



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

**TRABAJO COLABORATIVO COMO
ESTRATEGIA DIDACTICA PARA LA
ENSEÑANZA DE LA VALIDACIÓN DE
MÉTODOS ANALÍTICOS EN UNA
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

**COLLABORATIVE WORK AS A DIDACTIC STRATEGY FOR
TEACHING THE VALIDATION OF ANALYTICAL METHODS
IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTION**

Cuauhtémoc Raúl García Lemus
Universidad de Guadalajara

Karina Jeanette Parra Saavedra
Universidad de Guadalajara

Andony David González Cruz
Universidad de Guadalajara

Adriana Macaria Macias Lamas
Universidad de Guadalajara

Trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza de la validación de métodos analíticos en una institución de educación superior.

Cuauhtémoc Raúl García Lemus¹

cuauhtemoc.glemus@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0009-0009-7772-2849>

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco, México

Karina Jeanette Parra Saavedra

karina.parra@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9042-8777>

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco, México

Andony David González Cruz

andony.gonzalez@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0009-0001-1508-5508>

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco, México

Adriana Macaria Macias Lamas

macaria.macia@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9787-0819>

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco, México

RESUMEN

Este artículo analiza el trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza de la validación de métodos analíticos en la educación superior. Se revisan los marcos teóricos que fundamentan el aprendizaje colaborativo, entre ellos el conflicto sociocognitivo, la intersubjetividad y la cognición distribuida y se discute cómo estas perspectivas respaldan el diseño de estrategias instruccionales que promueven el diálogo, la evaluación crítica y la construcción de consensos entre los estudiantes. Asimismo, se describe la integración del aprendizaje en equipo mediante actividades grupales estructuradas y el uso de herramientas tecnológicas, como Excel, que facilitan el cálculo estadístico de parámetros y criterios establecidos en las guías y normativas de validación de métodos analíticos. La combinación de enfoques teóricos con experiencias prácticas en el aula y en el laboratorio permite abordar problemas de índole estadística y el análisis de datos experimentales de manera más profunda que en el trabajo individual, garantizando además el cumplimiento de los criterios normativos vigentes. Se concluye que, cuando está debidamente estructurado y adaptado al contexto de los estudiantes, el aprendizaje colaborativo potencia el pensamiento crítico, fortalece las habilidades de comunicación y favorece el desarrollo de competencias analíticas indispensables para la validación de métodos analíticos en la educación superior.

Palabras clave: Aprendizaje activo; estrategia didáctica, trabajo colaborativo. Validación de métodos analíticos.

¹ Autor principal

Correspondencia: cuauhtemoc.glemus@academicos.udg.mx

Collaborative work as a didactic strategy for teaching the validation of analytical methods in a higher education institution.

ABSTRACT

This article analyzes collaborative work as a teaching strategy for the instruction of analytical method validation in higher education. Theoretical frameworks that support collaborative learning—such as sociocognitive conflict, intersubjectivity, and distributed cognition—are reviewed, and their role in designing instructional strategies that foster dialogue, critical evaluation, and consensus-building among students is discussed. The integration of teamwork through structured group activities and the use of technological tools, such as Excel, is also described, as these facilitate the statistical calculation of parameters and criteria established in analytical method validation guidelines and regulations. The combination of theoretical perspectives with practical experiences in both classroom and laboratory settings enables a deeper approach to solving statistical problems and analyzing experimental data compared to individual work, while also ensuring compliance with current regulatory standards. The study concludes that, when properly structured and adapted to students' contexts, collaborative learning enhances critical thinking, strengthens communication skills, and fosters the development of analytical competencies essential for the effective validation of analytical methods in higher education.

Keywords: Active learning; teaching strategy; collaborative work; validation of analytical methods.

*Artículo recibido 20 marzo 2026
Aceptado para publicación: 15 abril 2026*



INTRODUCCIÓN

En el contexto social contemporáneo de la educación superior, se requieren estrategias didácticas innovadoras y atractivas para abordar temas técnicos complejos, como la validación de métodos analíticos. Las clases expositivas tradicionales y los enfoques de evaluación individual han resultado, en muchos casos, insuficientes para fomentar un aprendizaje profundo y el pensamiento crítico en disciplinas que demandan no solo comprensión teórica, sino también aplicación práctica (Panakaje, 2024).

En este sentido, el trabajo colaborativo surge como una estrategia pedagógica prometedora, pues promueve el intercambio de ideas, estimula la resolución creativa de problemas y favorece la evaluación rigurosa de los procedimientos analíticos (Roselli, 2016).

El aprendizaje colaborativo se sustenta en un paradigma socio constructivista que enfatiza la negociación, el consenso y la integración de diversas perspectivas para alcanzar resultados de mayor calidad, elementos particularmente relevantes en la validación de métodos analíticos en campos técnicos (Ponce, 2025).

El propósito de este artículo es demostrar que una estrategia de enseñanza basada en el enfoque colaborativo puede aplicarse de manera eficaz en la enseñanza y el aprendizaje de la validación de métodos analíticos en entornos de educación superior.

Fundamentos teóricos del aprendizaje colaborativo

La base teórica para aplicar el trabajo colaborativo en la enseñanza de la validación de métodos analíticos es multifacética y se apoya en diversas teorías convergentes.

En primer lugar, la teoría del conflicto sociocognitivo sostiene que el desarrollo cognitivo se estimula mediante la confrontación de distintos puntos de vista, lo que obliga a los estudiantes a articular, justificar y reevaluar sus ideas (Roselli, 2016).

En segundo lugar, la teoría de la intersubjetividad establece que el conocimiento se construye y retroalimenta a través de la interacción social y la comunicación, destacando el papel esencial del diálogo y las experiencias compartidas en la formación del conocimiento individual y colectivo (Ponce, 2025; Roselli, 2016).



Por último, el marco de la cognición distribuida propone que el aprendizaje se distribuye entre individuos, artefactos y herramientas, lo cual subraya la importancia de integrar plataformas digitales y tecnologías interactivas para fortalecer los procesos colaborativos tanto en aulas presenciales como virtuales (Roselli, 2016).

Estos fundamentos teóricos justifican la implementación de estrategias colaborativas en la enseñanza de la validación de métodos analíticos, ya que promueven la discusión crítica, el intercambio de perspectivas y la evaluación conjunta, elementos clave para alcanzar resultados de aprendizaje sólidos (Ponce, 2025).

Enfoques metodológicos y estrategias pedagógicas

Al aplicar el aprendizaje colaborativo a la validación de métodos analíticos, pueden emplearse diversas metodologías y técnicas pedagógicas orientadas a objetivos específicos.

Un enfoque ampliamente utilizado es el aprendizaje en equipo, en el cual las actividades se estructuran alrededor de grupos pequeños (de cuatro o más estudiantes) que trabajan conjuntamente en el análisis y validación de métodos analíticos (Reyes, 2020).

En el aprendizaje basado en teoría, los estudiantes participan en etapas secuenciales que incluyen preparación individual, discusión en grupo y resolución colectiva de problemas, asegurando la responsabilidad individual dentro del análisis general del método de investigación (Roselli, 2016).

Otras estrategias incluyen debates guiados, lluvias de ideas encadenadas, juegos de rol estructurados y el uso de estudios de caso que simulan los desafíos reales de los procesos de validación analítica (Ponce, 2025). Estas actividades estimulan la participación activa, fomentan la argumentación basada en evidencia y facilitan la evaluación entre pares, creando un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo.

Un componente esencial de estas metodologías es el rol del docente, quien deja de ser la fuente principal de conocimiento para convertirse en facilitador y guía del proceso. El profesor diseña las tareas colaborativas, supervisa la dinámica grupal y brinda retroalimentación oportuna, asegurando que las discusiones se mantengan centradas en los conceptos analíticos relevantes (Moreira, 2024).

La evaluación del aprendizaje suele incluir técnicas como la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, que permiten valorar tanto las contribuciones individuales como el desempeño grupal, promoviendo la autorreflexión y la responsabilidad compartida. Además, el diseño didáctico incorpora



con frecuencia rúbricas estructuradas y criterios de evaluación para la argumentación crítica, la interpretación de datos y la validación de protocolos experimentales, garantizando la alineación del proceso colaborativo con los estándares académicos y científicos establecidos (Canguí, 2024).

Aplicación en la validación de métodos analíticos

La validación de métodos analíticos constituye una tarea compleja que requiere no solo un dominio sólido de los principios científicos y técnicos, sino también la capacidad de evaluar críticamente protocolos experimentales y estrategias de interpretación de datos. Las metodologías de aprendizaje colaborativo ofrecen un marco idóneo para abordar estos desafíos, al fomentar el debate, la reflexión colectiva y la resolución conjunta de problemas. Por ejemplo, en cursos de ingeniería o ciencias aplicadas, el trabajo colaborativo permite que los estudiantes discutan aspectos como la precisión, exactitud y robustez de distintas técnicas analíticas, fortaleciendo tanto sus conocimientos teóricos como sus habilidades prácticas (Álvarez, 2024).

En la práctica, un proyecto colaborativo puede consistir en que equipos de estudiantes diseñen, ejecuten y validen un método analítico específico. Cada grupo evalúa interferencias potenciales, analiza datos de calibración y compara procedimientos alternativos, garantizando la confiabilidad del método final. Las discusiones grupales proporcionan una plataforma para debatir opciones metodológicas y resolver problemas imprevistos, mientras el profesor orienta las interacciones hacia conclusiones científicamente fundamentadas.

Además, los ciclos iterativos de planificación, ejecución y revisión característicos del trabajo colaborativo reflejan la naturaleza propia de la validación de métodos en investigación y en la industria, preparando a los estudiantes para los retos del ejercicio profesional.

Diversos estudios de caso han demostrado que la integración de técnicas colaborativas en la enseñanza de la validación de métodos analíticos mejora no solo la comprensión del contenido técnico, sino también la capacidad de los estudiantes para evaluar críticamente datos, justificar decisiones metodológicas y trabajar en equipo de forma efectiva (Yang, 2023). En entornos que simulan laboratorios industriales, el análisis conjunto de resultados y la resolución colectiva de problemas se han asociado con una mayor satisfacción estudiantil y un mejor desempeño académico. Asimismo, el trabajo colaborativo favorece el desarrollo de habilidades transferibles como liderazgo, pensamiento crítico y



comunicación efectiva, esenciales para el éxito profesional en campos técnicos altamente competitivos (Van Helden, 2023).

METODOLOGÍA

Para un estudio de caso desarrollado con un grupo de la Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo de la Universidad de Guadalajara, se llevó a cabo la validación de un método analítico considerando los siguientes aspectos.

Se organizaron equipos de trabajo de 5 integrantes para el desarrollo de las actividades de validación para el trabajo colaborativo.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS:

Balanza Analítica; Marca: Ohaus, Modelo: Explorer.

Espectrofotometro Uv/Vis; longitud de onda de 200-700 nm; Marca: Espectronic, Modelo: Genesys

DESARROLLO

Para el desarrollo del método analítico, se realizó una búsqueda bibliográfica enfocada en metodologías previamente reportadas. Posteriormente, se llevó a cabo un barrido espectrofotométrico de la sustancia de referencia de paracetamol en el solvente adecuado para disolver al analito (etanol al 20 %), en un intervalo de longitud de onda de 200 a 400 nm.

Asimismo, se realizaron experimentos prevalidación con el propósito de establecer las condiciones óptimas a emplearse durante la validación del método y el análisis de las muestras.

El intervalo de trabajo se definió a partir del punto central de la curva de calibración, correspondiente al 100%, equivalente a una concentración de 9 ppm de paracetamol. A partir de este valor, se construyó una curva de calibración de cinco niveles: 33%, 66%, 100%, 132% y 165%, con el fin de evaluar el comportamiento analítico del método. Cada nivel fue analizado a la longitud de onda seleccionada para verificar la idoneidad de las absorbancias obtenidas.

La determinación de los parámetros de validación para sistema y método se realizó de acuerdo con la Guía de Validación de Métodos Analíticos editada por el Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos Biólogos México, A. C., considerando el siguiente procedimiento:



1. Preparación de soluciones de trabajo

1.1 Soluciones estándar

Se pesó, considerando la pureza del estándar, una cantidad equivalente a 15 mg de paracetamol, la cual se transfirió a un matraz volumétrico de 50 mL. Posteriormente, se adicionaron 10 mL de etanol al 96%, se disolvió completamente y se aforó con agua desionizada.

A partir de esta solución, se preparó una solución estándar intermedia de 30 ppm. Para ello, se tomó una alícuota de 10 mL de la solución de 300 $\mu\text{g/mL}$ y se transfirió a un matraz volumétrico de 100 mL, aforando con agua desionizada.

1.2 Soluciones de tabletas

Se pesaron de manera independiente 5 tabletas, obtener el peso promedio y triturar las tabletas hasta tener un polvo homogéneo. Pesar la cantidad equivalente a 15 mg de paracetamol y transferir a un matraz volumétrico de 50 mL, adicionar 10 mL de etanol, disolver y aforar con agua desionizada.

A partir de la solución anterior, se tomó una alícuota de 5 mL y transfirió a un matraz de 50 mL aforando con agua desionizada. Esta solución tiene una concentración de 30 ppm.

2. Validación del método analítico

2.1 Precisión del sistema

Se preparó un sextuplicado de soluciones a la concentración del analito correspondiente a la solución de referencia (9 ppm). Cada solución fue analizada a una longitud de onda de 244 nm.

2.2 Linealidad del sistema

Se prepararon tres curvas de calibración, cada una con cinco niveles de concentración equivalentes a 3, 6, 9, 12 y 15 ppm, respectivamente, utilizando agua desionizada como solvente.

A partir de la solución estándar de 30 ppm, se prepararon por triplicado las curvas de calibración correspondientes a las concentraciones indicadas en la Tabla 1, con el propósito de validar la linealidad del sistema.



Tabla 1. Relación entre niveles, alicuotas y concentración final para la validación de la linealidad del sistema.

Nivel	mL de solución estándar 30 ppm	Volumen de afore (mL)	Conc. final Paracetamol (µg/mL)
1	1	10	3
2	2	10	6
3	3	10	9
4	4	10	12
5	5	10	15

Se registraron las absorbancias de cada una de las soluciones obtenidas mediante un espectrofotómetro en la región ultravioleta, a una longitud de onda máxima de 244 nm. Las absorbancias obtenidas para cada una de las curvas de calibración fueron graficadas, estableciendo la relación entre la concentración y la respuesta analítica. Asimismo, se determinó el coeficiente de determinación y la ecuación de la recta, utilizando el modelo matemático de regresión lineal.

2.2 Linealidad del método

A partir de las soluciones de 30 ppm (estándar y tabletas), se prepararon por triplicado las curvas de calibración correspondientes a las concentraciones indicadas en la Tabla 2, con el propósito de evaluar la linealidad del método en presencia de la matriz (placebo).

Tabla 2. Relación entre niveles, alicuotas y concentraciones obtenidas para la validación de la linealidad del método.

Nivel	mL de solución de tabletas 30 ppm	mL de solución estándar 30 ppm	Volumen de aforo (mL)	Conc. final Paracetamol (ppm)
1	0.5	0.5	10	3
2	1	1	10	6
3	1	2	10	9
4	1	3	10	12
5	1	4	10	15

Se registraron las absorbancias de cada una de las soluciones obtenidas mediante un espectrofotómetro en la región ultravioleta, a una longitud de onda máxima de 244 nm. Las absorbancias obtenidas para cada una de las curvas de calibración fueron graficadas, estableciendo la relación entre la concentración adicionada y la concentración recuperada.

2.5 Exactitud y repetibilidad

Se prepararon seis muestras adicionadas del analito a una concentración de 9 ppm, equivalente al 100% del punto central de la curva de calibración. Las muestras fueron analizadas por un mismo analista (este analista es representado por uno de los equipo de trabajo), bajo las mismas condiciones operativas.

2.4 Precisión intermedia

Se analizó por sextuplicado una muestra correspondiente al 100% de la curva de calibración (9 ppm) por dos analistas diferentes (dos equipos de trabajo). Se empleó, la misma sustancia de referencia y los mismos instrumentos y/o equipos, con el objetivo de evaluar la variabilidad entre analistas.

2.5 Límite de detección y límite de cuantificación (con base en S_{b0})

A partir de los datos obtenidos de las tres curvas de calibración obtenidas en linealidad del sistema, se calcularon la desviación estándar de la ordenada al origen (S_{b0}) y la pendiente. Con estos valores, se determinaron el límite de detección (LD) y el límite de cuantificación (LC) mediante las ecuaciones correspondientes.



$$LD = \frac{3.3 \times Sb_0}{b_1} \quad LC = \frac{10 \times Sb_0}{b_1}$$

2.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se evaluaron utilizando la hoja de cálculo validada previamente validada, creada en Microsoft Office Excel, previamente diseñada para que ejecute los cálculos de estadística inferencial y descriptiva aplicados para la evaluación de los parámetros de desempeño establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precisión del sistema

La precisión del sistema presentó un coeficiente de variación (CV) de 0.74 %, valor que se encuentra por debajo del límite establecido ($\leq 1.5\%$), lo que indica una adecuada estabilidad instrumental y consistencia en las mediciones. Este resultado sugiere que los estudiantes lograron una correcta ejecución del procedimiento analítico en condiciones controladas, reflejando dominio en el manejo del equipo y en la preparación de soluciones.

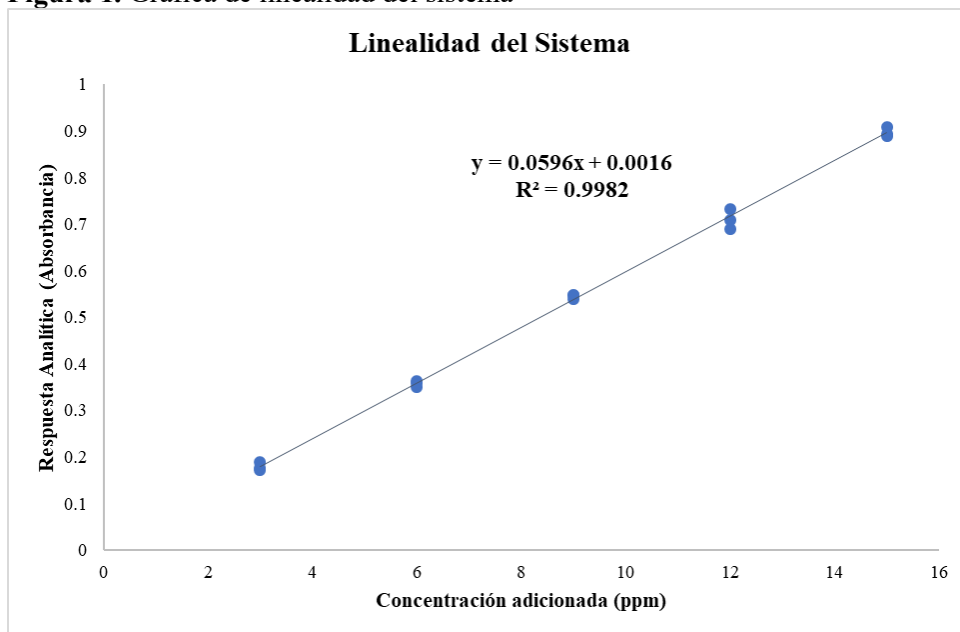
Tabla 3. Resultados obtenidos para precisión del sistema

Precisión del sistema	
Muestra	Absorbancia
1	0.541
2	0.543
3	0.543
4	0.537
5	0.545
6	0.549
Promedio	0.543
Desviación estándar	0.004
% CV	0.74

Linealidad del sistema

El coeficiente de determinación obtenido ($r^2 = 0.9982$) evidencia una alta correlación lineal entre la concentración y la respuesta analítica. Estos resultados indican que el sistema responde de manera proporcional en el intervalo evaluado. Desde el enfoque formativo, la construcción de curvas de calibración permitió a los estudiantes comprender la relación entre variables analíticas y reforzar habilidades en el tratamiento de datos.

Figura 1. Gráfica de linealidad del sistema

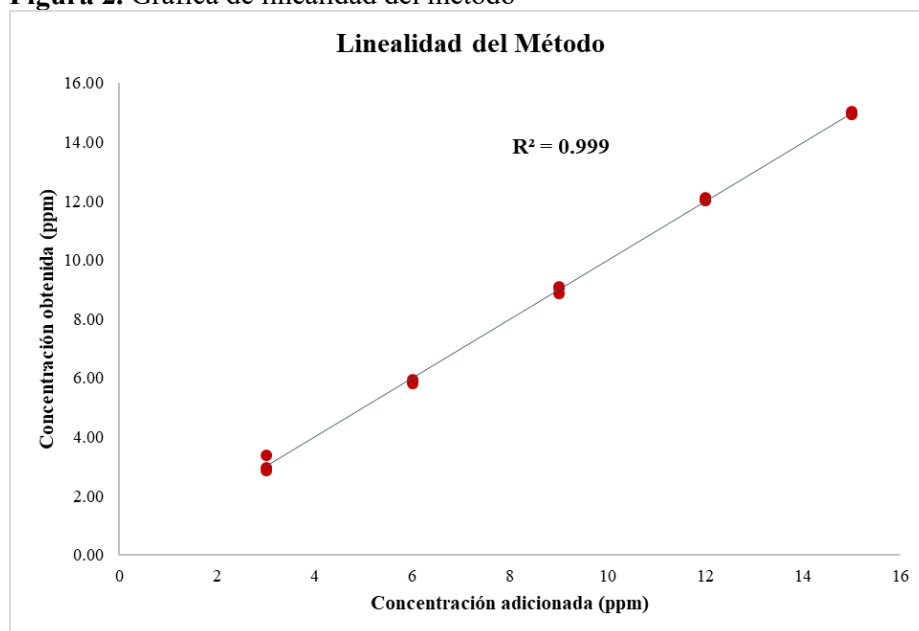


Linealidad del método

El método mostró una adecuada linealidad, con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.99895$, el coeficiente de variación de la regresión ($CV_{y/x} = 1.64\%$) se encuentra dentro de los límites aceptables ($CV_{y/x} \leq 3\%$).

En este sentido, la actividad permitió evidenciar la importancia de la precisión en las técnicas volumétricas y la necesidad de fortalecer la coordinación y supervisión entre los integrantes del equipo.

Figura 2. Gráfica de linealidad del método



Exactitud y repetibilidad

La repetibilidad del método presentó un CV de 1.60%, cumpliendo con el criterio de aceptación ($CV \leq 3\%$). El intervalo de confianza del porcentaje de recobro incluye el 100%, lo que confirma la exactitud del método. Estos resultados indican que, bajo condiciones controladas, los estudiantes lograron reproducir el procedimiento de manera consistente, fortaleciendo habilidades prácticas y analíticas.

Tabla 4. Resultados obtenidos para exactitud y repetibilidad

Exactitud y repetibilidad			
Conc. Adicionada	Absorbancia	Conc. Obtenida	% recobro
9	0.563	8.88	98.71
9	0.573	9.04	100.47
9	0.586	9.25	102.76
9	0.567	8.95	99.41
9	0.566	8.93	99.24
9	0.581	9.17	101.88
Promedio	100.41065		
S	1.60789		
CV	1.60		
IC(μ) +	102.1		
IC(μ) -	98.7		

Precisión intermedia

El método presentó un CV de 1.56% en la precisión intermedia, cumpliendo con los criterios establecidos. Esto indica que, el método como tal mostró una adecuada reproducibilidad entre analistas. Este resultado sugiere que el trabajo colaborativo permitió compensar posibles errores individuales, favoreciendo la obtención de resultados confiables a nivel grupal.

Tabla 5. Resultados obtenidos para precisión intermedia (2 analistas)

Precisión intermedia			
Abs. Día 1	Conc. Obtenida	Abs. Día 2	Conc. Obtenida
0.563	8.88	0.567	8.95
0.573	9.04	0.566	8.93
0.586	9.25	0.581	9.17
0.562	8.87	0.575	9.07
0.584	9.22	0.58	9.15
0.587	9.26	0.578	9.12
Promedio	9.07656		
S	0.14148		
CV	1.56		

Límite de detección y límite de cuantificación

Los valores obtenidos de límite de detección ($LD = 0.39$ ppm) y límite de cuantificación ($LC = 1.17$ ppm) fueron inferiores al nivel más bajo de la curva de calibración, cumpliendo con los criterios establecidos. Esto demuestra que el sistema posee una sensibilidad adecuada para la detección y cuantificación del analito. La determinación de estos parámetros favoreció en los estudiantes la comprensión de conceptos relacionados con la capacidad analítica del método.



Tabla 5. Resultados de la validación del método y criterios de aceptación

Parámetro	Resultado	Criterio de aceptación	Cumple (SI/NO)
Precisión del sistema	CV= 0.74%	$CV \leq 1.5\%$	SI
Linealidad del sistema	$r^2=0.9982$	$r^2 \geq 0.98$	SI
Linealidad del método	$r^2=0.9989$	$r^2 \geq 0.98$	SI
Exactitud y repetibilidad	CV y/x = 1.64%	CV y/x $\leq 3\%$	SI
		CV del % de recobro $\leq 3\%$	SI
	CV= 1.60%		SI
	IC(μ)= 102.1- 98.7	IC(μ) debe incluir el 100%	SI
Precisión intermedia	CV= 1.56	CV $\leq 3\%$	SI
Limite de detección y cuantificación	LD= 0.34 LC= 1.17	LD y LC < 3 ppm	SI

En conjunto, los resultados obtenidos (Tabla 5) no solo permiten evaluar el desempeño analítico del método, sino también evidencian el impacto del trabajo colaborativo como estrategia de aprendizaje en el laboratorio. La organización en equipos favoreció la distribución de tareas, la toma de decisiones conjunta y el análisis crítico de resultados.

Las desviaciones observadas en algunos parámetros, representan oportunidades de aprendizaje significativo. Estas variaciones permiten a los estudiantes reconocer la influencia del factor humano en los resultados analíticos, así como la importancia de la estandarización, la comunicación efectiva y la supervisión entre pares.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la validación del método analítico por espectrofotometría UV-Vis y de la dinámica de trabajo observada en el laboratorio, se pueden extraer las siguientes conclusiones fundamentales:



- **Efectividad y cumplimiento analítico:** La validación para cuantificar el paracetamol fue exitosa, logrando cumplir con la mayoría de los criterios de aceptación en parámetros críticos como la precisión, la linealidad, la exactitud y los límites de detección y cuantificación. Esto refleja que los estudiantes no solo comprendieron la teoría, sino que lograron ejecutar correctamente el procedimiento bajo condiciones controladas, demostrando un buen dominio del instrumental.
- **Impacto pedagógico del trabajo colaborativo:** Organizar al grupo en equipos de cinco integrantes demostró ser una herramienta didáctica altamente efectiva. Trabajar juntos permitió a los estudiantes analizar datos experimentales y resolver problemas estadísticos con mucha más profundidad de lo que habrían logrado individualmente. Además, este enfoque despertó su pensamiento crítico y fortaleció habilidades transversales clave, como el liderazgo, la comunicación asertiva y la toma de decisiones conjuntas.
- **Revalorización del error como oportunidad de aprendizaje:** Lejos de ser simples fallas, las desviaciones y variaciones observadas al calcular los parámetros de validación se transformaron en excelentes momentos de aprendizaje. Analizar estas diferencias en equipo ayudó a los estudiantes a reflexionar sobre cómo el factor humano influye directamente en los resultados, comprendiendo en la práctica por qué es vital estandarizar los procesos y apoyarse en la revisión entre compañeros.
- **Preparación integral para el ejercicio profesional:** Al combinar la teoría socio-constructivista con ciclos prácticos reales (planificación, ejecución y revisión), se logró simular de manera fiel los verdaderos desafíos de los laboratorios industriales y de investigación. En definitiva, esta experiencia confirma que usar el aprendizaje colaborativo en tareas complejas, como la validación de métodos, aporta un valor incalculable a la formación integral y técnica de los futuros profesionales químico-farmacéuticos biólogos.

LISTA DE REFERENCIAS

1. Álvarez Ramírez, C. (2024). Evolución y desafíos en la validación y verificación de métodos analíticos: mejoras para la calidad en laboratorios clínicos y de ensayo. Benista Marta. 2014.Paracetamol mechanism of action, applications and safety concert. Acta polanie pharmaceutica. Vol 71 (1), 11-23



2. Bosquez, V. N. M., Sánchez, M. J. C., Sánchez, L. T. C., Cuenca, Y. E. S., & Encalada, M. E. R. (2025). Efectos del aprendizaje colaborativo en el desarrollo de competencias sociales y académicas en estudiantes de educación media. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(5), 11631-11650.
3. Davies, A., Buchanan, A., Zeppetella, G., Porta-Sales, J., Likar, R., Weismayr, W., ... & Stenberg, M. (2013). Breakthrough cancer pain: an observational study of 1000 European oncology patients. *Journal of pain and symptom management*, 46(5), 619-628.
4. Diario Oficial de la Federación (DOF: 19/09/2017) acuerdo que determina el tipo de prueba para demostrar la intercambiabilidad de medicamentos genéricos y define los criterios que deberían aplicárseles.
5. Esteva, E. (2008). Analgésicos: Clasificación y uso. *Offarm: farmacia y sociedad*, 27(8), 68-74.
FEUM (2021). Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 13ª. Edición.
6. Gaete Castro, F. J. (2014). Validación de la metodología analítica de paracetamol y aplicación a un estudio de bioexención.
7. Garcia M.A., Soberon E., Cortes M., Rodriguez R., Herrera J. L., & Alcantara A. (2002). Guía de validación de Métodos Analíticos. CNQFBM.
8. Guerrero Jaramillo, P. A. 2017. Prevalencia de la automedicación de aines relacionada con el nivel de instrucción en sujetos de 18 a 70 años que acuden a las cadenas mas que farmacias al sur de Quito abril-mayo 2016 (Master's thesis).
9. Moreira, C. M. C., Zamora, A. F. A., Carolina, D., Pazmiño, C., Arroyo, N. Y. Q., Campuzano, K. J. C., & López, M. V. D. (2024). Aprendizaje Colaborativo en Entornos Educativos: Conceptos Claves, Principios. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 403-436.



10. Panakaje, N., Ur Rahiman, H., Parvin, S. R., P, S., K, M., Yatheen, & Irfana, S. (2024). Revolutionizing pedagogy: navigating the integration of technology in higher education for teacher learning and performance enhancement. *Cogent Education*, 11(1), 2308430.
11. Reyes-Torres, G., Saavedra, J. H., & Aguayo-Vergara, M. (2020). Aprendizaje basado en equipos en un curso de Ingeniería en Educación Superior. *Revista Educación*, 44(1), 1-28.
12. Rodríguez, G. (2014). Comisión de control analítico y ampliación de cobertura. *Criterios para la validación de métodos fisicoquímicos*, 1-20.
13. Roselli, N. D. (2016). El aprendizaje colaborativo: Bases teóricas y estrategias aplicables en la enseñanza universitaria. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 219–280.
14. Secretaria de Salud de la Ciudad de México (2016). Ficha técnica de medicamentos Analgesia. Dirección de insumos, medicamentos y tecnología.
15. Tigua, N. I. P., & Romero, G. P. S. M. (2025). Educomunicación como estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Ecuatoriana de Psicología*, 8(20), 94-105.
16. Van Helden, G., Zandbergen, B. T., Specht, M. M., & Gill, E. K. (2023). Collaborative learning in engineering design education: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Education*, 66(5), 509-521.
17. Yang, X. (2023). A historical review of collaborative learning and cooperative learning. *TechTrends*, 67(4), 718-728.

