



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Evaluación realizada en



Laboratorio de
Aprendizaje Digital

<https://educatic.unam.mx/lad-unam/>

2025

DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DIDÁCTICA EN EL USO DE TIC

Evaluación de la herramienta *Laboratorio* *Inmersivo de Química*

Informe general

Responsable de la elaboración del informe:

Mónica Avila Quintana

Coresponsables:

Adriana Areli Bravo Lozano

Ma. Alma García García

Gabriela Patricia González Alarcón

Cinthia Selene Vite García

Validación:

Jesús Arturo Rivera León

Mayo 2025

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
1. ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO	3
2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN	8
3. PERSPECTIVA PARA LA CREACIÓN DEL LABORATORIO INMERSIVO DE QUÍMICA	9
3.1 ¿POR QUÉ UN LABORATORIO INMERSIVO?	9
3.2 EXPERIMENTACIÓN Y FUNCIÓN DE UN LABORATORIO	10
3.3 PERSPECTIVA SOBRE EL ERROR Y EL APRENDIZAJE	11
3.4 CONTRASTE ENTRE LA EXPECTATIVA E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	13
4. PRINCIPALES HALLAZGOS DE LA EVALUACIÓN	14
4.1 OBSERVACIÓN	14
4.2 ENCUESTA	14
4.2.1 Dificultades para utilizar la herramienta	15
4.2.2 Utilidad de elementos de apoyo	15
4.2.3 Desarrollo de la práctica	17
4.2.4 Aprendizaje al que les permite llegar la práctica	17
4.2.5 Función de laboratorio físico en el aprendizaje de la bioquímica	18
4.2.6 Aprendizaje de la bioquímica en un laboratorio virtual	19
5. RECOMENDACIONES	21
5.1 ASPECTOS TÉCNICOS	21
5.2 ASPECTOS DIDÁCTICOS	22
6. CONCLUSIONES	23
ANEXO 1. ENCUESTA APLICADA AL ESTUDIANTADO	24
ANEXO 2. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA	29

INTRODUCCIÓN

El presente informe expone los resultados obtenidos a partir de la evaluación realizada al Laboratorio Inmersivo de Química (LIQ) por el Departamento de Formación Didáctica en el Uso de TIC de la Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación (DITE) adscrita a la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La evaluación se realizó con apoyo de la docente autora de la propuesta de desarrollo de la herramienta y con un grupo de diez estudiantes de primer año de la Facultad de Odontología. Como parte de la estrategia de evaluación, se realizó una entrevista a la docente, se llevó a cabo observación directa al grupo de estudiantes a quienes también se les aplicó una encuesta.

En el primer apartado de este informe se presenta el estado actual del laboratorio, las características y elementos que lo componen; en el segundo apartado, se presenta la descripción de la estrategia de evaluación desarrollada. Posteriormente, en el tercer apartado, se expone la perspectiva inicial que la docente tuvo para la creación de la herramienta. En el apartado cuatro, se reportan los principales hallazgos encontrados a partir del análisis de información recabada. Finalmente, en la quinta sección del documento, se presentan una serie de recomendaciones con aspectos técnicos y didácticos para mejorar la herramienta. También se incluyen las conclusiones derivadas del trabajo realizado.

Departamento de Formación Didáctica en el Uso de TIC

Jesús Arturo Rivera León
Mónica Avila Quintana
Adriana Areli Bravo Lozano
Ma Alma García García
Gabriela Patricia González Alarcón
Cinthia Selene Vite García

1. ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO

El Departamento de Recursos Digitales para la Educación de la DITE desarrolló el Laboratorio Inmersivo de Química (LIQ). Por el momento, se encuentra en un servidor provisional (<https://132.247.177.186:8083/>). En la misma página de portada, en el centro, se muestran dos prácticas distinguidas por colores, la primera “Cuantificación de proteínas de saliva” en verde, la segunda “Cuantificación de carbohidratos y recambio salival” en rojo, ambas ilustradas con una imagen alusiva a la cuantificación (Figura 1).

Al final de la página están los derechos reservados y los créditos.

Figura 1

Pantalla de inicio de las dos prácticas y los elementos que la componen.



¿Qué es el Laboratorio Inmersivo de Química?

El Laboratorio Inmersivo de Química es una herramienta educativa innovadora diseñada para permitir a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio de química de manera virtual. A través de este entorno interactivo, los estudiantes pueden experimentar el proceso completo de las prácticas en un ambiente seguro y guiado, donde los errores no tienen las mismas consecuencias que en el mundo real.

Además, este laboratorio inmersivo tiene la ventaja de no requerir el uso de materiales físicos, lo que reduce costos y evita riesgos asociados al manejo de sustancias químicas. Es ideal tanto para quienes luego realizarán las prácticas en un laboratorio real, ya que les proporciona un conocimiento previo del proceso, como para aquellos que no tienen acceso a un laboratorio físico.



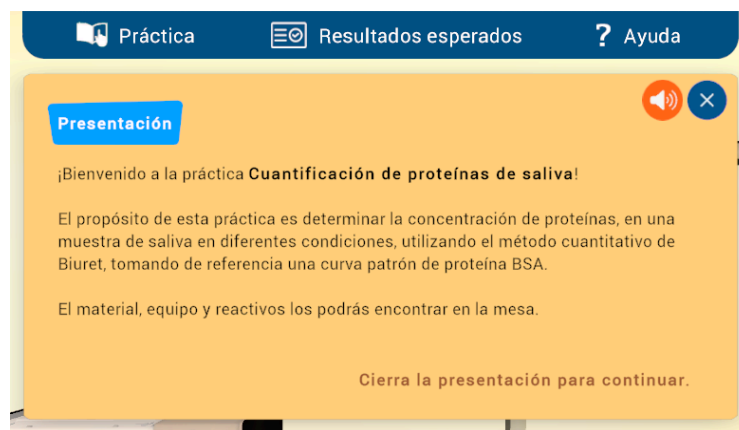
Fuente: Elaboración propia.

Al entrar a cada una de las prácticas, elementos principales del laboratorio, un audio da la bienvenida al mismo tiempo que aparece un recuadro con la presentación de la actividad (Figura 2). En la parte superior de la pantalla se encuentra un banner azul con tres opciones: *Práctica*, la cual muestra un PDF con las indicaciones completas de lo que se realizará; *Resultados esperados*, muestra otro PDF con lo que se espera que logren los usuarios al concluir la práctica y *Ayuda*, muestra las instrucciones para identificar los cuatro estados de interactividad de los elementos del laboratorio.

Cuando se cierra la presentación, un audio guía la activación del protocolo de seguridad. Al mismo tiempo, aparece un maniquí virtual que representa al usuario del laboratorio para que le coloquen el equipo de seguridad: bata, mascarilla, lentes de protección, cofia y guantes. El audio se detiene hasta que la instrucción es completada.

Figura 2

Presentación de la práctica



Fuente: elaboración propia.

Cuando se terminan de colocar todos los elementos de protección, se pasa inmediatamente a la práctica (Figura 3). Esta inicia con el audio que va guiando cada paso; al mismo tiempo, del lado izquierdo de la pantalla, aparecen las tareas a manera de una lista de cotejo con las instrucciones a seguir (Figura 4). Se marca cada una en el momento que se completa; con cada instrucción se iluminan los elementos que deben manipularse para realizarla. No se avanza a la siguiente tarea si no se realiza la anterior.

Figura 3

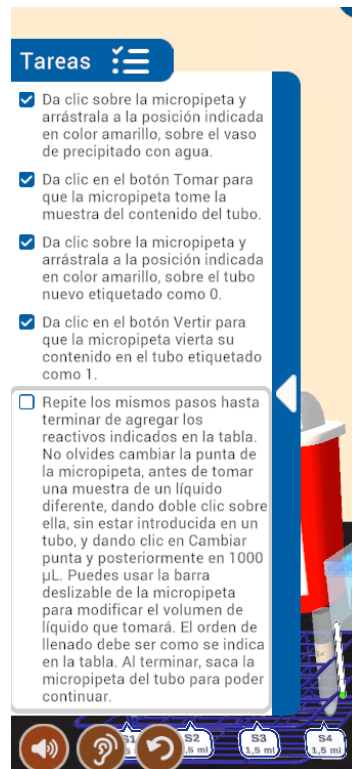
Inicio de la primera práctica: “Cuantificación de proteínas de saliva”.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4

Ejemplo de la lista de cotejo con las tareas a realizar en la práctica.



Fuente: elaboración propia.

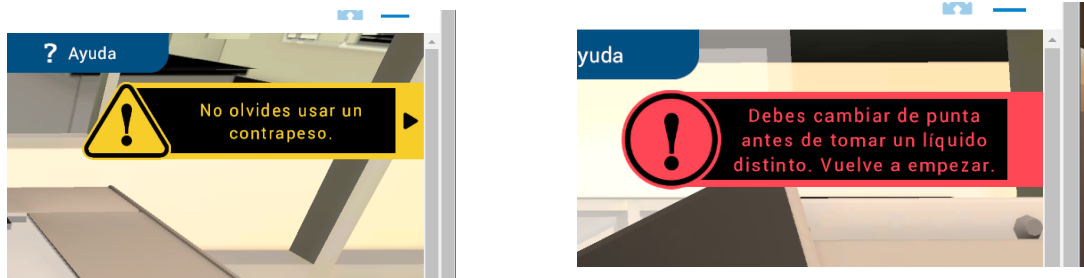
Debajo de las tareas se ubican tres íconos: el primero, de izquierda a derecha, permite apagar o encender el audio; el siguiente sirve para repetir la instrucción y el último reinicia la práctica.

Las tareas pueden ocultarse para tener la visión de la pantalla completa y que no interfieran con las acciones que se realizan.

En cada escena o bloque de tareas, del lado superior derecho, en ocasiones se llega a mostrar una cinta de color con un mensaje; la cinta amarilla presenta un recordatorio sobre alguna acción que se esté omitiendo realizar y la roja señala errores que no sean posible corregir, lo que implica reiniciar la práctica (Figura 5). La cinta amarilla puede ocultarse y continuar con las tareas; la cinta roja no se puede ocultar y tampoco permite continuar.

Figura 5

Cintas amarilla y roja para indicar una acción importante o un error.



Fuente: elaboración propia.

A medida que avanza la práctica, aparecen nuevos elementos. Por ejemplo, una tabla con información sobre las cantidades que se deben usar aparece del lado derecho (Figura 6). Estos nuevos elementos también pueden ocultarse para visualizar el escenario y seguir adelante.

Figura 6

Tabla de información que aparece para la realización de una tarea.

Tubo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Stock de Suero albumina bovina 2 mg/ml		0.1 ml	0.2 ml	0.3 ml	0.4 ml	0.5 ml			
Saliva (Tubo ST)							0.1 ml		
Sobrenadante (Tubo SN)								0.1 ml	
Pastilla (Tubo SP)									0.1 ml
Agua	1 ml	0.9 ml	0.8 ml	0.7 ml	0.6 ml	0.5 ml	0.9 ml	0.9 ml	0.9 ml
Reactivo de Biuret	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las prácticas dura aproximadamente una hora si no se cometen errores; cada error implica regresar al inicio de la práctica.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN

Para la estrategia de evaluación didáctica, se diseñó una encuesta y una estrategia de observación para un grupo de 10 estudiantes del primer año de Odontología de la UNAM. También se realizó una entrevista semiestructurada con la docente autora de la propuesta de desarrollo de la herramienta LIQ.

La evaluación se llevó a cabo el día 5 de mayo del presente año en un aula de cómputo de la Facultad de Odontología. Tres académicas del Departamento de Formación Didáctica en el uso de TIC y un académico del Departamento de Recursos Digitales para la Educación de la DITE participaron en la aplicación de la evaluación. Ellos observaron directamente cómo el grupo de estudiantes usaba la herramienta durante una sesión de una hora.

Las indicaciones para el estudiantado fueron:

1. Ingresar al LIQ a través del enlace proporcionado.
2. Realizar la práctica “Cuantificación de proteínas de saliva”.
3. Responder una encuesta disponible en un formulario de *Google* desde sus teléfonos celulares. [Ver anexo 1.]

De forma paralela a la evaluación con estudiantes, se realizó la entrevista semiestructurada a la docente con la finalidad de conocer sus motivaciones para crear la herramienta educativa digital, así como el enfoque pedagógico con el que ejerce su docencia y que orientó el diseño del laboratorio. [Ver anexo 2]

Estas estrategias permitieron obtener tres registros de observación, diez respuestas a la encuesta y la grabación y transcripción de la entrevista a la docente, que duró 43 minutos. La información recolectada se presenta y analiza en los siguientes apartados.

3. PERSPECTIVA PARA LA CREACIÓN DEL LABORATORIO INMERSIVO DE QUÍMICA

La docente entrevistada narró su experiencia de más de 20 años enseñando bioquímica y fisiología a estudiantes de odontología. Destacó la importancia de áreas básicas como la bioquímica en la formación de odontólogos, porque estos conocimientos les permiten comprender globalmente los procesos bioquímicos del cuerpo humano. Resaltó que estos conocimientos son útiles en la práctica clínica de la odontología, ya que permiten considerar integralmente la salud del paciente y no solo enfocarse en la boca. En palabras de la docente entrevistada: *“Yo busco siempre que estas áreas que son básicas, que son complejas, que no les gustan, porque son un tabú en medicina, en odonto, (...) [busco] que tengan una aplicación clínica, que ellos vean que tiene algo muy importante, que retengan esa idea para que cuando vean a un paciente que está pasando ese proceso, identifiquen cuál es el factor que está causando un desequilibrio”*.

Señala que el rigor científico es de gran importancia para un médico y un servidor de la salud, ya que son responsables de no mirar al paciente de manera integral. *“Eso me da la bioquímica, porque al ser un área básica médica, yo no veo una cavidad oral aislada”*, sino la salud del paciente de manera integral.

3.1 ¿POR QUÉ UN LABORATORIO INMERSIVO?

La docente comentó que se motivó a desarrollar una herramienta digital para simular las acciones del laboratorio durante el confinamiento por la pandemia de Covid-19. Su objetivo era dar continuidad a la formación de sus estudiantes a distancia.

Al comenzar a desarrollar la idea del laboratorio, buscó opciones ya existentes para que sus alumnos pudieran experimentar en un entorno virtual. Mencionó la plataforma *Labster*, que ofrece simulaciones y experimentos virtuales en diversas áreas. Sin embargo, esta plataforma tiene la desventaja de ofrecer un acceso limitado. Para obtener acceso permanente, es necesario pagar una suscripción. Además, destacó que su principal motivación para crear el Laboratorio Inmersivo de Química fue desarrollar una herramienta de acceso abierto, libre y sostenible para la UNAM. Esta herramienta permitiría simular distintas prácticas de laboratorio.

El nombre incluye el término “inmersivo” porque originalmente la autora quería integrar realidad aumentada en las prácticas. Sin embargo, no fue posible debido a los costos del equipo tecnológico requerido.

3.2 EXPERIMENTACIÓN Y FUNCIÓN DE UN LABORATORIO

La entrevistada señaló que la experimentación en el laboratorio físico es fundamental para que los estudiantes comprendan conceptos complejos de bioquímica y otras áreas básicas. Señaló que se trata de una materia árida, compleja, que maneja un lenguaje desconocido para el estudiantado y muchos términos que deben memorizar. Aunque los conceptos se pueden abordar en el aula con el pizarrón e incluso con videos, la docente afirma que no tienen sentido para los estudiantes hasta que llegan al laboratorio. Allí pueden ver, manipular, sentir y observar directamente las reacciones de las sustancias. La experimentación en el laboratorio ayuda a que los estudiantes interpreten y razonen sobre los procesos biológicos y bioquímicos. Dos ejemplos útiles de prácticas de laboratorio para estudiantes de odontología son comprender fenómenos como la acción de amortiguadores, como la saliva en el cuerpo, y los efectos que tienen diferentes sustancias en el pH corporal.

Ante las preguntas sobre las diferencias entre el laboratorio virtual y el físico, y por qué es necesario un laboratorio virtual si los estudiantes ya tienen acceso al físico, la docente señaló que, aunque este último no se puede sustituir y sigue siendo fundamental en su formación, la herramienta digital puede ser un complemento valioso por las siguientes razones:

- En casos de emergencias, para estudiantes con enfermedades o situaciones que les impiden asistir al aula.
- Para que los estudiantes puedan practicar y entender procedimientos antes de asistir al laboratorio real. Ella considera que les ayuda a prepararse, reducir errores y promover una mayor comprensión de los conceptos y procedimientos.

La docente destacó que el laboratorio virtual tiene la ventaja de permitir realizar las prácticas a distancia, en comparación con el laboratorio físico. Originalmente se pensó como una solución para el confinamiento durante la pandemia. Ahora se destaca su ventaja para los estudiantes que no pueden asistir físicamente a la universidad, ya sea porque están enfermos o por cualquier otra situación. Además, señaló: "Yo lo veo como un apoyo complementario para que ellos tengan una idea antes de llegar al laboratorio físico. Ahora les cuesta más trabajo prestar atención y retener información". Ella considera que el LIQ es una herramienta de apoyo para el aprendizaje. Por ejemplo, se puede pedir al estudiantado que realice las prácticas antes de llegar al laboratorio físico. Esto les será útil para reconocer los procedimientos y protocolos, especialmente el de seguridad. Así, al llegar al salón, ella podrá enfatizar en aspectos importantes a partir de preguntas como: "*¿Qué vieron? A ver, ¿qué percibieron? ¿Qué es lo que me tengo que poner siempre? Medidas de bioseguridad. ¿Por qué la bioseguridad es importante?*"

Es importante mencionar que la docente se propuso trasladar fielmente lo que se hace en el laboratorio físico al virtual, ya que considera que así la herramienta puede ayudar a los estudiantes a reconocer y memorizar procedimientos y protocolos.

3.3 PERSPECTIVA SOBRE EL ERROR Y EL APRENDIZAJE

En la entrevista consideramos importante indagar la perspectiva de la docente sobre el error y el aprendizaje. Identificamos que en el LIQ se limita la posibilidad de equivocarse al brindar indicaciones exactas sobre cada paso a seguir. En este sentido, nos explicó que el laboratorio busca replicar lo que ocurre en el laboratorio físico. Por un lado, no permiten la entrada al estudiantado si no lleva pantalón largo, guantes, cubrebocas, bata, cofia y lentes de seguridad. Por otro lado, si cometen un error durante la práctica en el laboratorio físico, deben repetir todo el procedimiento desde el inicio porque contaminan el material y las sustancias.

El LIQ sigue esta lógica al reproducir estas acciones y no permite que la práctica inicie si no se colocan los elementos de protección. La autora expresa que no deben equivocarse para aprender los protocolos que se deben seguir en el laboratorio físico. Cuando los estudiantes se equivocan en una práctica real, es necesario proporcionarles todo el instrumental y sustancias y empezar de cero; por ello, en el laboratorio virtual, si sucede una equivocación, deben regresar al inicio de la práctica. En palabras de la docente entrevistada: *“Si hay algún compuesto que sea tóxico, lo tenemos que mandar a biológicos [...] cuidamos que el impacto económico y ecológico no sea grande. Pero si se equivocan, se les tiene que dar material, porque no se puede parar la práctica; esto es conocimiento, son laboratorios de enseñanza, entonces, no te sirve decir: no, ya te equivocaste, ahora ya no lo vas a hacer, eso no tendría sentido”*.

La entrevistada reconoció el valor del laboratorio para la experimentación. Sin embargo, también señaló que la idea del LIQ es secuenciar los pasos para que el estudiantado aprenda los protocolos. *“Si se equivocan, como es secuencial, no pueden retomar del inicio, ya no pueden retomar a partir de cierta parte”. Si están haciendo una titulación y se le pusieron a otro reactivo, eso ya no sirve. Hay que tirarlo y hay que volver a dosificar, hay que volver a poner el indicador, hay que volver a medir. Entonces, hay partes donde sí pueden avanzar si se equivocan, pero si son datos críticos o pasos críticos, deben regresar al inicio”*.

Con esta perspectiva se evidencia el valor que da la docente al aprendizaje de los procesos y protocolos. La tecnología se utiliza claramente para reproducir lo que sucede físicamente. Esto desaprovecha una de sus bondades: hacer cosas que sin ella serían imposibles o más difíciles de realizar.

La entrevistada destacó la importancia de que los estudiantes aprendan asignaturas básicas como la bioquímica. Esto es necesario para que, como futuros odontólogos, vean al paciente en su conjunto y no sólo se centren en la cavidad bucal. Al respecto, también señaló que *“una enseñanza adecuada,*

con rigor, genera un criterio y hace sentido". Reiteró este punto varias veces para reforzar la idea de que el laboratorio inmersivo puede ayudar a los estudiantes a reconocer la importancia de la bioquímica en su formación.

Un aspecto interesante de la perspectiva de la docente que creó el LIQ es que trabajar en equipos en el laboratorio físico a veces no es lo ideal, porque "sólo trabajan dos o tres personas". Por ello, ve en el laboratorio inmersivo una oportunidad para trabajar de forma individual y realizar el procedimiento completo.

La postura de la docente sobre la construcción del LIQ es evidente. Valora el aprendizaje de protocolos y considera necesario replicar digitalmente, lo más posible, lo que sucede en el laboratorio físico. Para contrastar las ideas compartidas sobre la enseñanza y utilidad del LIQ, se incluyó en la entrevista una pregunta sobre el aprendizaje que no estaba originalmente en el diseño. Esta pregunta tenía la intención de identificar, por un lado, la vinculación entre la enseñanza que se quiere lograr a través del LIQ y el aprendizaje que deben construir los estudiantes. Por otro lado, se hizo para conocer qué indicadores considera como evidencia de aprendizaje. Ante esta pregunta, respondió que intenta retomar una experiencia en clase para vincularla con lo abordado en el laboratorio. Por ejemplo:

"Si se están comiendo un pulparindo en clase, yo les pregunto: ¿qué tiene el pulparindo que se están comiendo? Vean la etiqueta, ¿qué ácido es? ¿Qué le está pasando a la saliva? ¿Por qué no se les caen los dientes. A ver recuerden qué hicieron en la práctica. Aunque no es un caso formal les pongo situaciones de la vida real [...] y entonces yo me voy dando cuenta del conocimiento que tienen, qué tanto y quién lo está formulando [...] Yo necesito este material [el laboratorio inmersivo] porque entonces le puedo decir: échele una revisada, métase a la práctica".

Esta idea ejemplifica que la docente considera importante que los estudiantes apliquen sus conocimientos para resolver situaciones problemáticas vinculadas con su contexto inmediato. Sin embargo, esta idea no se refleja en el LIQ. A diferencia del laboratorio físico, la capacidad para explorar y equivocarse es casi nula. Esto genera una inconsistencia entre cómo se enseña y lo que se espera que los estudiantes aprendan. En el apartado posterior se analiza con mayor detalle el contraste entre la expectativa con la que se creó el LIQ y el estado actual de la herramienta.

3.4 CONTRASTE ENTRE LA EXPECTATIVA E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Durante la entrevista, la docente destacó repetidamente la importancia de experimentar y que los estudiantes construyan conocimientos sólidos como futuros profesionistas. Estos conocimientos les permitirán, entre otras cosas, atender mejor a los pacientes al considerar su salud de manera integral y no solo enfocarse en el aspecto bucal. Según la perspectiva de la docente, estos conocimientos se construyen a partir del aprendizaje de la bioquímica. Coincidimos con ella en que la experimentación es fundamental para construir aprendizajes. También coincidimos en que es esencial que los estudiantes apliquen los conocimientos para resolver problemas o situaciones. Sin embargo, identificamos que esto no logra reflejarse en la estructura del laboratorio inmersivo. En una de sus intervenciones, nos compartió que en laboratorio físico, cuando sus estudiantes están poniendo una base al ácido y no cambia de color, ella los anima a seguir intentando: “*Les digo: ‘Usted póngale más’, y así, hasta que ellos me dicen: ‘Ya, Dra., ya cambió de color’*”. Este tipo de experimentación y análisis sobre por qué cambia de color, por qué no, y qué variables están implicadas en el proceso, permite que el estudiantado construya hipótesis, las ponga a prueba, haga conjeturas y analice los resultados. Esto le sirve para construir conocimientos. Sin embargo, para hacer este tipo de experimentación, se requiere de un desarrollo más abierto y flexible, donde, en lugar de usar la tecnología para replicar lo que se puede hacer en el laboratorio, se permita que los estudiantes hagan precisamente lo que no se puede hacer en el laboratorio debido al gasto económico y ecológico: experimentar con las sustancias tantas veces como lo deseen y analizar con ayuda del docente los resultados de cada experimentación. Esto se basa en la postura constructivista, que ha sido ampliamente estudiada y sostiene que el aprendizaje es un proceso de construir conocimientos y buscar constantemente sentido a lo que se hace.

El LIQ tal como está diseñado constituye una herramienta que puede contribuir a que el estudiantado identifique y memorice los procedimientos y los protocolos de seguridad, punto que la docente destaca como relevante en la formación de los jóvenes. Sin embargo, como herramienta para aprender, se queda corta, ya que no permite que el estudiante cometa errores y que pueda observar las consecuencias de sus errores en un espacio seguro. No se aprovecha el potencial de la tecnología digital para simular en un ambiente seguro lo que ocurre en un laboratorio físico. Esto permitiría al estudiantado observar en pantalla los efectos de sus errores, reflexionar sobre ellos, intentar nuevamente y ver los resultados otra vez. Así, podrían darle sentido a sus decisiones y construir conocimientos de manera significativa.

4. PRINCIPALES HALLAZGOS DE LA EVALUACIÓN

4.1 OBSERVACIÓN

Al explorar y resolver las tareas de la práctica “Cuantificación de proteínas de saliva”, se identificaron diversas situaciones que permiten valorar tanto el potencial pedagógico de la herramienta como sus áreas de mejora.

Uno de los aspectos más recurrentes en la observación fue la dificultad en la resolución de la práctica. El estudiantado expresó que no tenía sentido reiniciar el procedimiento desde el inicio si cometían un error, lo cual les resultaba frustrante. Algunas de sus expresiones fueron:

“Ya no quiero volver a repetir todo”.

“¿En serio ya no puedo avanzar y tengo que reiniciar la práctica?”

Los estudiantes enfrentaron obstáculos al manejar la herramienta. A veces, por desconocer su funcionamiento y otras veces, por distraerse y no atender las indicaciones. Admitieron que intentaban no equivocarse para evitar repetir toda la secuencia desde el principio. Esto pone de manifiesto que la herramienta prioriza la memorización de procesos.

“Por lo menos ya sé qué no debo de hacer para no iniciar de nuevo”.

También se observó que el estudiantado intentaba construir una lógica para no equivocarse y así evitar repetir la práctica. Mencionaron, por ejemplo, que algunas instrucciones no resultaban claras. Por eso, entre ellos trataban de deducir el orden y la función de cada paso. En el caso del llenado de reactivos, compartieron estrategias para resolver la tarea. Los diez estudiantes se quedaron en esta sección y no lograron seguir porque tardaron en resolver la tarea. Esto hizo que se terminara el tiempo asignado para la actividad.

4.2 ENCUESTA

A través de la encuesta se buscó conocer la percepción del estudiantado sobre la herramienta. Las ocho preguntas (Anexo 1) que la conforman se centran en conocer su experiencia y opinión sobre las dificultades para utilizar el laboratorio, la utilidad de algunos elementos que contiene, el papel que, consideran, juega un laboratorio físico y uno virtual en el aprendizaje de la bioquímica y los aprendizajes que consideran les permitiría construir la herramienta.

A continuación se muestra un concentrado de las respuestas aportadas por el estudiantado referente a los rubros mencionados.

4.2.1 Dificultades para utilizar la herramienta

La primera pregunta de la encuesta preguntó si habían tenido alguna dificultad para usar los materiales e instrumentos que solicita la práctica. De los 10 estudiantes que la respondieron, siete contestaron que sí. Entre las principales dificultades que se presentaron, estaba el hecho de que en la segunda parte de la práctica se solicitaba cambiar la punta de la pipeta para continuar. Sin embargo, esta tarea les resultó complicada o la herramienta no les permitió hacerlo en el primer intento. Algunos de sus comentarios fueron:

“En la pipeta a veces no aparecía el icono para cambiar la punta”.

“Para cambiar la punta era algo complicado”.

“En la segunda parte no me dejó cambiar la puntilla”.

Otra dificultad fue que la herramienta no funcionaba adecuadamente, ya que no respondía a las acciones de arrastrar los elementos o a los clics con el mouse de la computadora. Dos estudiantes expresaron estas dificultades:

“La micropipeta a veces no respondía a los clics”.

“Algunas veces para arrastrar los objetos fallaba tanto con el cursor como con el táctil”.

Uno de los estudiantes estaba por concluir las combinaciones solicitadas en la segunda parte de la práctica. Sin embargo, al intentar hacer la última, el “Reactivo de Biuret” desapareció de la pantalla. No le fue posible concluir la tarea ni avanzar a la siguiente, por lo que tuvo que repetir la práctica desde el inicio. Se identificó que un bug (error) de la herramienta causó esta situación. Este error no se había detectado y tampoco aparecía en todos los intentos realizados.

4.2.2 Utilidad de elementos de apoyo

Las prácticas que integran la herramienta cuentan con algunos elementos de apoyo: audio, “Práctica”, “Resultados esperados” y “Ayuda”.

Al ingresar, el audio se reproduce de manera automática; este puede ser silenciado por el usuario en cualquier momento. Los otros elementos de apoyo se encuentran en la parte superior de la pantalla. Debido a los intereses de la evaluación, en la encuesta nos centramos en saber si los dos primeros elementos y el audio habían sido útiles para el estudiantado. Se identificó lo siguiente:

Audio

Los 10 estudiantes consideran que el audio es un elemento de utilidad dentro de la herramienta, ya que contribuye a la comprensión de las tareas que deben realizar en cada parte de la práctica.

Consideran que el audio complementa las indicaciones y los orienta en las actividades a realizar, sobre ello comentaron:

“Porque ayuda como guía a los pasos que se tienen que hacer para la práctica”.

“Complementa el texto y haz que quede más claro lo que se pide”.

“El tener tanto instrucciones escritas como audio facilita el entendimiento de las instrucciones y el seguimiento de la práctica”.

A pesar de los comentarios aportados en la encuesta, se observó durante el ejercicio que el estudiantado silenciaba el audio después de realizar algunas tareas. Esta acción se repitió con mayor frecuencia cuando reiniciaban la práctica después de haberla repetido por presentar algún error o dificultad.

Práctica

En este caso, siete estudiantes indicaron que no consultaron el recurso. Solo tres dijeron que les fue útil porque les permitía conocer desde el inicio lo que harían durante toda la práctica.

El principal motivo que señalaron los siete estudiantes que no la consultaron para indicar que no les resultó de utilidad fue porque no la visualizaron, es decir, no la consultaron debido a que no la identificaron o consideraron que se trataba de una opción del menú de navegación. Incluso un estudiante comentó que era necesario hacerla más visible o colocar una indicación para su consulta.

“No había visto el apartado hasta el llenado de este cuestionario; tal vez hacerlo un poco más visible o dar una instrucción de consultarlo ayudaría un poco más”.

“Porque pensé que era como un menú”.

Resultados esperados

Sobre si el documento "resultados esperados" les había sido útil, las opiniones estuvieron divididas: cinco estudiantes dijeron que sí y los otros cinco no lo consultaron. Entre las opiniones de los que sí encontraron útil el documento, coincidieron en que les daba una idea clara desde el inicio sobre lo que se esperaba que hicieran en la práctica. Esto les proporcionaba un mejor entendimiento. Además, consideraron que las explicaciones son claras:

“Porque sabía que debía observar al hacer la práctica”.

“Porque ayuda a tener una idea de lo que se espera de la práctica”.

“Está muy bien explicado”.

Por otro lado, quienes no la consultaron señalaron que el motivo de no hacerlo fue porque no la habían identificado, al igual que la práctica, fue un elemento que pasó desapercibido en su navegación por el laboratorio.

4.2.3 Desarrollo de la práctica

Ninguno de los diez estudiantes logró concluir la práctica. Todos se quedaron en la segunda parte, donde debían combinar sustancias y reactivos en diferentes tubos de ensayo. Aunque la encuesta no menciona el motivo, observamos que no pudieron completar esta tarea debido a problemas con la herramienta. Estos problemas incluyen dificultades para cambiar la punta de las pipetas y la "desaparición" de sustancias necesarias para las mezclas.

Todo el estudiantado repitió la práctica desde el inicio al menos en tres ocasiones. Ocho de los diez participantes tuvieron que reiniciar desde la primera tarea. Solo dos llegaron al centrifugado sin equivocaciones que les obligaran a regresar al inicio.

4.2.4 Aprendizaje al que les permite llegar la práctica

Los diez estudiantes encuestados respondieron positivamente a la pregunta "¿Crees que puedes aprender a cuantificar proteínas de saliva con esta herramienta?". Sus opiniones se basan principalmente en dos motivos: la claridad de las indicaciones y la similitud que identificaron entre los procedimientos realizados en un laboratorio real y el LIQ.

De las diez respuestas, ocho coinciden en que pueden aprender sobre la temática porque el laboratorio inmersivo es un espacio similar al que tienen acceso en la "realidad".

Es como un juego educativo, te enseña los pasos e incluso los resultados, así que es buena práctica virtual para que si algún día lo haces en la vida real ya sepas qué hacer, y si no lo haces, pues ya tengas el conocimiento de cómo se hace.

Las instrucciones son claras y el hecho de tener que repetir la práctica si cometes un error, a pesar de ser tedioso, es indispensable para evitar cualquier accidente en el laboratorio y al repetirlo varias veces, refuerzas el conocimiento de la práctica.

Ya que es una herramienta virtual que es similar a la realidad y nos permite poder ver un resultado que se asemeja a lo que podríamos obtener si la realizáramos presencialmente.

Es una buena ayuda para antes de entrar al laboratorio para tener una noción de qué hacer.

Porque es lo más parecido a la práctica real, solo que sin hacerlo físicamente.

De lo anterior se puede interpretar que el estudiantado considera que el LIQ es percibido como una adecuada simulación de la práctica real, ya que las respuestas destacan que las actividades realizadas se asemejan a la realidad y simulan de manera pertinente los pasos esperados en un laboratorio real.

Además, la consideran una herramienta útil para prepararse antes de trabajar en un laboratorio físico, ya que les dio la impresión de que puede mejorar la eficacia y seguridad con las que realizarán prácticas en un laboratorio físico.

4.2.5 Función de laboratorio físico en el aprendizaje de la bioquímica

La encuesta incluyó una pregunta para conocer la opinión del estudiantado sobre la función de un laboratorio físico en el aprendizaje de la bioquímica durante su formación como odontólogos.

Seis estudiantes encuestados consideran que el laboratorio físico es esencial para el aprendizaje práctico. Destacan que las prácticas en estos espacios son imprescindibles para aprender haciendo, ya que permiten aplicar sus conocimientos en un entorno real.

“La práctica y la experiencia en vivo de hacer una práctica con reactivos, así como retroalimentar la teoría”.

“Permite hacer el procedimiento tal y como es”.

“Porque así aprendes prácticas necesarias”.

El estudiantado también considera que este tipo de laboratorios es importante en su formación porque les ayuda a reforzar y complementar la teoría. Los conciben como espacios donde pueden comprobar, aplicar y consolidar los conocimientos teóricos adquiridos previamente.

“Es demasiado importante, te ayuda a desarrollar habilidades y es una excelente forma de entender mejor”.

“Reforzar los conocimientos que tenemos teóricamente, haciendo que nuestro aprendizaje sea más didáctico”.

Un estudiante señaló que el laboratorio permite interactuar directamente con materiales y reactivos, y usar los sentidos para observar fenómenos reales, lo que potencia la comprensión más duradera de los conceptos bioquímicos.

“Creo que el hecho de que sea físico y puedas hacer la práctica usando tus sentidos y viendo personalmente todos los procesos que ocurren ayuda más a adquirir el conocimiento esperado, pues se vuelve una experiencia que facilita memorizar los procesos ocurridos”.

Se considera importante señalar que, además de las cuestiones teóricas y prácticas, el estudiantado considera que el laboratorio ayuda a desarrollar actitudes y habilidades importantes para el ejercicio clínico, como la responsabilidad, el orden y el seguimiento de protocolos. Identifican que en el laboratorio no sólo se enseñan procedimientos, sino que también contribuye a formar de manera integral a los profesionales, incluyendo aspectos actitudinales y éticos:

“Te da un cierto grado de responsabilidad y orden para la clínica”.

Es destacable que, para el estudiantado, el laboratorio físico actúa como un puente entre la teoría y la práctica. Les ayuda a reforzar sus aprendizajes y a convertirlos en conocimiento aplicado. Lo consideran un elemento esencial para aprender bioquímica odontológica porque permite desarrollar habilidades técnicas, fomentar actitudes profesionales y reforzar el conocimiento de manera más significativa.

4.2.6 Aprendizaje de la bioquímica en un laboratorio virtual

Consideramos importante conocer si un laboratorio virtual, como el LIQ, ayuda a aprender bioquímica. Todas las respuestas fueron positivas.

El estudiantado menciona que sí ayudan a aprender bioquímica. Los valoran como espacios positivos en su formación, aunque tienen claro que no sustituyen completamente al laboratorio físico. Las ven como herramientas útiles y complementarias:

“Claro que ayuda a aprender, sin embargo, considero que es indispensable que sea sólo un material de apoyo para el entendimiento de la práctica física antes de realizarla”.

“Sí, porque ayuda a retroalimentar la teoría, pero siempre será mejor hacerlo en vivo”.

Las respuestas mencionan que los laboratorios virtuales amplían el acceso y permiten aprender sin necesidad de un espacio físico. Además, permiten continuar con las prácticas en situaciones desfavorables, como cuando falta tiempo, recursos o hay imprevistos en el plantel.

“Facilita el acceso a todos, sin necesidad de un laboratorio físico”.

“Es de mucha ayuda, ya que en ocasiones hay situaciones fuera de nuestro control. Si algo llegara a pasar, el laboratorio virtual nos ayudaría a tener las clases prácticas sin necesidad de estar físicamente en la escuela”.

“Los alumnos pueden realizarlo en cualquier tiempo libre que tengan”.

Algunas de las respuestas indican que este tipo de herramientas mejora la comprensión teórica y es útil antes de entrar al laboratorio físico, ya que les permiten practicar y reforzar sus conocimientos antes de entrar a la práctica real.

“Puede ayudar mucho a la comprensión antes de entrar al laboratorio”.

“Este material, en conjunto con una práctica física, ayudaría a dar un mejor entendimiento”.

Las participaciones del estudiantado permitieron identificar que consideran los laboratorios virtuales como herramientas valiosas para aprender bioquímica en odontología. Destacan que son útiles para reforzar la teoría, facilitar el acceso y preparar para la práctica física. Además, se adaptan a contextos con limitaciones. Aunque los consideran más complementarios que sustitutivos, reconocen su potencial para mejorar la comprensión y fomentar el aprendizaje autónomo e interactivo.

5. RECOMENDACIONES

Identificamos que es necesario revisar profundamente cómo se está utilizando la tecnología de manera didáctica y cómo puede contribuir o no a construir conocimientos disciplinares, más allá de la memorización. A continuación se muestran algunas sugerencias imprescindibles en el ámbito didáctico y tecnológico.

5.1 ASPECTOS TÉCNICOS

Si se asume que la herramienta puede ser útil únicamente para memorizar procedimientos y protocolos, es necesario modificar el aspecto técnico para que funcione correctamente. Estos cambios se identificaron al observar cómo el estudiantado de odontología usaba la herramienta.

- El estudiantado no consultó los archivos colocados al inicio de la herramienta, nombrados como “Práctica” y “Resultados esperados”. Pensaron que era parte del menú y no lo consideraron como un elemento relevante para hacer la práctica. En caso de que estos documentos se consideren indispensables, es necesario hacerlos más visibles y permitir su descarga.
- Se identificó que los estudiantes utilizan el audio únicamente al principio de la práctica. Después, silencian el audio y ya no les es útil. No está claro por qué algunas indicaciones aparecen en audio y otras no; por ejemplo, la ayuda no se presenta en audio. Si se añadió por cuestiones de accesibilidad, estos deberían reproducir las instrucciones textuales y activarse solo cuando las personas con discapacidad visual lo necesiten. En cualquier caso, es necesario considerar que la práctica pueda desarrollarse con y sin audio.
- Se observó que los estudiantes se frustraron al realizar el vaciado y separación de la mezcla cuando tenían que hacerlo de 1 ml en 1 ml. Se sugiere que desde el principio se pueda seleccionar la cantidad deseada, de acuerdo con las tareas que se estén realizando.
- Ninguno de los estudiantes pudo terminar la práctica en una hora porque el vaciado y separación toma mucho tiempo y hubo problemas con la herramienta. Es necesario considerar el tiempo que se dedica a la práctica y revisar los *bugs* (errores). Al realizar el vaciado, “desapareció” el reactivo de biuret y una de las pipetas.

5.2 ASPECTOS DIDÁCTICOS

Como se mencionó en el apartado *Contraste entre la expectativa e implementación de la propuesta*. Aunque el LIQ puede ser útil para identificar un protocolo, desde la perspectiva didáctica faltó analizar a qué tipo de aprendizajes apuntan los desarrollos tecnológicos. Se reconoce que la memoria juega un papel importante en la construcción de conocimientos, pero es aún más importante permitir que el estudiante se equivoque, que ponga a prueba sus conocimientos, que experimente y que haga conjeturas con apoyo del docente.

- Si consideramos el LIQ como una herramienta para el aprendizaje, es necesario que permita al estudiante explorar y equivocarse.
- La herramienta debería mostrar en pantalla las consecuencias de cada acción que realicen los estudiantes. Esto permitiría al alumno reflexionar sobre la posible causa y tomar decisiones para un nuevo intento. Podría funcionar la aparición de mensajes tipo *pop-up* con información sobre lo que genera cada acción y sus efectos.
- Se considera pertinente incluir casos específicos o preguntas detonadoras que el estudiante pueda resolver a partir de las prácticas. Esto tiene el fin de darle sentido a lo que realiza, ya que al terminar la práctica no queda claro para qué se hizo todo el procedimiento.
- Al terminar la práctica por cuenta propia, identificamos que la retroalimentación no es suficiente para analizar lo que se trabajó en ella. Es necesario proporcionar información al estudiantado que dé sentido a lo que realizó y le permita valorar sus propios resultados, más allá de si son los esperados o no.

6. CONCLUSIONES

A partir de observar, encuestar a estudiantes y entrevistar a la docente responsable del desarrollo, se considera que a la herramienta le faltó integrar una perspectiva didáctica sobre el aprendizaje para ampliar las posibilidades de explorar y equivocarse con los instrumentos y sustancias. En la versión actual, se identificó que el recorrido y las interacciones son completamente guiadas. Esto limita el desarrollo de habilidades relacionadas con la autonomía, la indagación y la construcción del propio aprendizaje.

El laboratorio es útil para memorizar procesos e implementar protocolos de seguridad, pero no aprovecha las bondades de la tecnología. Uno de los aportes de la tecnología es permitir hacer cosas que no podrían hacerse sin ella o que serían más difíciles, como experimentar con sustancias sin dañar la salud o el medioambiente.

En la observación con los estudiantes se evidenció un interés respecto a la herramienta al inicio, debido a la curiosidad por usar un laboratorio virtual; sin embargo, al avanzar con la práctica, se notó frustración al no poder continuar con las tareas asignadas, debido a alguna equivocación en el protocolo, lo cual los llevó a tener que repetir desde el comienzo una y otra vez los procedimientos, sin tener claro por qué tenían que iniciar de nuevo.

Por otro lado, de acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta, se puede interpretar que la percepción del estudiantado ante la herramienta fue positiva, al indicar que les parecía pertinente la posibilidad de poder “practicar y equivocarse” en el LIQ antes de pasar al trabajo en el laboratorio físico; consideran que los procedimientos y actividades a realizar son muy similares a los que realizan en el laboratorio físico. Sin embargo, estos comentarios contrastan con lo observado durante la sesión de trabajo. Se observó que se aburrían por la lentitud al realizar algunas tareas y por tener que repetir la práctica desde el principio si cometían algún error.

La entrevista con la docente concluye que es importante impulsar los desarrollos propios de la UNAM. La profesora menciona que son desarrollos de y para la universidad. Sin embargo, es necesario que estos desarrollos integren la perspectiva disciplinar de los docentes, la perspectiva tecnológica de los desarrolladores y, fundamentalmente, una perspectiva didáctica orientada a enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de los contenidos disciplinares, aprovechando el potencial de las tecnologías digitales.

Si se atienden los aspectos técnicos propuestos en este informe, la herramienta podría incrementar su utilidad respecto a ciertos procedimientos que se trabajan (seguridad, uso de materiales, manejo de sustancias y reactivos); sin embargo, atender los aspectos didácticos referiría un nuevo desarrollo desde una perspectiva sobre el aprendizaje fundamentada.

ANEXO 1. ENCUESTA APLICADA AL ESTUDIANTADO



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Evaluación: Laboratorio inmersivo de Química

Instrucciones:

1. Ingresa al laboratorio: <https://132.247.177.186:8083/>
2. Realiza la práctica 1 correspondiente a "Cuantificación de proteínas de saliva".
3. Sigue los pasos que indica la práctica usando la herramienta.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. ¿Enfrentaste alguna dificultad para usar los materiales e instrumentos que solicita la práctica? *

Sí

No

¿Por qué? *

Tu respuesta

2. ¿Consideras que el audio contribuye para la realización de la práctica? *

Sí

No

¿Por qué? *

Tu respuesta _____

3. ¿Te fue útil el documento "práctica"? *

Sí

No

No la consulté

No lo encontré

¿Por qué? *

Tu respuesta _____

4. ¿Te fue útil el documento "resultados esperados"? *

- Sí
- No
- No lo consulté
- No lo encontré

¿Por qué? *

Tu respuesta

5. Si no lograste concluir la práctica describe en qué parte te quedaste: *

Tu respuesta

6. ¿Crees que puedes aprender a cuantificar proteínas de saliva con esta herramienta? *

- Sí
- No

¿Por qué? *

Tu respuesta

6. ¿Crees que puedes aprender a cuantificar proteínas de saliva con esta herramienta? *

Sí

No

¿Por qué? *

Tu respuesta

7. En tu opinión ¿cuál es la función de un laboratorio físico en el aprendizaje de la bioquímica de la odontología?

Tu respuesta

8. ¿Crees que un laboratorio virtual como éste ayuda a aprender bioquímica? ¿Por qué?

Tu respuesta

Enviar

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este formulario se creó en UNAM - Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación.
¿Parece sospechoso este formulario? [Informe](#)

Google Formularios

ANEXO 2. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

GUÍA DE PREGUNTAS PARA LA ENTREVISTA

1. ¿Por qué sus estudiantes requieren de un laboratorio para aprender bioquímica?
2. Para usted, ¿qué implica el aprendizaje de la bioquímica?
3. ¿Qué pasa si sus estudiantes se equivocan durante una práctica en el laboratorio real?
4. Ahora que el laboratorio inmersivo está terminado, ¿cómo cree usted que éste contribuirá al aprendizaje de la bioquímica en sus estudiantes? ¿Cómo piensa integrar este laboratorio inmersivo en sus clases?
5. ¿Qué criterios consideró para diseñar el laboratorio inmersivo? / *¿Cómo visualizó su construcción?* / ¿Por qué llamó laboratorio inmersivo a la herramienta?
6. Nosotras probamos la herramienta antes de esta sesión y notamos que no podíamos volver al paso anterior si cometíamos un error, por lo que teníamos que regresar al principio. ¿Así se pensó el diseño del laboratorio?