta propuesta de intervención, se han seguido tres metodologías educativas diferentes: la clase expositiva, el aprendizaje por trabajo colaborativo y el aprendizaje basado en la indagación.

Para esta propuesta es necesario una clase expositiva, para explicar en qué consiste en sí la propuesta, cómo va a ser la organización temporal de la misma, en qué consisten los laboratorios virtuales, y más en concreto, en qué consiste la aplicación educativa *Indagapp*. Además, se comentarán también las ventajas y desventajas de los laboratorios virtuales con respecto a los tradicionales, y también se hará una pequeña introducción sobre el proceso indagatorio. El objetivo de esta clase expositiva es que los alumnos/as conozcan lo que van a tener que trabajar en esta propuesta, para evitar frustraciones.

En cuanto al aprendizaje por trabajo colaborativo, será un aprendizaje centrado en grupos pequeños (2-3 personas), donde los alumnos/as utilizarán diversas actividades de aprendizaje para mejorar su rendimiento sobre una materia, en este caso, una búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes.

Y por último, mediante el aprendizaje basado en la indagación, los alumnos/as indagarán las relaciones causales que puedan existir entre dos o más fenómenos, y para ello, formularán hipótesis sobre estas relaciones y las comprobarán, realizando experimentos. En el caso de esta propuesta en concreto, dichos experimentos se realizarán con la ayuda de la aplicación educativa *Indagapp*.

5.8. Temporalización

Tabla 5. Temporalización de la propuesta de intervención.

GRUPO	DÍA	ACTIVIDAD	DURACIÓN
1º B	15/03/23	Clase expositiva Búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes	50 minutos
	16/03/23	Utilización de la app educativa <i>Indagapp</i>	50 minutos
	17/03/23	Diseño o planteamiento de una simulación	50 minutos
	21/03/23	Completar cuestionario de usabilidad y satisfacción	20 minutos
1º D	15/03/23	Clase expositiva Búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes	50 minutos
	16/03/23	Utilización de la app educativa <i>Indagapp</i>	50 minutos
	17/03/23	Diseño o planteamiento de una simulación	50 minutos
	21/03/23	Completar cuestionario de usabilidad y satisfacción	20 minutos

3° B	13/03/23	Clase expositiva Búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes	50 minutos
	15/03/23	Utilización de la app educativa <i>Indagapp</i>	50 minutos
	20/03/23	Diseño o planteamiento de una simulación	50 minutos
	22/03/23	Completar cuestionario de usabilidad y satisfacción	20 minutos
3° C	13/03/23	Clase expositiva Búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes	50 minutos
	14/03/23	Utilización de la app educativa <i>Indagapp</i>	50 minutos
	20/03/23	Diseño o planteamiento de una simulación	50 minutos
	21/03/23	Completar cuestionario de usabilidad y satisfacción	20 minutos
1°Bach	15/03/23	Clase expositiva Búsqueda por internet de los laboratorios virtuales existentes	50 minutos
	14/03/23	Utilización de la app educativa <i>Indagapp</i>	50 minutos
	17/03/23	Diseño o planteamiento de una simulación	50 minutos
	20/03/23	Completar cuestionario de usabilidad y satisfacción	20 minutos

5.9. Descripción de las actividades

Para el correcto desarrollo de esta propuesta, se plantean cinco actividades diferentes, las cuales se explican a continuación.

1ª actividad: Clase expositiva, en la cual el/la docente explicará la propuesta en sí y cómo se va a trabajar en clase, mostrando el cronograma que se va a seguir. Es decir, se hará una introducción sobre lo que son los laboratorios virtuales, explicando sus ventajas y desventajas respecto a los laboratorios tradicionales o convencionales, haciendo especial hincapié en la aplicación educativa *Indagapp*, ya que es la que se utilizará en esta propuesta. Por último, ya que se trabajará la metodología activa de la indagación, se hará una pequeña introducción sobre el proceso indagatorio.

2ª actividad: búsqueda en internet de laboratorios virtuales existentes. Esta actividad se hará mediante trabajo colaborativo en pequeños grupos (2-3 personas), donde tendrán que buscar los diferentes laboratorios virtuales que encuentren por internet, relacionados con la asignatura de Biología y Geología.

Estas dos primeras actividades se realizarán en una misma sesión, de 50 minutos, y se trabajará de igual manera en los 3 cursos diferentes, ya que está adaptada a todos los

cursos. A continuación, se muestra la tabla con las características de estas dos primeras actividades.

Tabla 6. Características de la 1ª y 2ª actividad.

ACTIVIDAD 1 y 2: Clase expositiva y Búsqueda en internet de laboratorios virtuales existentes		
CONTENIDOS	TEMPORALIZACIÓN	OBJETIVOS
<p>En la ESO (1º y 3º):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herramientas digitales para la búsqueda de información divulgativa, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas en diferentes formatos (presentación, gráfica, vídeo, póster, informe, entre otros). - Fuentes veraces de información científica. <p>En Bachillerato (1º):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herramientas tecnológicas para la búsqueda de información, colaboración, interacción con instituciones científicas y comunicación de procesos, resultados o 	<p>1 sesión (50 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender la propuesta de intervención - Conocer los diferentes laboratorios virtuales existentes - Utilizar fuentes veraces de información científica

ideas en diferentes formatos (textos, presentación, gráficos, vídeo, póster o informe). - Búsqueda, reconocimiento y utilización de fuentes veraces de información científica.		
METODOLOGÍA Y TÉCNICA		RECURSOS
Clase expositiva/Técnicas audiovisuales Trabajo colaborativo en pequeños grupos		Dispositivos electrónicos (ordenadores o tablet) con acceso a internet
AGRUPACIONES DE ALUMNOS/AS		
En la clase expositiva no hay grupos En la búsqueda, grupos de 2-3 alumnos/as		
COMPETENCIAS CLAVE		
CCL, CD, CPSAA		
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		
Se comenzará con la 1ª actividad, la clase expositiva, en la que se explicará la propuesta de intervención en su totalidad, mostrando el cronograma que se va a seguir y explicando cómo van a tener que trabajar. Además, se explicará lo que son los laboratorios virtuales y en que se basa el proceso indagatorio. Después, los alumnos/as se agruparán (2-3 personas) para buscar en internet los diferentes laboratorios virtuales disponibles, relacionados con la asignatura de Biología y Geología.		
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN		
Métodos de observación directa por parte del/la docente Escala de estimación por parte del docente en base a la participación		

3ª actividad: uso de la aplicación educativa *Indagapp*, mediante la cual los alumnos/as aprenderán a diseñar y desarrollar investigaciones empleando las fases del proceso indagatorio y las prácticas científicas promovidas por la LOMLOE.

La aplicación *Indagapp* cuenta con 10 indagaciones o simulaciones diferentes, relacionadas con las ciencias naturales (Figura 1). En estas simulaciones los alumnos/as emplearán las fases del proceso indagatorio, ya que cada una de las simulaciones empieza con la pregunta de investigación en la que tendrán que identificar las variables (dependientes, independientes o control), siguiendo con las posibles hipótesis, y después, con el diseño experimental. La siguiente fase es la de los resultados obtenidos, y la última fase, las conclusiones y el afianzamiento de los conocimientos. Cada una de las indagaciones de la aplicación, se encarga de investigar un fenómeno determinado:

1. Crecimiento de plantas, sobre los factores que influyen en el crecimiento de las plantas para conseguir un ciclo vital óptimo.
2. Formación de cristales, sobre los factores que influyen en la formación de cristales en la naturaleza.
3. Fuerza, sobre los factores que influyen en la fuerza que hay que hacer para desplazar un objeto de un lugar a otro.
4. Inundaciones, sobre los factores que influyen en que suba repentinamente el nivel de los ríos, generando inundaciones en ciudades ribereñas.
5. Crecimiento bacteriano, sobre los factores que influyen en la tasa de crecimiento bacteriano en los alimentos.
6. Fotosíntesis, sobre los factores que influyen en la producción de oxígeno en la fotosíntesis de plantas acuáticas.
7. Vuelo en globo, sobre los factores que influyen en el movimiento de ascenso o descenso de un globo aerostático.
8. Formación de valles, sobre los factores que influyen en la forma de un valle.
9. Refracción de la luz, sobre los factores que influyen en la desviación de la trayectoria que sigue un rayo de luz cuando pasa de un medio a otro.
10. Flotabilidad, sobre los factores que influyen en que unos objetos floten y otros no.



Figura 1. Las diferentes indagaciones que ofrece la aplicación *Indagapp*.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ITACA.Indagapp>

En esta actividad, por limitaciones de tiempo, no se realizarán todas las indagaciones que ofrece la aplicación. Por lo tanto, cada curso trabajará con las indagaciones relacionadas con los contenidos que marca el currículo correspondiente. En el caso de 1ºESO y 3ºESO, trabajarán las indagaciones 1 y 6; y los de 1ºBachillerato, las indagaciones 1, 5 y 6.

Esta actividad se debería realizar individualmente, para que cada alumno/a avance según su ritmo de aprendizaje y siga las fases indagatorias en su totalidad. El principal problema es la falta de dispositivos electrónicos, ya que no siempre habrá un ordenador o tablet para cada alumno/a, así que, en ese caso, trabajarán por parejas.

Tabla 7. Características de la 3ª actividad.

ACTIVIDAD 3:		
Uso de la aplicación educativa <i>Indagapp</i>		
CONTENIDOS	TEMPORALIZACIÓN	OBJETIVOS
En 1º ESO:		

<ul style="list-style-type: none"> - Método científico. Aplicación en experimentos sencillos. - Métodos de experimentación para responder a una cuestión científica determinada utilizando instrumentos y espacios (laboratorio, aulas o entorno natural) de forma adecuada. - Modelado como método de representación y comprensión de elementos de la naturaleza. - Métodos de observación y de toma de datos de fenómenos naturales y de análisis de resultados. - Plantas: características generales de cada grupo taxonómico. Órganos y procesos reproductores de las gimnospermas y angiospermas. La flor, el fruto y la semilla. <p>En 3ºESO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método Científico. Preguntas, hipótesis y conjeturas científicas: planteamiento con perspectiva científica. - Diseño de experimentos. 	<p>1 sesión (50minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender y emplear correctamente el método científico. - Identificar las diferentes variables. - Plantear hipótesis. - Interpretar resultados mediante gráficos o tablas. - Comprender diferentes fenómenos biológicos.
---	---------------------------------	---

<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de experimentación para responder a una cuestión científica determinada utilizando instrumentos y espacios (laboratorio, aulas o entorno natural) de forma adecuada. - Métodos de análisis de resultados. Diferenciación entre correlación y causalidad. <p>En 1ºBachillerato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método científico: hipótesis, preguntas, problemas y conjeturas. - Diseño, planificación y realización de experiencias científicas de laboratorio o de campo para contrastar hipótesis y responder cuestiones. Importancia de la identificación de variables y del uso de controles para obtener resultados objetivos y fiables. - Métodos para el análisis de resultados utilizando herramientas estadísticas cuando sea necesario. - Estrategias de comunicación de 		
--	--	--

<p>proyectos o resultados utilizando vocabulario científico y en distintos formatos (textos, informes, vídeos, modelos o gráficos).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Función de nutrición en las plantas: procesos de obtención, transporte y composición de los nutrientes. - Adaptaciones de determinadas especies vegetales y características del ecosistema en el que se desarrollan. - Bacterias y arqueas: características estructurales, funcionales, diferencias y clasificación. - Metabolismo bacteriano. 		
METODOLOGÍA Y TÉCNICA		RECURSOS
Aprendizaje basado en la indagación		Dispositivos electrónicos (ordenadores o tablet) con acceso a internet Aplicación educativa <i>Indagapp</i>
AGRUPACIONES DE ALUMNOS/AS		
No hay grupos (salvo que no haya dispositivos electrónicos suficientes)		
COMPETENCIAS CLAVE		
CCL, CD, STEM		

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD
Cada alumno/a dispondrá de un dispositivo electrónico (en caso de que no haya suficiente, cada pareja dispondrá de uno) para poder trabajar con la aplicación educativa Indagapp. Dentro de la aplicación, dependiendo el curso y los contenidos correspondientes, trabajarán con la indagación o simulación correspondiente a su currículo, y si hubiera tiempo, cada alumno/a hará 2-3 indagaciones.
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Datos cuantitativos de la app en base a los errores y/o intentos

4ª actividad: diseño o planteamiento de una simulación, mediante el trabajo colaborativo en grupos de 4-5 personas. En este caso, esta actividad presenta diferentes modalidades en función del curso, para adaptarla al nivel correspondiente. A los alumnos/as de 1ºESO, se les pedirá que propongan una situación problemática relacionada con la asignatura de Biología y Geología, y deberán plantear una pregunta de investigación adecuada para intentar solucionar dicha situación problemática.

A los de 3ºESO, se les exigirá lo mismo que a los de 1º ESO, pero al tener un nivel más alto, también tendrán que plantear 1-2 hipótesis que respondan a la pregunta de investigación planteada y deberán definir las variables que intervienen en dicha situación problemática.

Por último, los/as de 1º Bachillerato deberán realizar lo mismo que los de 3º ESO, pero, además, deberán diseñar o plantear 1-2 experimentos para poder comprobar las hipótesis planteadas, incluyendo sus respectivas tablas y gráficas.

Tabla 8. Características de la 4ª actividad.

ACTIVIDAD 4:		
Diseño o planteamiento de una simulación		
CONTENIDOS	TEMPORALIZACIÓN	OBJETIVOS
En 1º ESO:		

<ul style="list-style-type: none"> - Método científico. Aplicación en experimentos sencillos. <p>En 3ºESO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método Científico. Preguntas, hipótesis y conjeturas científicas: planteamiento con perspectiva científica. <p>En 1ºBachillerato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método científico: hipótesis, preguntas, problemas y conjeturas. - Diseño, planificación y realización de experiencias científicas de laboratorio o de campo para contrastar hipótesis y responder cuestiones. Importancia de la identificación de variables y del uso de controles para obtener resultados objetivos y fiables. - Métodos para el análisis de resultados utilizando herramientas estadísticas cuando sea necesario. 	<p>1 sesión (50 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender y emplear correctamente el método científico. - Identificar las diferentes variables. - Plantear hipótesis.
METODOLOGÍA Y TÉCNICA		RECURSOS
<p>Aprendizaje basado en la indagación Trabajo colaborativo</p>		<p>Dispositivos electrónicos (ordenadores o tablet) con acceso a internet</p>

AGRUPACIONES DE ALUMNOS/AS
Grupos de 4-5 personas
COMPETENCIAS CLAVE
CCL, CD, STEM, CPSAA
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD
Los alumnos/as, en grupo, deberán pensar y plantear una situación problemática relacionada con la asignatura de Biología y Geología, para intentar diseñar una simulación nueva. De esta manera, trabajaran mediante el proceso indagatorio, aplicando sus diferentes fases.
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Métodos de observación directa por parte del/la docente Escala de estimación por parte del docente en base a la participación

5ª actividad: cuestionario de usabilidad y satisfacción, en el cual los alumnos/as deberán responder a las preguntas planteadas en dicho cuestionario (Anexo I y II), para evaluar y dar la opinión sobre la app educativa *Indagapp*.

Tabla 9. Características de la 5ª actividad.

ACTIVIDAD 5: Cuestionario de usabilidad y de satisfacción		
CONTENIDOS	TEMPORALIZACIÓN	OBJETIVOS
En 1º ESO: - Método científico. Aplicación en experimentos sencillos. En 3º ESO: - Método Científico. Preguntas, hipótesis y conjeturas científicas:	1 sesión (20 minutos)	- Evaluar la aplicación educativa <i>Indagapp</i> . - Autoevaluación a la hora de utilizar la aplicación.

planteamiento con perspectiva científica. En 1ºBachillerato: - Método científico: hipótesis, preguntas, problemas y conjeturas.		- Opinar sobre la usabilidad de la aplicación.
METODOLOGÍA Y TÉCNICA		RECURSOS
Aprendizaje basado en la indagación		Cuestionario de usabilidad y satisfacción (Anexo I y II)
AGRUPACIONES DE ALUMNOS/AS		
No hay grupos		
COMPETENCIAS CLAVE		
CCL		
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		
Los alumnos/as, individualmente, deberán responder de manera subjetiva a las preguntas del cuestionario, valorando la aplicación y evaluando su uso.		
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN		
Participación en los cuestionarios facilitados		

5.10. Evaluación

Esta propuesta de intervención se evaluará mediante diferentes instrumentos, en función de la actividad que se vaya a evaluar. La 3ª actividad, el uso de la aplicación educativa *Indagapp*, será evaluada mediante los datos que aporta la propia aplicación, que después se analizarán. Y el resto de las actividades se evaluarán mediante la observación directa del/la docente, utilizando una rúbrica que valore y tenga en cuenta la participación de cada uno/a de los alumnos/as (Anexo III).

A pesar de llevar a cabo esta evaluación, no fue tomada en consideración para la nota de la asignatura.

Además de evaluar la participación activa del alumnado, se debe evaluar la propuesta en sí misma y el papel del/la docente. Estas dos evaluaciones se harán mediante dos rúbricas (Anexo IV y Anexo V, respectivamente).

6. RESULTADOS

6.1. Resultados de la app

En la Tabla 10 se presentan la media y desviación estándar de los valores obtenidos en la aplicación *Indagapp* en los diferentes cursos, respecto a las diferentes variables. En general, las variables que se tienen en cuenta a la hora de analizar la aplicación *Indagapp* están relacionadas con el número de fallos que cometen los alumnos/as a la hora de trabajar con las diferentes simulaciones o indagaciones.

Tabla 10. Media y desviación estándar de las diferentes variables analizadas en los distintos cursos.

Variables	1º ESO		3º ESO		1º BACH	
	Media	Desviación	Media	Desviación	Media	Desviación
H0	1,07	1,02	1,43	1,04	0,67	0,86
VAR1	2,73	3,73	1,43	1,96	0,25	0,44
SIM1	1,24	1,75	0,89	1,30	0,30	0,80
H1	1,30	3,10	0,74	1,56	0,90	1,77
VAR2	1,96	2,86	0,29	0,71	0,59	1,58
SIM2	0,42	0,64	0,18	0,39	0,29	0,69
H2	3,42	7,33	2,82	4,87	0,88	1,80
VAR3	2,58	3,72	0,52	1,05	0,06	0,24
SIM3	0,88	1,39	0,63	1,74	0,29	0,59
H3	1,83	2,68	2,56	4,01	1,47	2,72
VAR4	0,57	0,38	1,42	2,54	0,12	0,49
SIM4	0,38	0,50	0,63	1,71	0,24	0,56
H4	0,90	2,23	4,17	5,75	0,88	1,27
Inter.	3,30	4,44	4,35	3,68	5,47	5,97
Afianz.	1,10	0,85	1,22	0,90	1,20	0,86

La primera variable ($H0$) hace referencia al número de “no” que han respondido los alumnos/as en las hipótesis, es decir, las veces que han fallado en identificar los factores que analizan en las diferentes indagaciones.

Las que aparecen como *VAR* están relacionadas con el número de errores que se cometen al seleccionar las variables (independientes, dependientes y control) de las diferentes hipótesis que se analizan (VAR1, VAR2, VAR3 y VAR4). La variable que se expresa como *SIM* hace referencia al número de errores cometidos en la simulación

durante las distintas hipótesis (SIM1, SIM2, SIM3 y SIM4). Y las que aparecen expresadas como H , tienen en cuenta los errores que se cometen en las preguntas de interpretación de las distintas hipótesis (H1, H2, H3 y H4).

Por último, al terminar de comprobar una hipótesis, la aplicación realiza 5 preguntas relacionadas con lo analizado en la hipótesis; y después de comprobar las cuatro hipótesis de una indagación o simulación, los alumnos/as deben responder a unas preguntas finales de afianzamiento. Esto se refleja en las variables *Inter.*, la cual hace referencia a los intentos realizados hasta conseguir la respuesta correcta en las cinco preguntas; mientras que la variable *Afianz.* se refiere a intentos realizados hasta conseguir la respuesta correcta en las cuatro preguntas finales de afianzamiento de contenidos.

Después de analizar estas variables estadísticamente mediante el programa SPSS y compararlos por grupos, se han apreciado diferencias significativas. La variable que hace referencia al número de “no” en las hipótesis, o las veces que han fallado los alumnos/as en identificar los factores que se analizan en las diferentes hipótesis (Figura 2), se han encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre 3ºESO ($1,43 \pm 1,04$) y 1º Bachillerato ($0,67 \pm 0,87$).

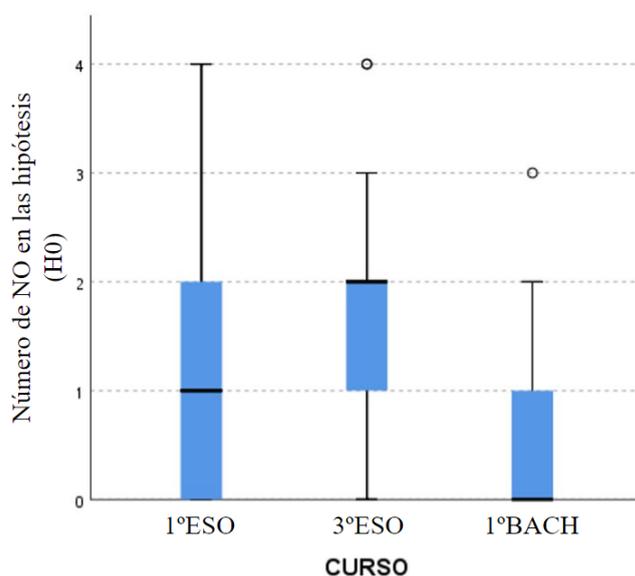


Figura 2. Valores del número de NO en las hipótesis (H0) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis.

En la variable SIM1 (Figura 3) se han encontrado diferencias significativas entre 1º Bachillerato ($0,30 \pm 0,80$) y 1º ESO ($1,24 \pm 1,75$); pero también entre 1º Bachillerato ($0,30 \pm 0,80$) y 3º ESO ($0,89 \pm 1,30$).

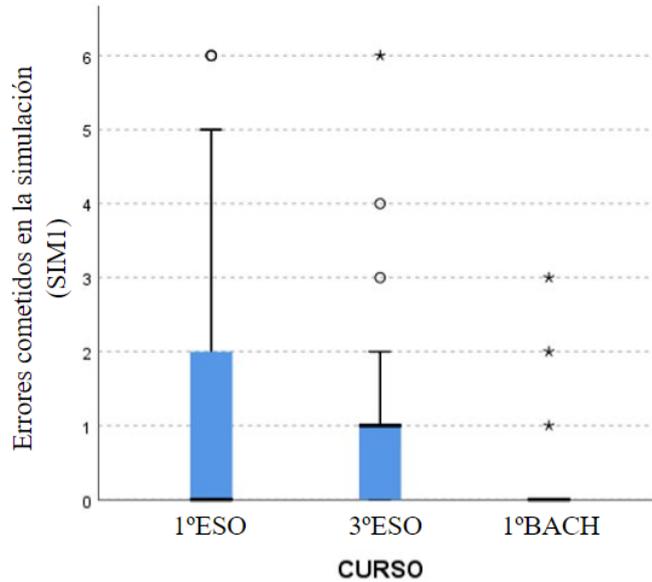


Figura 3. Valores del número de errores cometidos en la simulación (SIM1) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis.

En las variables que analizan los errores cometidos al seleccionar las variables (independientes, dependientes y de control), también se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes cursos analizados. En el caso de la VAR1 (Figura 4), las diferencias significativas aparecen entre 1º Bachillerato ($0,25 \pm 0,44$) y 1º ESO ($2,73 \pm 3,73$); y entre 1º Bachillerato y 3º ESO ($1,43 \pm 1,96$). En cuanto a la VAR2 (Figura 5), las diferencias aparecen entre 3º ESO ($0,29 \pm 0,71$) y 1º ESO ($1,96 \pm 2,86$); y entre 1º Bachillerato ($0,59 \pm 1,58$). Y por último, en la VAR3 (Figura 6), las diferencias significativas se encuentran entre 3º ESO ($0,52 \pm 1,05$) y 1º ESO ($2,58 \pm 3,72$); y entre 1º Bachillerato ($0,06 \pm 0,24$) y 1º ESO.

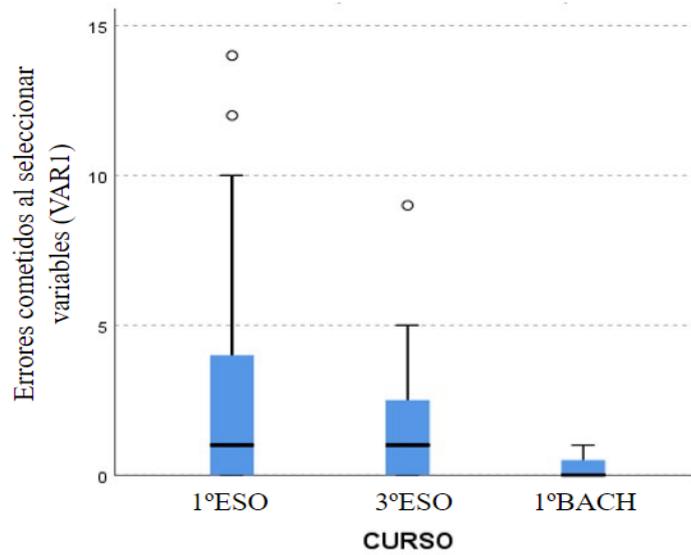


Figura 4. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR1) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis.

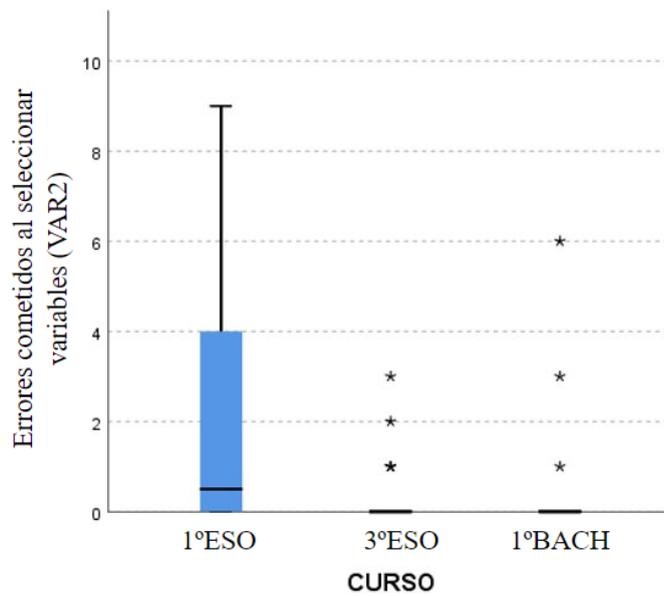


Figura 5. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR2) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis.

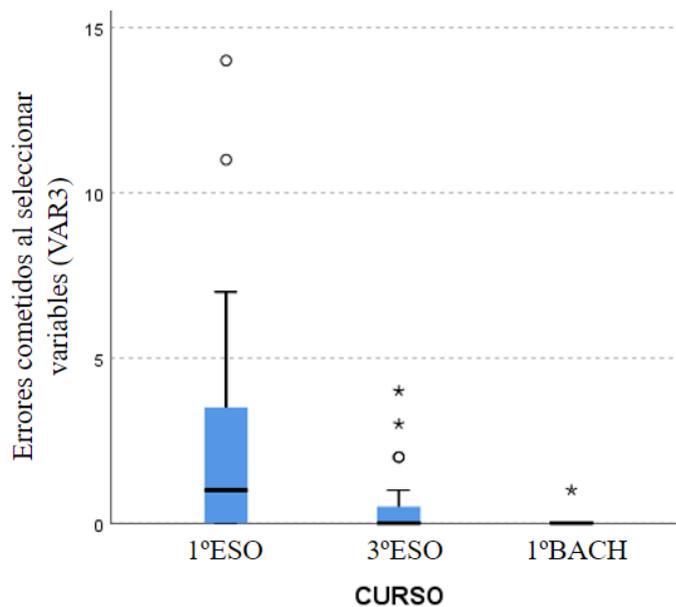


Figura 6. Valores del número de errores cometidos al seleccionar las variables (VAR3) analizados estadísticamente mediante la prueba Kruskal-Wallis.

6.2. Resultados del cuestionario de usabilidad

Después de haber trabajado con la aplicación *Indagapp*, a los alumnos/as se les proporcionó un cuestionario de usabilidad (Anexo I), en el cual tuvieron que responder a dieciséis ítems, indicando su grado de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones de los diferentes ítems.

En la siguiente gráfica (Figura 7) se reflejan las respuestas de los alumnos/as que han participado en esta investigación.

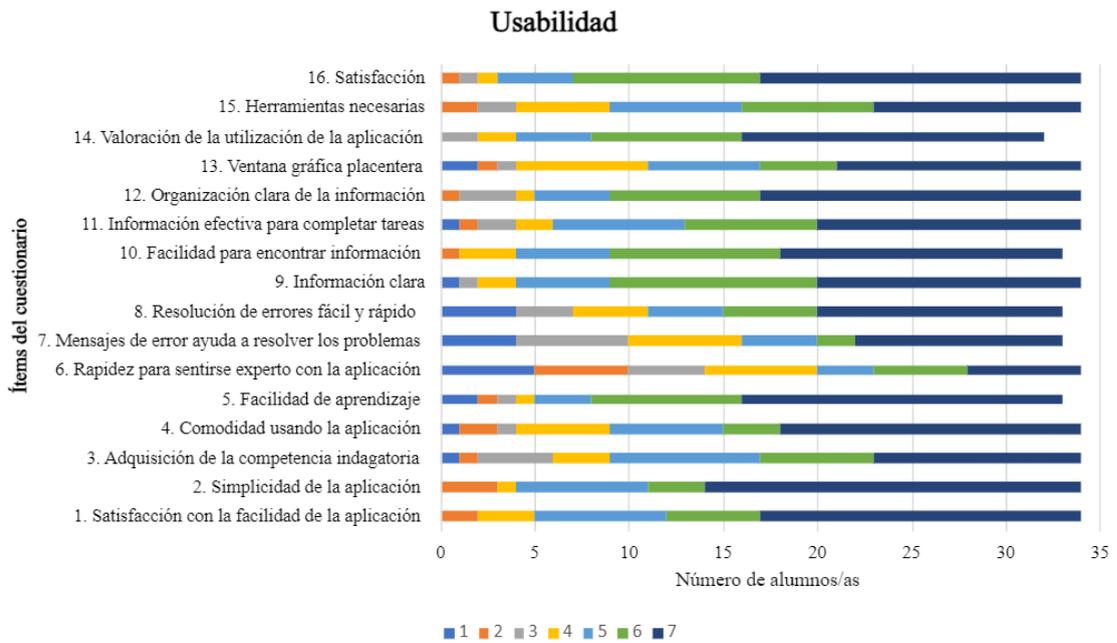


Figura 7. Respuestas obtenidas en el cuestionario de usabilidad, donde 1 significa “totalmente en desacuerdo” y 7 “totalmente de acuerdo”.

6.3. Resultados del cuestionario de satisfacción

Además del cuestionario de usabilidad, a los alumnos/as también se les proporcionó un cuestionario de satisfacción (Anexo II), mediante el cual valoraron la aplicación *Indagapp*, respondiendo a quince ítems diferentes indicando su grado de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones de los diferentes ítems. La siguiente gráfica (Figura 8) muestra las respuestas de los alumnos/as que han participado en esta investigación.

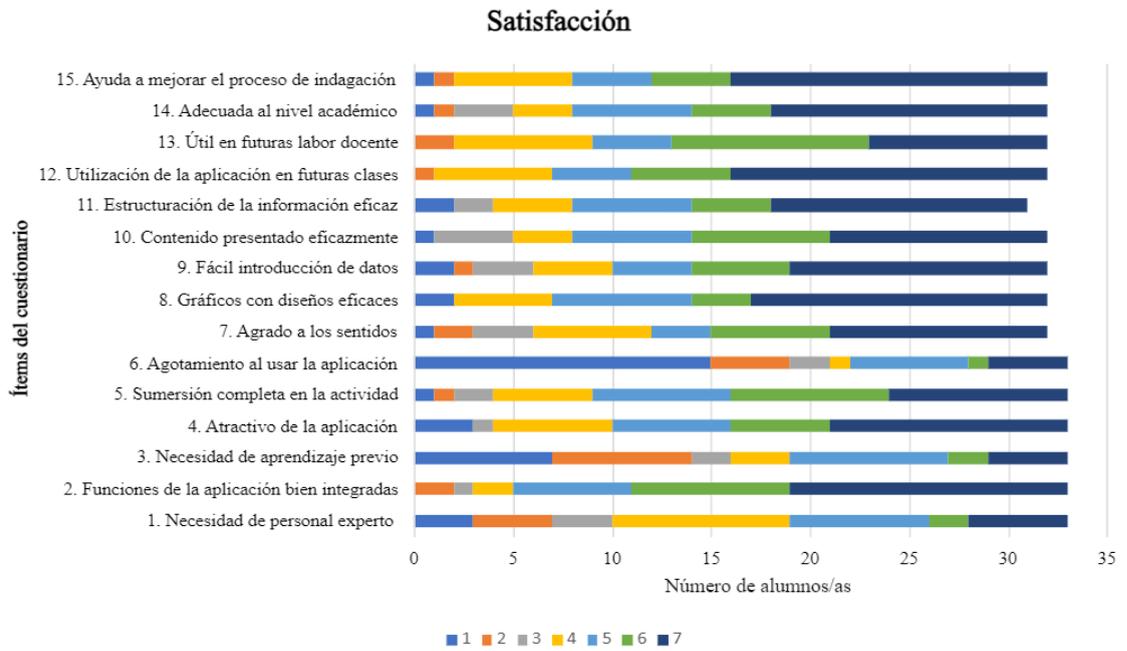


Figura 8. Respuestas obtenidas en el cuestionario de satisfacción, donde 1 significa “totalmente en desacuerdo” y 7 “totalmente de acuerdo”.

7. DISCUSIÓN

Uno de los objetivos de esta investigación era comprobar la aplicación de los laboratorios virtuales como recurso didáctico en la enseñanza de la Biología y Geología en la educación secundaria y bachillerato. Analizando los cuestionarios de usabilidad y de satisfacción completados por los alumnos/as, se ha podido comprobar que estos/as han tenido una respuesta general positiva hacia el uso de laboratorios virtuales. Además, de esta manera, también se ha comprobado que, con el uso de laboratorios virtuales, los alumnos/as han aumentado su interés por la asignatura de Biología y Geología.

En esta investigación era importante evaluar el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de la Biología y Geología, ya que la mayoría de los laboratorios virtuales o simulaciones están más enfocadas a la física y la química. La aplicación utilizada en esta investigación, *Indagapp*, ofrece varias simulaciones relacionadas con la materia de biología y geología, como son la fotosíntesis, el crecimiento de plantas y el crecimiento bacteriano.

Una animación es la ilusión de los movimientos creados para mostrar una serie de imágenes sobre los pasos y tareas reales en cada paso experimental. Es por eso que *Indagapp*, al ser una aplicación de animación o simulación, ayuda al estudiante a buscar cualquier objeto o material correcto que necesite para realizar el experimento, además de mostrar el paso correcto para el desarrollo de la actividad experimental. De esta manera, los alumnos/as podrán seguir las instrucciones de las imágenes y realizar los experimentos, ayudándoles a completar el experimento más fácilmente sin necesitar la ayuda de un experto o un profesor/a. Además, la aplicación registra las acciones del usuario/a o del alumno/a para saber cuándo termina la actividad, y una vez que detecta que ha completado toda la actividad, el sistema muestra el siguiente paso, para que los/las estudiantes lo realicen, y así sucesivamente. Este mecanismo es muy útil para minimizar la carga mental sobre los estudiantes, y así, los estudiantes podrán completar el experimento con éxito (Ali et al., 2022). Por otro lado, la incorporación de las TIC en el plan de estudios fomenta un aprendizaje constructivo, permitiendo que el pensamiento de los alumnos crezca más rápidamente que los métodos tradicionales de enseñanza (Bester & Brand, 2013).

Los alumnos/as que han participado en esta investigación, tanto de 1º ESO, 3º ESO y 1º Bachillerato, han trabajado con estas simulaciones o indagaciones, mediante la metodología activa de la indagación. Tal y como se ha comentado en los resultados, se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes cursos, ya que el desarrollo cognitivo y la madurez intelectual no es la misma, teniendo en cuenta que la diferencia de edad se aprecia desde los 12-13 años hasta los 16-17. Es por eso que en la mayoría de las variables analizadas se encuentran diferencias significativas entre 1º ESO y 1º Bachillerato y entre 3º ESO y 1º Bachillerato, siendo los resultados más favorables y positivos en 1º Bachillerato. Aunque también, en algunos casos, las diferencias se han encontrado entre 1º ESO y 3º ESO, siendo positivos para 3º ESO.

Esto demuestra que a pesar de que la aplicación de los laboratorios virtuales en la enseñanza haya sido la misma para los diferentes cursos, 1º Bachillerato al ser un curso con mayor nivel académico, los resultados obtenidos son más positivos que en el resto de los cursos. Analizando los resultados obtenidos en la aplicación, se puede apreciar que, en general, lo que más les ha costado a los alumnos/as ha sido identificar las variables del experimento, es decir, distinguir las variables dependientes, independientes y las de control. Esto sobre todo se ha apreciado más en el curso inferior, en 1º ESO, ya que posiblemente para ellos/as sea un concepto más complejo de entender.

Además, en el caso de los de 1º ESO, en la mayoría de las variables analizadas, han sido los que han obtenido los resultados más negativos, esto quiere decir que, han sido a los que más les ha costado realizar las actividades de las simulaciones o indagaciones. Esto puede ser porque seguramente estén menos familiarizados con el proceso indagatorio. Aun así, han mostrado una actitud positiva hacia el uso de laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como se ha podido reflejar en los cuestionarios.

Sin embargo, a pesar de que los cursos inferiores han obtenido resultados más desfavorables, en la última variable, que corresponde a los afianzamientos de conocimientos, en general, los tres cursos han obtenido resultados similares. Lo cual demuestra que la aplicación ha servido de ayuda para comprender mejor algunos conceptos científicos más complejos. Esto también fortalece la idea de que la metodología activa de la indagación es una vía relevante y eficaz para generar cambios conceptuales.

Según los resultados obtenidos en la investigación de Diwakar et al. (2023), el uso de los laboratorios virtuales aumenta la motivación, la confianza y la comprensión de los estudiantes, ya que estos laboratorios permiten la autoevaluación de sus tareas de laboratorio. Además, los resultados demostraron que los alumnos/as que utilizaron laboratorios virtuales pudieron recopilar y analizar los datos con facilidad, manteniendo su motivación. Aun así, hay que tener en cuenta que los laboratorios virtuales no pueden ser un sustituto completo de los laboratorios tradicionales, sino que pueden servir para aumentar la eficacia de la percepción de los conceptos científicos antes de realizar prácticas en un laboratorio tradicional o convencional.

Los análisis de los estudios de Byukusenge et al. (2022), han mostrado que el uso de los laboratorios virtuales mejora la comprensión de los/as estudiantes. De hecho, las actividades de los laboratorios virtuales han demostrado ser esenciales para que los alumnos/as entiendan los conceptos de biología, ya que estos laboratorios presentan múltiples oportunidades para que los/as estudiantes tengan fácil acceso a recursos de aprendizaje y para obtener tiempo suficiente en la realización y repetición de las actividades, fomentando un aprendizaje más profundo (Muhamad et al., 2012).

Muchos estudios han comprobado que los laboratorios virtuales son herramientas eficaces y de bajo coste para mejorar la comprensión de los conceptos de biología. Esto es debido a que pueden proporcionar visualizaciones de conceptos abstractos a través de animaciones, simulaciones y prácticas de laboratorio simulados, que no pueden realizarse en clases normales (Akhigbe & Ogufere, 2020; Collier et al., 2012; Makransky et al., 2016; Oser & Fraser, 2015; Tan & Waugh, 2013). Tan y Waugh confirmaron que los alumnos/as después de ver las animaciones y participar en los ejercicios de visualización, tenían mayor interés, comprensión y compromiso con el tema. Asimismo, varias investigaciones han verificado que los laboratorios virtuales son adecuados para la comprensión de los temas de biología que son más difíciles de observar en el contexto del aula (Collier et al., 2012; Pope et al., 2017; Radhamani et al., 2014).

Los estudios de Byukusenge et al. (2022) también han indicado que los laboratorios virtuales mejoran las habilidades de laboratorio de los estudiantes, la transferencia de conocimientos y la autoeficacia. Estos estudios sugieren que los laboratorios virtuales son herramientas efectivas para la preparación previa al laboratorio tradicional y la

transferencia de conocimientos y habilidades desde un ambiente idealizado a la realidad física (Makransky et al., 2016). Esto quiere decir que las prácticas de laboratorio ayudan a los alumnos/as a pasar de ideas abstractas a ideas más concretas.

La investigación de Byukusenge et al. (2022) también ha informado sobre los laboratorios virtuales en relación con la motivación, las percepciones y las actitudes de los/as estudiantes hacia la biología y el entorno de aprendizaje. Según estos estudios, estos laboratorios son necesarios para mejorar las actitudes de los alumnos/as, estimular el interés y motivarlos para aprender biología, mejorando su rendimiento.

Otro de los objetivos de esta investigación era analizar y valorar la indagación como metodología educativa en la enseñanza de biología y geología. La indagación se define como un proceso para construir el conocimiento conceptual de los estudiantes mediante un proceso hipotético-deductivo. Teniendo en cuenta esto, la aplicación *indagapp* ayuda a fomentar el uso del proceso indagatorio en los estudiantes, ya que deben realizar procedimientos experimentales y actividades prácticas, respondiendo a preguntas guiadas, comprobando así las distintas hipótesis que se plantean. De esta manera, los alumnos/as mejoran sus habilidades y competencias relacionadas con el análisis e interpretación de datos, fomentando un aprendizaje a través de la formulación de preguntas e hipótesis, el trabajo colaborativo y la apertura a nuevas experiencias.

Según Fernández et al. (2015) y Vázquez y Manassero (2015), una propuesta innovadora para la enseñanza secundaria debe estar orientada a la indagación y centrada en el/la estudiante, fomentando un aprendizaje basado en situaciones reales. El acercamiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje a la vida real y la percepción por parte de los estudiantes de que lo aprendido en clase tiene una utilidad real en la vida cotidiana, son dos elementos importantes que fomentan el interés por el aprendizaje (Aramendi et al., 2018).

Los resultados de la investigación de Camacho et al. (2008), han determinado que la indagación, siendo una experiencia innovadora de aprendizaje en los procesos de investigación, es una vía importante para generar cambios conceptuales y argumentativos, ya que esta metodología incluye la construcción de preguntas guiadas.

Por último, la aplicación *Indagapp*, como la mayoría de los laboratorios virtuales, permiten que los alumnos/as tengan un aprendizaje autónomo, ya que las simulaciones

se adaptan a los diferentes ritmos de aprendizaje, pudiendo repetir la simulación las veces que hagan falta. Así es como los alumnos/as son capaces de desarrollar estrategias de autorregulación del aprendizaje, fundamental en la construcción de significados y procedimientos de la ciencia escolar. Además, la autorregulación del aprendizaje es una estrategia necesaria para desarrollar la competencia de aprender a aprender, una competencia clave para la ciudadanía de la sociedad actual, como se indica en la Recomendación del Consejo Europeo relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (CE, 2018). En dicho documento se hace alusión, por otro lado, al interés de la introducción de métodos de aprendizaje basado en indagaciones como vía para aumentar la motivación y la implicación, incorporando el aprendizaje experimental en los campos STEM a fin de favorecer el desarrollo competencial del alumnado.

8. CONCLUSIONES

La conclusión general que se puede extraer de este trabajo es que los laboratorios virtuales, son herramientas eficaces para la enseñanza de la Biología y Geología; y podrían ser muy útiles para complementar las prácticas de los laboratorios tradicionales.

La revisión bibliográfica realizada al comienzo de este trabajo ha permitido conocer los principales laboratorios virtuales y/o apps educativas existentes hoy en día. Sin embargo, se ha podido observar que la gran mayoría de ellos se encontraban en inglés y requerían de una suscripción, de ahí la necesidad de desarrollar nuevas aplicaciones en castellano y gratuitas, como es el caso de *Indagapp*.

La utilización de esta app por parte de los alumnos/as ha permitido demostrar que este tipo de recursos son muy útiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología y Geología. Además, se ha observado que el uso de esta aplicación permite que los/as estudiantes adquieran las competencias STEM y digital, tan importantes hoy en día para la formación del/la estudiante. Como se podría esperar, dichas competencias han sido alcanzadas de una forma más satisfactoria en los cursos superiores.

Por último, es necesario destacar la buena acogida que ha tenido entre los alumnos/as la propuesta en general, y la aplicación *Indagapp* en particular. Como ha quedado reflejado en los cuestionarios, este recurso educativo ha conseguido despertar el interés y la motivación del alumnado hacia la asignatura de Biología y Geología.

9. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

En el desarrollo de esta investigación, destaca la limitación temporal, ya que lo idóneo hubiera sido que los alumnos/as hubieran trabajado con todas las indagaciones que ofrece la aplicación educativa *Indagapp* y no solo haber realizado 2-3 indagaciones. Además, la falta de tiempo también se ha notado a la hora de implementar en más cursos, y así obtener resultados más significativos.

Por otro lado, hay que tener en cuenta la falta de dispositivos electrónicos en las clases numerosas, ya que no había disponible un ordenador para cada alumno/a y algunos/as tuvieron que realizar las indagaciones en parejas o en grupos de tres. Por lo tanto, en un futuro, si se volviera a implementar esta propuesta, habría que dividir en dos una clase numerosa, o solicitar más dispositivos electrónicos.

Estas limitaciones deberán ser superadas en el desarrollo de investigaciones futuras, para así contar con resultados más completos y significativos. Es decir, en investigaciones futuras se debería ampliar la muestra de estudio, en relación al número de alumnos/as que participen en esta propuesta, además de asegurar que la utilización de la aplicación educativa *Indagapp* se haga de manera individual. Asimismo, sería interesante trasladar esta propuesta a diferentes centros educativos, para comprobar si hubiera diferencias entre los diferentes contextos.

10. BIBLIOGRAFÍA

Achuthan, K., Kolil, V. K., & Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2499-2515. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>

Agustian, H. Y., & Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 518-532. <https://doi.org/10.1039/C7RP00140A>

Akhigbe, J. N., & Ogufere, J. A. (2020). Effect of Computer Simulation Instructional Strategy on Students' Attitude and Academic Achievement in Genetics. *KIU Journal of Social Sciences*, 5(4), 305-315.

Akpan, J., & Strayer, J. (2010). Which comes first the use of computer simulation of frog dissection or conventional dissection as academic exercise? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 29(2), 113-138.

Ali, N., Ullah, S., & Khan, D. (2022). Interactive Laboratories for Science Education: A Subjective Study and Systematic Literature Review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(10), 85. <https://doi.org/10.3390/mti6100085>

Aljuhani, K., Sonbul, M., Alhabiti, M., & Meccawy, M. (2018). Creating a Virtual Science Lab (VSL): the adoption of virtual labs in Saudi schools. *Smart Learning Environments*, 5, 16. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0067-9>

Aramendi Jauregui, P.; Arburua Goinetxe, R.M. y Buján Vidales, K. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124. <https://doi.org/10.6018/rie.36.1.278991>

Barrie, S. C., Bucat, R. B., Buntine, M. A., Burke da Silva, K., Crisp, G. T., George, A. V., ... & Yeung, A. (2015). Development, evaluation and use of a student experience survey in undergraduate science laboratories: the advancing science by enhancing learning in the laboratory student laboratory learning experience survey. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1795-1814. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1052585>

- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- Bester, G., & Brand, L. (2013). The effect of technology on learner attention and achievement in the classroom. *South African Journal of Education*, 33(2), 1-15. <https://doi.org/10.15700/saje.v33n2a405>
- Breakey, K. M., Levin, D., Miller, I., & Hentges, K. E. (2008). The use of scenario-based-learning interactive software to create custom virtual laboratory scenarios for teaching genetics. *Genetics*, 179(3), 1151-1155. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.090381>
- Bybee, R., & Goodrum, D. (2000). Teaching science as inquiry. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, pp. 20-46
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L. B. Flick, & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education* (pp. 1-14). Dordrecht: Springer.
- Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2022). Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology: A Review of Literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(6), 1-17. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.1>
- Camacho, H., Casilla, D., & de Franco, M. F. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14(26), 284-306.
- Caño, A., & Burgoa, B. (2017). *PISA: Competencia Científica. Marco y análisis de los ítems*. Instituto Vasco de Evaluación e Investigación Educativa (ISEI-IVEI). Recuperado el 8 de junio de 2023 de [file:///C:/Users/34605/Downloads/CIENCIAS%20PISA%20_I_Markoa%20eta%20item_ak_cas.\(1\).pdf](file:///C:/Users/34605/Downloads/CIENCIAS%20PISA%20_I_Markoa%20eta%20item_ak_cas.(1).pdf)
- Cimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational research and reviews*, 7(3), 61-71. <https://doi.org/10.5897/ERR11.205>
- Collier, L., Dunham, S., Braun, M. W., & O'Loughlin, V. D. (2012). Optical versus virtual: Teaching assistant perceptions of the use of virtual microscopy in an

undergraduate human anatomy course. *Anatomical sciences education*, 5(1), 10-19. <https://doi.org/10.1002/ase.262>.

Consejo oficial de la Unión Europea (CE) (2018). Recomendación del Parlamento y del Consejo de 18 de diciembre, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Dakhi, O., Jama, J., Irfan, D & Amvibar, I. (2020). Blended learning: a 21st century learning model at college. *International Journal of Multi Science*, 1(8), 50-65.

Darby-White, T., Wicker, S., & Diack, M. (2019). Evaluating the effectiveness of virtual chemistry laboratory (VCL) in enhancing conceptual understanding: Using VCL as pre-laboratory assignment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 38(1), 31-48.

DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

DECRETO 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

Diwakar, S., Achuthan, K., Nedungadi, P., & Nair, B. (2012). Biotechnology Virtual Labs: facilitating laboratory access anytime-anywhere for classroom education. *Innovations in biotechnology*, 379-398. <https://doi.org/10.5772/27864>

Diwakar, S., Kolil, V. K., Francis, S. P., & Achuthan, K. (2023). Intrinsic and extrinsic motivation among students for laboratory courses-Assessing the impact of virtual laboratories. *Computers & Education*, 198, 104758. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104758>

Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. (2017). Virtual laboratories in science education: students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education*, 51(4), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498>

Elangovan, T., & Ismail, Z. (2014). The effects of 3D computer simulation on biology students' achievement and memory retention. *In Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* 15 (2). Article 10, p.2.

- Esteban, M. (2002). El diseño de entornos de aprendizaje constructivista. *Revista de educación a distancia (RED)*, 2 (6). Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/red/article/view/25321>
- Fernández Díaz, M. J., Rodríguez Mantilla, J. M., & Martínez Zarzuelo, A. (2015). Práctica docente del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria en España según TALIS 2013. *Revista española de pedagogía*, 73, 225-244.
- Flowers, L. O. (2011). Investigating the effectiveness of virtual laboratories in an undergraduate biology course. *The Journal of Human Resource and Adult Learning*, 7(2), 110.
- García Barneto, A., & Gil Martín, M. R. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, (2), 304-322.
- García, M. L., & Ortega, J. G. M. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562-576.
- Griffin, J. D. (2003). Technology in the teaching of neuroscience: Enhanced student learning. *Advances in Physiology Education*, 27(3), 146-155. <https://doi.org/10.1152/advan.00059.2002>
- Havlíčková, V., Šorgo, A., & Bílek, M. (2018). Can Virtual Dissection Replace Traditional Hands-on Dissection in School Biology Laboratory Work?. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1415-1429. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83679>
- Hedlefs, A. M. I., de la Garza, G. A., Sánchez, M. M. P., & Garza, V. A. A. (2015). Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos CSUQ. *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 4(8), 84. <https://doi.org/10.23913/reci.v4i8.35>.
- Huppert, J., Lomask, S. M., & Lazarowitz, R. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 803-821. <https://doi.org/10.1080/09500690110049150>

Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2016). STEM virtual lab: An alternative practical media to enhance student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 239-246.

Kapilan, N., Vidhya, P., & Gao, X. Z. (2021). Virtual laboratory: A boon to the mechanical engineering education during covid-19 pandemic. *Higher Education for the Future*, 8(1), 31-46. <https://doi.org/10.1177/2347631120970757>

Keller, H. E., & Keller, E. E. (2005). Making Real Virtual Labs. *Science Education Review*, 4(1), 2-11.

Kiboss, J., Wekesa, E., & Ndirangu, M. (2006). Improving students' understanding and perception of cell theory in school biology using a computer-based instruction simulation program. *Journal of Educational Multimedia and hypermedia*, 15(4), 397-410.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>

López García, M. (2008). Los laboratorios virtuales aplicados a la biología en la enseñanza secundaria: una evaluación basada en el modelo CIPP. Tesis de la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, leída el 03-12-2008.

Makransky, G., Mayer, R. E., Veitch, N., Hood, M., Christensen, K. B., & Gadegaard, H. (2019). Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class. *Plos one*, 14(4), e0214944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214944>

Makransky, G., Thisgaard, M. W., & Gadegaard, H. (2016). Virtual simulations as preparation for lab exercises: Assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. *PloS one*, 11(6), e0155895. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155895>

Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular

genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(3), 273-292. <https://doi.org/10.1002/tea.20222>

Martin-Hansen, M. L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.

Martínez, P. (2010). Química de Bachillerato y Laboratorios Virtuales. *II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías*.

Marqués, P. (2012). Impacto de las TIC en la educación: funciones y limitaciones. *Revista de investigación*, 3, 1-15.

Márquez Fernández, Á. (2006). La Filosofía de Matthew Lipman y el Pensar Filosófico de los Niños. *Centro de Filosofía para Niñas y Niños. Universidad Católica Cecilio Acosta. Maracaibo-Zulia*.

Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S., & Klopfer, E. (2005). How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis?. *Cell biology education*, 4(3), 235-248. <https://doi.org/10.1187/cbe.04-09-0049>

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

Monge, J., & Méndez, V. (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: La opinión del estudiantado en un proyecto de 6 años de duración. *Educación*, 31, 91-108. <https://doi.org/10.15517/revedu.v31i1.1255>

Muhamad, M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2012). Virtual biology laboratory (VLab-Bio): Scenario-based learning approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 69, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.395>

National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. *National Academies Press*.

National Research Council. (1996). National science education standards. *National Academies Press*.

Oliveira, A. W. (2009). “Kindergarten, can I have your eyes and ears?” politeness and teacher directive choices in inquiry-based science classrooms. *Cultural studies of science education*, 4, 803-846. <https://doi.org/10.1007/s11422-009-9193-6>

Olympiou, G., Zacharias, Z., & Dejong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students’ conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional science*, 41, 575-596. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2>

Oser, R., & Fraser, B. J. (2015). Effectiveness of virtual laboratories in terms of learning environment, attitudes and achievement among high-school genetics students. *Curriculum and Teaching*, 30(2), 65-80.

Piovesan, S. D., Passerino, L. M., & Pereira, A. S. (2012). Virtual Reality as a Tool in the Education. *International Association for Development of the Information Society*.

Pope, D. S., Rounds, C. M., & Clarke-Midura, J. (2017). Testing the effectiveness of two natural selection simulations in the context of a large-enrollment undergraduate laboratory class. *Evolution: Education and Outreach*, 10, 3. <https://doi.org/10.1186/s12052-017-0067-1>

Radhamani, R., Sasidharakurup, H., Sujatha, G., Nair, B., Achuthan, K., & Diwakar, S. (2014). Virtual labs improve student’s performance in a classroom. In *E-Learning, E-Education, and Online Training: First International Conference, eLEOT 2014, Bethesda, MD, USA, September 18-20, 2014, Revised Selected Papers 1* (pp. 138-146). Springer International Publishing.

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato.

Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5)

Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2), 80-84.

Salta, K., & Koulougliotis, D. (2015). Assessing motivation to learn chemistry: adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 237-250.

Shelden, E. A., Offerdahl, E. G., & Johnson, G. T. (2019). A virtual laboratory on cell division using a publicly-available image database. *CourseSource*. <https://doi.org/10.24918/cs.2019.15>

Souto, M. A. (2011). Desde la literatura, ópera, cine y televisión hasta las ciencias jurídicas y el derecho penal mediante la nueva técnica pedagógica del aprendizaje basado en problemas. *Revista Jurídica de Investigación e Innovación Educativa*, 5, 87-104.

Tan, S., & Waugh, R. (2013). Use of virtual-reality in teaching and learning molecular biology. *3D immersive and interactive learning*, 17-43. https://doi.org/10.1007/978-981-4021-90-6_2

Tarbutton, T. (2018). Leveraging 21st Century Learning & Technology to Create Caring Diverse Classroom Cultures. *Multicultural Education*, 25(2), 4-6.

Toth, E., Morrow, B. L., & Ludvico, L. R. (2009). Designing blended inquiry learning in a laboratory context: A study of incorporating hands-on and virtual laboratories. *Innovative Higher Education*, 33, 333-344. <https://doi.org/10.1007/s10755-008-9087-7>

Vázquez, C. (2009). Laboratorios Virtuales, Innovación y Experiencias Educativas. *Revista digital CSIF-enseñanza Andalucía*, 20. ISSN 1988-6047.

Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. A. (2015). Hacia una formación inicial del profesorado de ciencias basada en la investigación. *Revista Española de Pedagogía*, 343-363.

White, B., Bolker, E., Koolar, N., Ma, W., Maw, N. N., & Yu, C. Y. (2007). The virtual genetics lab: A freely-available open-source genetics simulation. *The American Biology Teacher*, 69(1), 29-32.

Whitworth, K., Leupen, S., Rakes, C., & Bustos, M. (2018). Interactive computer simulations as pedagogical tools in biology labs. *CBE—Life Sciences Education*, 17(3), ar46. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-09-0208>

11. ANEXOS

Anexo I: cuestionario de usabilidad

Indica tu grado de desacuerdo o acuerdo con respecto a las siguientes afirmaciones sobre la aplicación educativa Indagapp, donde 1 significa “Totalmente en desacuerdo” y 7 “Totalmente de acuerdo”.

		1	2	3	4	5	6	7
1	En general, estoy satisfecho con lo fácil que es utilizar la aplicación educativa <i>Indagapp</i>							
2	Fue simple usar esta aplicación educativa							
3	Soy capaz de completar mi trabajo (adquisición de la competencia indagatoria) rápidamente utilizando esta aplicación educativa							
4	Me siento cómodo utilizando la aplicación educativa <i>Indagapp</i>							
5	Fue fácil aprender a utilizar esta aplicación educativa							
6	Creo que me volví experto rápidamente utilizando esta aplicación educativa							
7	La aplicación educativa <i>Indagapp</i> muestra mensajes de error que me dicen claramente cómo resolver los problemas.							
8	Cada vez que cometo un error utilizando esta aplicación educativa, lo resuelvo fácil y rápidamente							
9	La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla, etc.) que provee esta aplicación es clara.							
10	Es fácil encontrar en esta aplicación educativa la información que necesito.							
11	La información que proporciona esta aplicación educativa fue efectiva ayudándome a completar las tareas.							
12	La organización de la información de la aplicación educativa en la pantalla fue clara.							
13	La interfaz (ventana gráfica) de la aplicación educativa <i>Indagapp</i> fue placentera.							

14	Me gustó utilizar esta aplicación educativa							
15	La aplicación educativa tuvo todas las herramientas que esperaba que tuviera.							
16	En general, estuve satisfecho con la aplicación educativa							

Hedlefs et al. (2015)

Anexo II: Cuestionario de satisfacción

Indica tu grado de desacuerdo o acuerdo con respecto a las siguientes afirmaciones sobre la aplicación educativa Indagapp, donde 1 significa “Totalmente en desacuerdo” y 7 “Totalmente de acuerdo”.

		1	2	3	4	5	6	7
1	Considero necesario el apoyo de personal experto para poder utilizar la aplicación educativa <i>Indagapp</i>							
2	Me parece que las funciones de la aplicación educativa <i>Indagapp</i> están bien integradas							
3	Tuve que aprender muchas cosas antes de poder usar la aplicación educativa <i>Indagapp</i>							
4	La aplicación educativa <i>Indagapp</i> me resultó atractiva							
5	Al usar la aplicación educativa <i>Indagapp</i> , me sumergí por completo en la actividad							
6	Usar la aplicación educativa <i>Indagapp</i> fue agotador							
7	La aplicación educativa <i>Indagapp</i> agradó a mis sentidos							
8	En general, creo que los gráficos (interfaz, colores, simulación, etc.) mostrados en la aplicación educativa <i>Indagapp</i> están diseñados de forma eficaz							
9	La aplicación educativa <i>Indagapp</i> me permite introducir datos fácilmente							
10	El contenido de la aplicación educativa <i>Indagapp</i> se presenta eficazmente							
11	Creo que la aplicación educativa <i>Indagapp</i> estructura la información de forma eficaz							

12	Me gustaría utilizar la aplicación educativa <i>Indagapp</i> en mis futuras clases								
13	Considero que la aplicación educativa <i>Indagapp</i> puede resultar útil en la futura labor docente								
14	Considero que la aplicación educativa <i>Indagapp</i> es adecuada para el nivel académico (ESO, bachillerato)								
15	Creo que la aplicación educativa <i>Indagapp</i> ayudaría a que los alumnos entendieran mejor el proceso de indagación								

Anexo III: Rúbrica de evaluación de la participación del alumnado.

CRITERIO	Nivel de desempeño				Valoración final
	Excelente 5	Bueno 4	Regular 3-2	Deficiente 1	
Asistencia	Asiste a todas las clases y llega siempre puntual	Asiste a la mayoría de las clases y llega puntual	Asiste a algunas clases y suele llegar tarde a algunas	Falta frecuentemente a clase o llega tarde la mayoría de veces	
Participación	Participa activamente y aporta nuevas ideas al grupo	Participa frecuentemente y aporta nuevas ideas al grupo	Participa poco y no aporta muchas ideas	No participa y no aporta nuevas ideas	
Colaboración	Colabora con sus compañeros/as y trabaja en equipo de forma efectiva	Colabora con sus compañeros/as y trabaja en equipo de forma aceptable	Colabora poco con sus compañeros/as y tiene dificultades para trabajar en equipo	No colabora con sus compañeros/as y tiene dificultades para trabajar en equipo	
Puntualidad	Entrega las actividades dentro del plazo y con la calidad requerida	Entrega las actividades dentro del plazo, pero con algunos errores o deficiencias	Entrega las actividades fuera del plazo o con errores notables	No entrega las actividades o lo hace de manera insuficiente	
TOTAL					
Observaciones:					

Anexo IV: Rúbrica para evaluar la propuesta de evaluación

PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿Las sesiones se han realizado en el tiempo estimado?	Sí / No
¿El tiempo dedicado a cada actividad ha sido adecuado?	Sí / No
¿La secuencia de las actividades ha sido la correcta para la creación de la situación de aprendizaje?	Sí / No
¿Las actividades han trabajado los objetivos que se pretendían alcanzar?	Sí / No
¿Las sesiones/actividades han despertado el interés del alumnado?	Sí / No
¿Las técnicas utilizadas para cada actividad han sido adecuadas?	Sí / No
¿El aula en el que se ha impartido la propuesta ha sido adecuado?	Sí / No
¿Los recursos utilizados han sido los adecuados?	Sí / No
¿El clima que se ha creado en casa una de las sesiones ha sido bueno?	Sí / No

Anexo V: Rúbrica para evaluar el papel del/la docente

PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿La propuesta ha sido comunicada y presentada de forma clara y comprensible?	Sí / No
¿El/la profesor/a ha sabido transmitir al alumnado los objetivos de la propuesta?	Sí / No
¿El/la profesor/a ha tenido en cuenta la diversidad del alumnado en cuanto a sus capacidades y limitaciones?	Sí / No
¿El/la profesor/a ha permitido que los alumnos marquen su ritmo de aprendizaje?	Sí / No
¿El/la profesor/a ha ayudado a resolver las dudas?	Sí / No