

Diseño de una secuencia didáctica para el abordaje del tema Valoración Ácido Base bajo el modelo del Laboratorio Extendido con estudiantes de undécimo año del Colegio Científico Costarricense de Alajuela

Design of a didactic sequence to address the topic Acid Base Assessment under the Extended Laboratory model with eleventh year students of the Costa Rican Scientific College of Alajuela

Marcela Salazar-Murillo¹, Eduardo Arias-Navarro³, Carlos Arguedas-Matarrita^{2,3} y Eric Montero-Miranda²

Resumen

Este trabajo muestra algunos de los resultados de una tesis de grado de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales en la UNED de Costa Rica, sobre el diseño de una secuencia didáctica (SD) para el abordaje de la temática Valoración Ácido-Base bajo el modelo del Laboratorio Extendido con estudiantes de undécimo año del Colegio Científico Costarricense de Alajuela. El producto educativo se aplicó a 22 estudiantes de undécimo año, donde se extrajo a través del pretest y posttest, un cuestionario adaptado de Heck y el diferencial semántico luego de desarrollar la secuencia propuesta. Los resultados arrojaron datos alentadores donde los estudiantes reconocieron una ganancia en el aprendizaje al realizar el estudio del tema de Valoración Ácido-Base. En conclusión, se analiza que el estudio el diseño de una SD experimentada enfocada en el modelo de LE para promover un aprendizaje en la temática de VAB para los estudiantes de undécimo año del CCCA, representó un elemento transformador de las prácticas pedagógicas, ya que se mejora la capacidad de comprensión del tema.

Palabras clave: modelo de laboratorio extendido; secuencia didáctica; titulación ácido-base; enseñanza de química; laboratorio de titulación ácido-base.

Abstract

This abstract shows the most relevant results of Natural Sciences Education bachelor's degree research thesis at the Distance State University of Costa Rica, about a didactic sequence design (SD) to address the Acid-Base Titration under the model of the Extended Laboratory (acronym in Spanish LE) with seniors' students from the Scientific High School of Costa Rica, Alajuela headquarters, (acronym in Spanish CCCA). The research was applied to twenty-two students, where a questionnaire adapted from Heck and the semantic differential were extracted through the pretest and posttest after developing the proposed sequence. The results showed encouraging data where students recognized a gain in learning Acid-Base Titration.

Keywords: extended laboratory model; didactic sequence, acid-base titration, chemistry learning, remote acid-base titration laboratory.

CÓMO CITAR:

Salazar-Murillo, M., Arias-Navarro, E., Arguedas-Matarrita, C., y Montero-Miranda, E. (2024, octubre-diciembre). Diseño de una secuencia didáctica para el abordaje del tema Valoración Ácido Base bajo el modelo del Laboratorio Extendido con estudiantes de undécimo año del Colegio Científico Costarricense de Alajuela. *Educación Química*, 35(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88177>

¹ Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Laboratorio, San José, Costa Rica; Universidad Técnica Nacional, Ciencias Básicas, Sede Central, Alajuela, Costa Rica.

² Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Sistema de Investigación, San José, Costa Rica.

³ Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Cátedra de Física para Ingenierías, San José, Costa Rica.

Introducción

El octavo Informe del Estado de la Educación, revela que más de la mitad del cuerpo docente no cuenta con formación especializada ni capacitación en temas de educación remota o a distancia con uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Brenes-Mata, 2021). Es decir, la mayoría de los profesionales de la educación cuenta con conectividad estable de Internet y dispositivos electrónicos, sin embargo, eso no se traduce en mejores usos de la tecnología con fines pedagógicos.

El desarrollo y la implementación de modelo de Laboratorio Extendido (LE), permite la hibridación experimental (involucrando diferentes componentes, tales como actividades experimentales simples, laboratorios remotos, laboratorios virtuales, simuladores y laboratorios móviles), donde distintos recursos actúan de manera sinérgica con el objetivo de aumentar la probabilidad de que se generen aprendizajes de procedimientos, actitudes y conceptos (I. Idoyaga, Moya, et al., 2020) con el fin de ser utilizado para cumplir los objetivos específicos pedagógicos y la creación de contenidos adecuados, según las necesidades del estudiantado.

En la investigación propuesta, los recursos (laboratorios) a complementar corresponde a un Laboratorio Remoto Ultraconcurrente (LRU) junto a un Laboratorio Presencial (LP) relacionado con el tema de ácido-base de la asignatura de química en el Colegio Científico Costarricense de Alajuela (CCCA) (Arguedas-Matarrita et al., 2022).

El LD permite que las personas estudiantes logren obtener experiencias pregrabadas, que fueron desarrolladas con un equipo de laboratorio real. El Laboratorio Remoto Diferido de Valoración Ácido Base (LR-VAB), fue desarrollado en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) por los profesionales del Laboratorio de Experimentación Remota en el año 2020 (I. Idoyaga, Moya, et al., 2020).

Por otra parte, el LP permite el desarrollo de las actividades experimentales a través de la manipulación directa de los equipos, materiales y sustancias químicas (Arguedas-Matarrita, 2017). El aprendiz observa los fenómenos, analiza los resultados y obtiene conclusiones a través de la experimentación presencial. El combinar ambas modalidades, se busca mejorar el aprendizaje y ser complemento para enseñar de manera didáctica los contenidos teóricos tratados en la asignatura de química, involucrando la tecnología de manera útil para ser usada en procesos de enseñanza aprendizaje (Hernández et al., 2021).

Fundamento

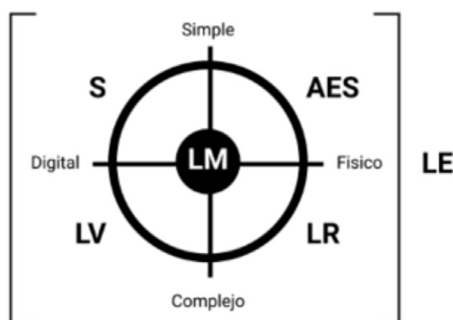
Modelo de Laboratorio Extendido

El Modelo de Laboratorio Extendido o simplemente Laboratorio Extendido (LE), pueden entenderse como un conjunto de principios de diseño de la enseñanza, que tienen como objetivo recuperar la actividad experimental mediados por la tecnología (I. Idoyaga, 2022). El modelo consiste en proceso híbrido donde distintos recursos de los laboratorios se fusionan con el propósito de generar un aprendizaje significativo en la educación científica.

Según Idoyaga, (2022), a nivel didáctico incluye el uso de Actividades Experimentales (AES) o caseros, simuladores, Laboratorio Móviles (LM), Laboratorios Virtuales (LV), Laboratorios Remotos (RM) y otras tecnologías. Además de potenciar las actividades experimentales en los Laboratorios Tradicionales Presenciales o Laboratorios *Hand On* y el

Trabajo de Campo. En conclusión, los distintos elementos que integran LE, pueden clasificar dependiendo de la complejidad de las prácticas, y además si se utiliza actividades presenciales o digitales, tal y como se puede ver en la Figura 1, el cual muestra las dos secciones, simple-complejo y físico-digital.

FIGURA 1. Modelo del Laboratorio Extendido (LE).
Nota. La figura muestra la conformación del Laboratorio Extendido (LE) de Idoyaga. Figura tomada de (Idoyaga, 2023).



Existen distintos enfoques y tipos de actividades experimentales que promueven el aprendizaje del LE. Según (I. Idoyaga, 2022), el LE lo conforma tres enfoques, los cuales corresponde al enfoque disciplinar, el enfoque basado a las necesidades profesionales y el tercero vinculado al programa de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y al movimiento STEM.

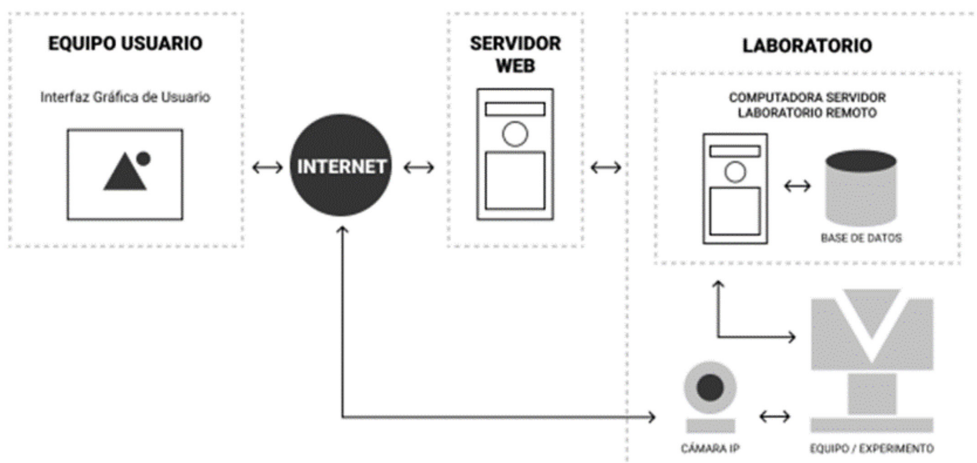
Es importante mencionar que LE, independiente del enfoque se elija, pueden incluirse distintas actividades simultáneamente, con el objetivo de maximizar las oportunidades de aprendizaje.

Laboratorio Remoto

Los *Laboratorios Remotos* (LR) son herramientas tecnológicas que integran *software* y *hardware* para configurar una experiencia real a la que se accede de manera remota a través de Internet o de redes académicas. El estudiante puede utilizar el LR para realizar actividades de laboratorio similares a las de un LP utilizando Tablet, teléfonos inteligentes o computadoras (Arguedas-Matarrita, 2017).

La arquitectura de un laboratorio se compone del equipo del usuario, el servidor WEB y el laboratorio. En la figura 2, se puede entender el diseño con mayor facilidad.

FIGURA 2. Arquitectura general de un Laboratorio Remoto. Nota. La figura muestra la conformación de un Laboratorio Remoto. Figura tomada de Montero-Miranda, 2022.



Los LR, se componen de los *Laboratorios en Tiempo Real (LTR)* y *Laboratorios Diferidos (LD)*. En el caso de los LTR, el alumnado accede, acceden y manipulan el equipamiento en forma sincrónica y los LD, son experiencias grabadas en un laboratorio real, en ambas clasificaciones los datos son reales y pueden de manera asincrónica (Idoyaga, Vargas-Badilla, et al., 2020).

Laboratorio Remoto de Valoración Ácido-Base

El Laboratorio Remoto, de Valoración Ácido-Base (LR-VAB), desarrollado por el grupo de Laboratorio de Experimentación Remota de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED). (Idoyaga, Vargas-Badilla, et al., 2020). Liderado por el Dr. Carlos Arguedas y quienes participaron en el desarrollo: Eric Montero Miranda y Fiorella Lizano Sánchez.

El LR-VAB, se basa en uno de los métodos volumétricos de análisis, donde se realiza una reacción de neutralización (Montero-Miranda, 2022). En el LR, los estudiantes deben de ingresar a través de un enlace de LabsLand (plataforma de gestión de acceso), donde se registran y pueden acceder al LR-VAB. Una vez que ingresan al espacio al trabajo del LR, se presentan tres secciones (introducción, configuración y observación). En la introducción, el estudiante tiene a disposición un diagrama del experimento, además de un video que explica la experiencia, armado del equipo y algunos conceptos clave. En la sección de configuración el estudiante puede elegir entre dos modalidades del experimento (colorimétrica y potenciométrica), según se plantee en la actividad diseñada por el profesor. En esta misma sección puede escoger entre dos concentraciones de valorante de Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración conocida, además de tres posibles muestras de concentración desconocida de vinagre.

Finalmente, en la sección de observación se muestran dos pantallas, una donde se visualiza el frasco de precipitados con el analito (en su defecto la interfaz que registra los cambios de pH) y otra donde se observa la adición de valorante desde una bureta. Además, se tiene la opción de agregar el NaOH gota a gota o simplemente “abrir” la llave y detener la adición cuando el usuario así lo desee.

Al agregar gotas de titulante usando el botón designado y observar los cambios en la solución, registrados por los sensores y mostrados en la interfaz.

El tiempo limitado de uso es de 60 minutos. El usuario tiene la oportunidad de observar dos pantallas, en una se mira los cambios en los valores de pH y volumen de titulante agregado de acuerdo con la cantidad de gotas previamente programadas.

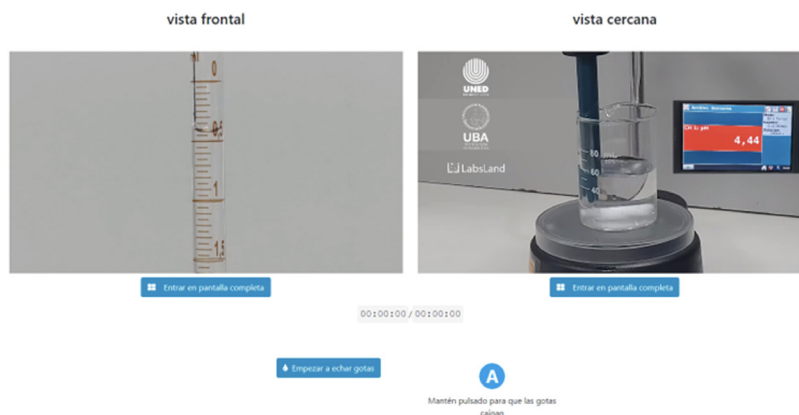


FIGURA 3. Pantallas sobre el cambio en los valores de pH y volumen de titulante agregado. Nota. La figura representa las pantallas para la interfaz del LR-VAB. Figura tomada de Labsland, 2023.

A medida que se acercan al punto final de la reacción, comienza a aparecer el viraje de color característico para el indicador de fenolftaleína (rosa tenue) y al final de experimento, se puede determinar la cantidad de la solución de hidróxido de sodio estándar (mol/L) y la concentración del analito en la muestra (Idoyaga, Vargas-Badilla, et al., 2020).

Metodología

El estudio se llevó a cabo mediante un diseño cuasiexperimental y se optó por un diseño e implementación de una SD experimental basada en la modelo del LE, en el tema de Valoración Ácido Base, con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y solventa las falencias existentes en la complejidad del tema.

Se utilizó dos pruebas conceptuales, una antes y después de la SD conocidos como pretest y posttest, un cuestionario adaptado de Heck (2017) y el diferencial semántico para recopilar la percepción de los estudiantes sobre su experiencia. Los datos se analizaron mediante diversas técnicas estadísticas. A continuación, se detalla la sistematización de la metodología empleada.

Contexto

La investigación está enfocada en la asignatura de Química en el Colegio Científico Costarricense de Alajuela, ubicado a la par de la UNED en Alajuela, Costa Rica, en los meses de julio y agosto del año 2023. La participación fue de 22 estudiantes conformado por 8 mujeres y 14 hombres, con edades entre los 16,17 y 18 años. La investigación se conformó en cuatro fases.



FIGURA 4. Descripción de las fases de la investigación experimental. Nota. La figura evidencia las fases de la investigación y su descripción. Elaboración propia, 2023.

Pretest/Postest

El pretest, es una evaluación, que valora el conocimiento previo de los estudiantes. Según Hernández-Sampieri et al., (2014), este tipo de prueba previa ofrece la oportunidad de analizar el puntaje y ganancia de la población, además de que permite recabar información de una forma práctica y factible. Esta prueba se diseñó con un formato de respuesta de selección única conformada por ocho ítems y cuatro opciones de respuesta.

La evaluación final o postest, constituye una prueba que se realiza después de la aplicación de la SD. El cual permite al investigador comprobar si las diferencias existentes al final del estudio son fruto de las diferencias iniciales o son fruto del tratamiento en sí. El objetivo del postest, corresponde a valorar el conocimiento adquirido después de aplicar la propuesta, por lo tanto, este es la misma prueba corta que se aplicó en el pretest, con la diferencia de que las preguntas se modificaron de orden y algunas respuestas se cambiaron intencionalmente. Buscando conocer reconocer si existió algún avance, ningún cambio o retroceso en el aprendizaje.

Secuencia Didáctica

La secuencia didáctica implementada para abordar el tema Valoración Ácido Base (VAB) bajo el modelo del Laboratorio Extendido (LE) con estudiantes de undécimo año del Colegio Científico Costarricense de Alajuela (CCCA), sigue una estructura clara y organizada con un enfoque en el aprendizaje activo y la aplicación de conceptos teóricos a través de experiencias prácticas. La secuencia se divide en tres fases: inicio, desarrollo, cierre.

En la fase del inicio, se realizaron dos actividades, la primera corresponde a “Construyendo conceptos químicos de ácido y base”, y la segunda es un “Ejercicio diagnóstico de ácido-base”, en ambas actividades, se buscó conocer las ideas previas que poseen las personas estudiantes relacionadas con la temática. Esta experiencia educativa se apoyó en una guía de trabajo impresa y se utilizó suministros como cuadernos, lápices y borradores para facilitar la comprensión de los estudiantes.

Actividad 2. Ejercicio diagnóstico de Ácido -Base.

Indicaciones

1. Una con una línea la palabra ácido con las propiedades que consideren que tienen estas sustancias.
2. Pinte la palabra básica de un color de preferencia y pinte del mismo color las propiedades que considere que presentan estas sustancias.



Ácidos

Bases

Tiene un sabor ácido
 Tiene un sabor amargo
 Valor de pH de 0 a 6.9
 Un ejemplo común es el jabón azul en barra.
 Valor de pH de 7.1 a 14.
 Ceden iones hidroxilo OH⁻
 Ceden protones H⁺
 Un ejemplo es el vinagre

FIGURA 5. Ejemplo de ejercicios propuestos para el desarrollo de las actividades de la secuencia didáctica. Nota. La figura representa un ejemplo del ejercicio realizado en la actividad 2. Elaboración propia, 2023.

En la fase de desarrollo, se realizaron cuatro actividades. La primera se denomina “Comprendiendo conceptos químicos de ácidos, bases e indicadores”, en el cual se introdujo a los estudiantes en los conceptos fundamentales relacionados con ácidos-bases e indicadores a través de una clase magistral. Una vez que los estudiantes adquirieron los conceptos básicos, se procedió a una resolución de una actividad, la cual se llama “Resolución de un ejercicio de ácidos, bases e indicadores”, la cual corresponde a experimento cualitativo de reconocimiento de ácidos, bases e indicadores.

La siguiente actividad designada como “Desarrollo del laboratorio remoto de Valoración Ácido-Base (LR-VAB)” implica la utilización del laboratorio disponible en la plataforma de *Labsland*, la cual pudieron acceder por medio de un dispositivo electrónico (teléfono inteligente, tableta, computadora portátil, entre otros). Se proporcionó capacitación sobre el acceso y uso del LR-VAB dentro de una clase previa dentro del aula, además de un video explicativo para que los estudiantes puedan consultar los procedimientos cuando realicen la experiencia fuera del aula y una guía de trabajo digital con instrucciones detalladas y ejercicios específicos basados en la valoración ácido-base que les ayude en esta experiencia.

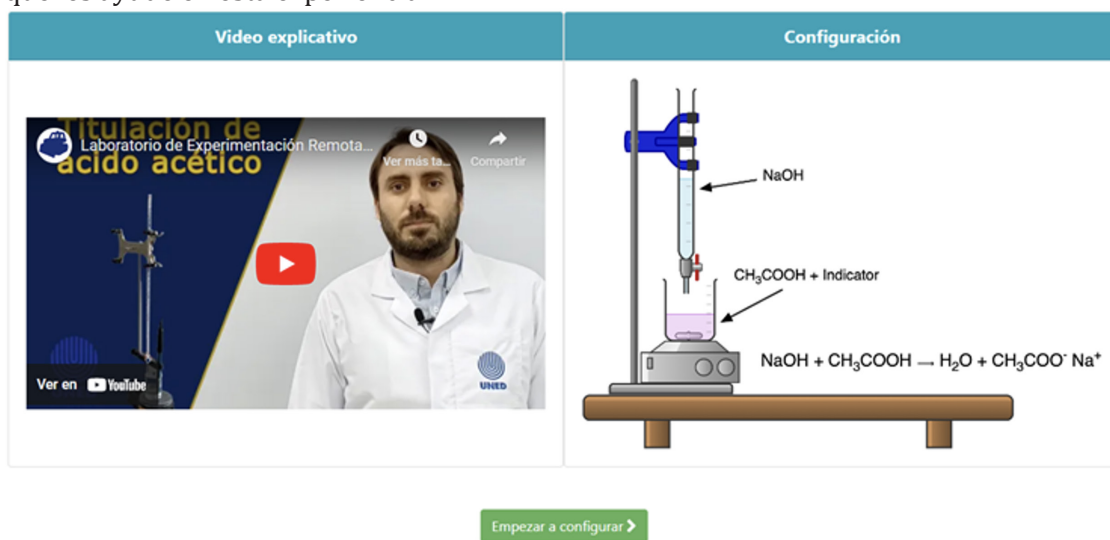


FIGURA 6. Ejemplo de visualización del LR-VAB en la plataforma de Labsland. Nota. La figura representa las pantallas para dar inicio del LR-VAB. Figura tomada de Labsland, 2023.

En la siguiente actividad llamada “Desarrollo de un laboratorio físico de valoración ácido-base”, donde las personas estudiantes realizaron un experimento cuantitativo sobre la valoración ácido acético comercial y la base de Hidróxido de Sodio 0.1 mol/L. En esta activada cada estudiante logró montar el sistema de valoración ácido-base y realizar la valoración por triplicado, para que, a partir de los datos recolectados, realizan los cálculos correspondientes.

Finalmente, en la fase de cierre, se realizó una práctica que permite un “Reforzamiento con ejercicios de valoración ácido-base”, el cual consistió en que los estudiantes respondieron una serie de ejercicios prácticos de refuerzo sobre la valoración ácido-base, cuando los estudiantes terminaron los ejercicios la docente revisa y da su retroalimentación.

El valor fundamental de esta secuencia didáctica radica en su capacidad para fusionar tres fases distintas en una única unidad de aprendizaje, y la diversidad de actividades presentes donde se combinan distintos formatos de enseñanza, permitiendo que los estudiantes exploren un mismo tema desde múltiples perspectivas y contextos.

Cuestionario de Heck

El cuestionario de Heck, es un cuestionario que presenta el objetivo de verificar la percepción de los estudiantes respecto al uso de características que ofrece la experimentación (Heck, 2017). La encuesta de satisfacción se desarrolló con 12 enunciados para recabar la usabilidad de los recursos propuestos, obtener la percepción sobre el aprendizaje adquirido luego de aplicar la secuencia didáctica y el grado de satisfacción con los recursos inmersos en la secuencia didáctica. Los enunciados estaban vinculados a un grado de acuerdo entre 1 y 5. Siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni en desacuerdo ni de acuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo. La tabla 1 muestra los enunciados sugeridos.

<i>Usabilidad</i>	
EU1	La secuencia didáctica me resultó fácil de usar.
EU2	Durante mi trabajo con la secuencia didáctica logré realizar las acciones deseadas sin problemas.
EU3	La información disponible en la secuencia didáctica me ayudó a desarrollar adecuadamente la actividad experimental propuesta.
EU4	El tiempo sugerido para la ejecución de la secuencia didáctica fue suficiente para completar la actividad experimental propuesta.
<i>Percepción de aprendizaje</i>	
EPA1	El trabajo con la secuencia didáctica me ayudó a comprender mejor el tema de valoración ácido-base
EPA2	La secuencia didáctica me permitió entender de una mejor manera como se utiliza el laboratorio remoto diferido propuesto.
EPA3	La secuencia didáctica me contribuyó a presentar, manipular y organizar como se trabaja con datos experimentales, es decir, tablas y gráficos.
EPA4	La secuencia didáctica me permitió resolver las actividades planteadas en la guía de preguntas y ejercicios.
<i>Satisfacción</i>	
ES1	En general, estoy satisfecha/o con la secuencia didáctica aplicada.
ES2	La secuencia didáctica fue relevante para mi aprendizaje en este módulo.
ES3	Me gustaría que se dispusiera otra secuencia didáctica en este módulo.
ES4	Me sentí motivada/o por la secuencia didáctica en este módulo.

TABLA 1. Enunciados utilizados en el cuestionario.

Diferencial Semántico

El diferencial semántico se centra en el concepto o la percepción que tiene un individuo, cuando se le pide que valore un concepto en términos de un conjunto de dimensiones. Según, Pérez-Ortega et al., (2008) para acceder a determinadas informaciones, que por otros medios serían difícil de alcanzar; sus datos pueden ser analizados comparativamente para establecer procesos de seguimiento o evolución.

Se aplicaron adjetivos a elementos en una escala de intervalos para luego ser analizados por análisis factorial. En este caso la escala se manejó en siete (7) puntos cuyos extremos están asociados con etiquetas bipolares con carácter semántico. Estas etiquetas son: desagradable/agradable; aburrido/divertido; indiferente/interesante; fácil/difícil; tiempo adecuado/tiempo insuficiente; instrucciones entendibles/instrucciones confusas; comprensión de conceptos/confusión de conceptos. Según la escala se manejó de la siguiente forma: 1 a 3 para atributos negativos; 4 valor neutral y de 5 a 7 para atributos positivos.

¿Cuál es su opinión sobre la implementación de la secuencia didáctica enfocada en la teoría del Laboratorio Extendido mediante el tema Valoración Ácido Base?

Agradable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desagradable
Divertido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aburrido
Interesante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indiferente
Fácil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Difícil
El tiempo dedicado es adecuado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El tiempo dedicado no es adecuado
Las instrucciones son entendibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se entiende las instrucciones
Mejora comprensión de las valoraciones ácido base	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No mejora comprensión de las valoraciones ácido base

FIGURA 7. Ejemplo de diferencial semántico propuesto. Nota. La figura representa un ejemplo del diferencial semántico. Elaboración propia, 2023.

Realización de análisis de laboratorio e interpretación de resultados

Los resultados que se analizaron, en primer lugar, fue la prueba de hipótesis mediante la prueba T con el que se pretendió analizar una diferencia significativa al implementar el producto educativo.

TABLA 2. Prueba T aplicada para el pretest y posttest aplicado a los estudiantes de undécimo año del CCCA.

Diferencia de muestras emparejadas	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Significación P de un factor
	Inferior	Superior			
Pretest-Posttest	0,30147	0,73130	4,997	21	0,00003

La Tabla 2 muestra el valor de t de 4,997, grados de libertad de 21 y p de 0,00003. El característico p fue menor que el valor de significancia de 0,05 establece un rechazo a la hipótesis nula. Significando que la SD, para el abordaje de la temática de VAB bajo el modelo del LE con estudiantes de undécimo año del CCCA tuvo un incremento en los resultados en el posttest.

Por otra parte, se consideró el análisis del modelo estadístico de Hake. Este es un modelo estadístico, que permite obtener el nivel de ganancia de aprendizaje (Hake, 1998). Es decir, la ganancia g, se determina de los aciertos obtenidos en el instrumento de evaluación utilizado y se define como la razón del aumento que hay al aplicar el pretest al inicio del tratamiento educativo respecto a una posttest al final de este, para ello, la ganancia se cuantifica con un criterio establecido por el intervalo de valores 0,1 y se obtiene mediante ecuación (1):

$$g \geq \frac{\text{ganancia actual}}{\text{ganancia posible}} = \frac{\% \text{ posttest} - \% \text{ pretest}}{\text{nota máxima} - \% \text{ pretest}} \quad (1)$$

Así mismo, se estableció que la ganancia relativa de aprendizaje es posible clasificarla en tres niveles de logro; para una ganancia de aprendizaje baja, se encuentra comprendida entre los valores 0, 0.0 y 0.4, una ganancia media se encuentra entre 0.4 y 0.7, y una ganancia de aprendizaje alta está comprendida entre los valores 0.7 y 1.0.

Promedio Pretest (\bar{X})	Promedio Posttest (\bar{X})	Factor de Hake	Pretest Normalizado θ_{pre}	Posttest Normalizado θ_{pos}	Factor de Hake normalizado (g)
88,6	93,18	0,400	0,886	0,932	0,400
Zona de ganancia media, g=0,400.					

TABLA 3. Factor de Ganancia de Hake aplicada para el pretest y el posttest aplicado a los estudiantes de undécimo año del CCCA.

En la tabla 3 se exponen los resultados del factor de ganancia de Hake, demostrando que el aprendizaje significativo de los estudiantes se encuentra bajo el rango de ganancia media (Hake, 1998), representado que la metodología de enseñanza planteada ha dado un buen rendimiento, en otras palabras, el producto educativo de la SD si logró contribuir de manera significativa en la enseñanza de la temática de valoraciones ácido-base.

De igual manera, para determinar la eficiencia de la metodología planteada con respecto a la ganancia tomando como referencia al conocimiento inicial y no a una calificación específica de los estudiantes, se realizó el análisis del factor de Dellwo, el cual es una alternativa de cálculo de ganancia de aprendizaje por medio de los componentes de cambio normalizado, que mide la probabilidad que un error cometido en la prueba de entrada (pretest) se corrigiera en la prueba de salida (posttest) por la instrucción utilizada (Dellwo, 2010a).

Por lo tanto, el factor de Dellwo, determina la ganancia normalizada que mide la probabilidad de que un error en la prueba previa a la instrucción de un grupo se corrija en la prueba posterior a la instrucción, esta ganancia se denomina “G” y se obtiene a través de la ecuación (2):

$$G = \quad (2)$$

$$\frac{(\text{Número de preguntas correctas en el postest y número de preguntas incorrectas en el pretest})}{(\text{Número de preguntas incorrectas en el pretest})}$$

De igual manera, permite reconocer una pérdida normalizada “L” que mide la probabilidad de que una respuesta correcta en la prueba previa a la instrucción del grupo se vuelva incorrecta en la prueba posterior a la instrucción, mediante la ecuación (3):

$$L = \quad (3)$$

$$\frac{(\text{Número de preguntas incorrectas en el postest y número de preguntas correctas en el pretest})}{(\text{Número de preguntas incorrectas en el pretest})}$$

Además, también toma en cuenta un factor de renormalización “y”, que depende del desempeño previo a la instrucción de la población, representado en la ecuación (4). Por ende, el factor de Dellwo, proporciona una evaluación alternativa, donde se puede analizar la producción educativa con el valor de ganancia normalizada “G” y menor valor de la pérdida renormalizada “yL” (Dellwo, 2010), expresado mediante la ecuación (5):

$$y = \frac{\theta_{pre}}{1 - \theta_{pre}} \quad (4)$$

$$g = G - yL \quad (5)$$

Ganancia de Dellwo “Dgain” (G)	Pérdida normalizada “Dloss” (L)	Razón de aspectos de grupo (y)	Factor de Dellwo (g)
9,20	1,08	7,80	0,80

TABLA 4. Factor de Dellwo aplicada para el pretest y el postest aplicado a los estudiantes de undécimo año del CCCA.

Zona de ganancia alta, g= 0,80.

Los resultados, en la Tabla 4 demuestran la ganancia de Dellwo “G”, con un valor de 9,20, el cual evidencia la probabilidad de que error cometido en el pretest sea corregido en el postest. También se presenta la pérdida normalizada “L”, el cual mide la probabilidad de que una pregunta se conteste correcta en pretest, sea contestada después de manera incorrecta en el postest y presenta un valor de 1,08. Por otra parte, se presenta la razón de aspectos de grupo “Y”, este se entiende como un factor de renormalización que depende del desempeño del grupo en el pretest, el cual se obtuvo un valor de 7,80; finalmente el factor de Dellwo, el cual es la relación de los parámetros de ganancia normalizada “G” y menor valor de la pérdida renormalizada “yL” (Dellwo, 2010), presenta el valor de 0,80, indicando una zona de ganancia alta.

Sobre el cuestionario o con el que se pretendió valorar la percepción del estudiante con respecto a la usabilidad del recurso, el grado de satisfacción con este y la ganancia de aprendizaje para el tema de valoración ácido base.

En la figura 8 muestra las frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo de los 13 enunciados estudiados. De acuerdo con los datos recopilados, se pudo observar que el 90,91% de las personas estudiantes concordaron de que la SD ayudó a desarrollar adecuadamente la actividad experimental propuesta, tomando en cuenta los recursos presenciales y remotos de los laboratorios.

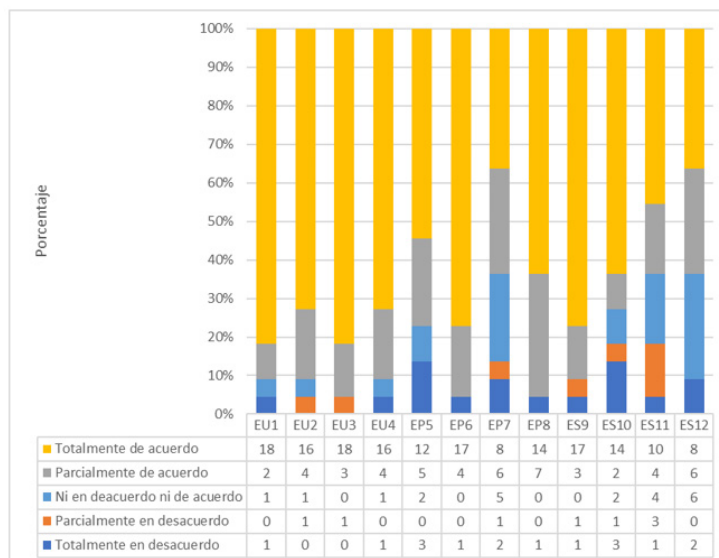


FIGURA 8. Resultados de la Encuesta de satisfacción aplicado a los estudiantes de undécimo año del CCCA. Nota. La figura evidencia las respuestas de los estudiantes en el Cuestionario de Heck. Elaboración propia, 2023.

Por otra parte, el 95,45% de alumnos en la variable de percepción de aprendizaje, seleccionaron 4 y 5 de la escala de satisfacción, indicando que el producto educativo, si permite entender una mejor manera como se utiliza el laboratorio remoto diferido propuesto, promoviendo un aprendizaje en el tema de valoración ácido, base. Así mismo, el 90,91% de los encuestados concuerdan en estar complacidos con la SD aplicada, lo cual válida que es positivo la implementación.

Por el contrario, un 63,44% de las personas estudiantes encuentran motivación por la SD realizada y además que les gustaría realizar otra SD e indican que les permitió resolver las actividades planteadas en la guía de preguntas y ejercicios.

Sin embargo, en contra posición también se puede decir que el 19% de las personas estudiantes opinaron que la SD, no favoreció la presentación, manipulación y organización de los datos; además que no se generó la motivación deseada para realizar instrumento similar.

El análisis de los datos del test del diferencial semántico se puede observar en la tabla 5, reflejando el valor de la frecuencia de los resultados.

Número de enunciados		Argumento		Frecuencia
E.1	Agradable	Desagradable		2,91
E.2	Divertido	Aburrido		1,95
E.3	Interesante	Indiferente		2,05
E.4	Fácil	Difícil		2,18
E.5	El tiempo dedicado es adecuado	El tiempo dedicado no es adecuado		2,41
E.6	Las instrucciones son entendibles	No se entiende las instrucciones		2,59
E.7	Mejora comprensión de las valoraciones ácido base	No mejora comprensión de las valoraciones ácido base		2,00

TABLA 5. Diferencial semántico implementado a los estudiantes de undécimo año del CCCA.

Teniendo en cuenta la Tabla 5, se observa una tendencia hacia los atributos positivos en la opinión de los estudiantes, A excepción de aburrido e indiferente, los cuales poseen cierta tendencia hacia los atributos neutrales.

En el análisis de resultados, se distingue que la secuencia ofrece una experiencia de aprendizaje cómoda y bien estructurada. Así mismo, lo que caracteriza y distingue a esta SD, es su capacidad para proporcionar una experiencia integral de aprendizaje que combina la teoría con la práctica, utilizando recursos físicos y remotos. Comenzando con ejercicios diagnósticos, construcción conceptos, resolución de ejercicios, desarrollo de un LR, desarrollo de un laboratorio presencial y resolución de ejercicios de reforzamientos, Esta progresión permite a los estudiantes construir gradualmente su comprensión de los conceptos en torno a la temática de ácidos bases.

Conclusiones

Los resultados de la investigación sobre el diseño de una SD experimentada enfocada en el modelo de LE para promover un aprendizaje en el tema de VAB para los estudiantes de undécimo año del CCCA, representó un elemento transformador de las prácticas pedagógicas de la investigadora, pues en el proceso de su diseño y aplicación, hicieron un ejercicio reflexivo sobre su labor en relación con los aprendizajes esperados en los estudiantes, desde el momento de la planeación, hasta el cierre de esas.

Al trabajar bajo el modelo del LE, fortalece la secuencia en una gran proporción mediante la innovación pedagógico-tecnológica. Además de que este modelo puede ser adoptado para cualquier tipo de institución, se presenta como oportunidad para instituciones que carecen a corto y mediano plazo de laboratorio y/o materiales para desarrollar actividades en el mismo.

Por otra parte, también se logró realizar revalorización de las AE, las cuales tal como se demostró en la propuesta, refuerzan al modelo del LE, acompañando con las actividades virtuales como el LR, posibilitando que los estudiantes realicen una mayor cantidad de experiencias sensoriales, las cuales son muy enriquecedoras dentro del proceso de aprendizaje.

Referencias

- Arguedas-Matarrita, C. (2017). *Diseño y desarrollo de un laboratorio remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica*. [Tesis de Doctorado]. Universidad Nacional Del Litoral. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1018/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arguedas-Matarrita, C., Montero-Miranda, E., Vargas-Badilla, L., Sánchez-Brenes, R., Rios-Badilla, E., Orduña, P., y Rodríguez-Gil, L. (2022). Design and development of an ultra-concurrent laboratory for the study of an acid-base titration (ABT) at the Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 298, 122-130. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_13/COVER
- Brenes-Mata, M. (2021). *Estado de la educación*. Programa Estado de la Nación. https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2021/09/Carpeta_Prensa_EE.pdf

- Dellwo, D. R. (2010a). Course assessment using multi-stage pre/post testing and the components of normalized change. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(1), 55–67. www.iupui.edu/~josotl
- Dellwo, D. R. (2010b). Course assessment using multi-stage pre/post testing and the components of normalized change. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(1), 55–67. www.iupui.edu/~josotl
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Heck, C. (2017). *Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: Um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel*. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/179798>
- Hernández, D., Bottner, E., Cataldo, F., y Zaragoza, E. (2021). Aplicación de realidad aumentada para laboratorios de química. *Educación Química*, 32(3), 30. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.68129>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed., Vol. 1). McGraw-HILL.
- Idoyaga, I. (2022). El laboratorio extendido: rediseño de la actividad experimental para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Divulgación de Metodologías Emergentes en el Desarrollo de las STEM*, 4(1), 20–49. <http://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/rediunp/article/view/823/711>
- Idoyaga, I. J. (2023). El laboratorio extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Innovaciones Educativas*, 25(Especial), 44–58. <https://doi.org/10.22458/ie.v25iEspecial.5083>
- Idoyaga, I., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., Sánchez, B. R., Maeyoshimoto, J., y Arguedas-Matarrita, C. (2020). El laboratorio remoto de validación ácido-base en un curso de química en la universidad. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/349319741_El_Laboratorio_Remoto_de_Validacion_Acido-Base_en_un_Curso_de_Quimica_en_la_Universidad
- Idoyaga, I., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., y Garro-Mora, A. L. (2020). El laboratorio remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4–26. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Montero-Miranda, E. (2022). *Laboratorios remotos: Una alternativa complementaria de las actividades experimentales presenciales en química para disminuir el impacto ambiental generado por el laboratorio de valoración ácido-base en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica*.
- Pérez-Ortega, G., Arango-Serna, M., y Branch-Bedoya, J. (2008). El semántico diferencial como propuesta metodológica para caracterizar el liderazgo en una organización. *Redalyc*, 75(155), 15–27. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49611953003.pdf>