

Artículo Original

**VERIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA
QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS RESIDUALES
DE DESTILERÍA**

**VERIFICATION OF THE DETERMINATION OF CHEMICAL OXYGEN
DEMAND IN DISTILLERY WASTEWATER**

Pedro Luis Fleites Sotolongo^{1*} <https://orcid.org/0009-0001-5058-7757>

Ana María Espinosa Negrín¹ <https://orcid.org/0000-0001-8392-162X>

Pedro Jesús Iturria Quintero² <https://orcid.org/0000-0002-9134-4209>

¹Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales. Universidad de Sancti Spíritus
"José Martí Pérez", Sancti Spíritus, Cuba.

²Departamento de Licenciatura en Química, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Marzo 26, 2026; Revisado: Abril 29, 2026; Aceptado: Julio 28, 2026

RESUMEN

Introducción:

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro clave para medir la calidad de las aguas residuales industriales, y permite realizar la evaluación de los sistemas para su tratamiento y depuración. Es por esto que resulta de vital importancia que el procedimiento analítico empleado para su determinación sea confiable.

Objetivo:

Determinar un grupo de parámetros para la verificación de la DQO por espectrofotometría ultravioleta-visible en aguas residuales de destilería.

Materiales y Métodos:

La DQO se determinó por espectrofotometría UV-Vis a 600 nm previa digestión de las muestras a 150 °C durante 2 horas, utilizando dicromato de potasio como agente oxidante. Se realizó el análisis de la linealidad de la técnica en el intervalo de 100-900 mgO₂/L, y se evaluaron los parámetros de repetibilidad y reproducibilidad intermedia.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Pedro L. Fleites, Email: pedrofleites61@gmail.com



Resultado y Discusión:

Como resultado se obtuvo que la técnica de DQO resultó ser lineal en el rango de concentraciones empleado, sin embargo, no fue precisa en términos de repetibilidad y reproducibilidad intermedia.

Conclusiones:

Los resultados obtenidos, al realizarse la verificación de la DQO por el método espectrofotométrico en aguas residuales de destilería, evidencian que la técnica no cumple con los parámetros de verificación analizados. Por esta razón, los autores recomiendan garantizar la homogenización de la muestra previa al análisis de este tipo de residuales.

Palabras clave: aguas residuales de destilería; demanda química de oxígeno; verificación.

ABSTRACT

Introduction:

Chemical oxygen demand (COD) is a key parameter for measuring the quality of industrial wastewater, enabling the evaluation of treatment and purification systems. Therefore, it is vitally important that the analytical procedure used for its determination is reliable.

Objective:

To determine a group of parameters for the verification of COD by ultraviolet-visible spectrophotometry in distillery wastewater.

Materials and Methods:

COD was determined by UV-Vis spectrophotometry at 600 nm after digesting the samples at 150 °C for 2 hours, using potassium dichromate as the oxidizing agent. The linearity of the technique was analysed in the 100-900 mgO₂/L range, and the repeatability and intermediate reproducibility parameters were evaluated.

Results and Discussion:

As a result, the COD technique was found to be linear in the concentration range used; however, it was not accurate in terms of repeatability and intermediate reproducibility.

Conclusions:

The results obtained from COD verification using the spectrophotometric method in distillery wastewater show that the technique does not meet the analysed parameters. Therefore, the authors recommend ensuring sample homogenization prior to analysing this type of wastewater.

Keywords: distillery wastewater; chemical oxygen demand; verification.

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales industriales representan un desafío ambiental y de salud pública de gran importancia en todo el mundo. En la actualidad, la gestión adecuada de estas aguas se ha convertido en una cuestión fundamental para la sostenibilidad de las comunidades y ecosistemas (Navas et al., 2024). Una de las industrias que acarrea serios problemas de contaminación en nuestro país es la de la producción de alcohol. Todas las destilerías de

alcohol producen aguas residuales, comúnmente conocidas como "vinazas", equivalentes a 10 o 15 veces el volumen de alcohol producido (Águila et al., 2024). El contenido de la demanda química de oxígeno (DQO) del efluente, entre otros parámetros, varían según el origen de la materia prima y el proceso de fermentación / destilación utilizada para la obtención de alcohol (Pérez et al., 2025). La DQO constituye un parámetro importante en la evaluación de la calidad del agua porque representa la cantidad de oxígeno necesario para descontaminar el agua y permite obtener una visión más amplia de la calidad del tratamiento y depuración del agua (Mongiovi et al., 2024). Los altos niveles de DQO pueden indicar una carga significativa de contaminantes químicos y orgánicos como: materia fecal, aceites, grasas, pesticidas y productos químicos industriales no fácilmente biodegradables, sugiriendo una contaminación persistente y de largo plazo en el medio ambiente acuático. Por lo tanto, monitorear y controlar la DQO del agua es fundamental para garantizar su calidad (León, 2024). Este parámetro se utiliza comúnmente en el tratamiento de aguas residuales, en la evaluación de la calidad del agua en cuerpos de agua naturales y sistemas acuáticos artificiales (Perojo et al., 2022; Gaspar et al., 2025). La DQO se define como la cantidad de oxígeno equivalente a la cantidad de dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) consumida por las materias disueltas y en suspensión, cuando la muestra es tratada en condiciones definidas (Hang, 2024). La determinación final puede efectuarse de forma volumétrica o espectrofotométrica (APHA, 2023). En el Laboratorio de Biogás e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Sancti Spíritus, actualmente se realiza el análisis de este parámetro en aguas residuales de destilería empleando el método volumétrico (APHA, 2023). Sin embargo, es conocido que la espectrofotometría, como método instrumental de análisis, resulta más confiable a la hora de obtener resultados. Esta variante ha sido verificada y empleada en el análisis de muestras de aguas residuales como las hospitalarias (Rohyami et al., 2022); no obstante, es necesario verificar el procedimiento analítico antes de emplearlo en el análisis de una nueva matriz. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es determinar algunos parámetros de verificación para la cuantificación de la DQO por espectrofotometría ultravioleta-visible en aguas residuales de destilería.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestreo

Las muestras fueron obtenidas a la salida de la destilería "Paraíso" de la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Derivados" de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández, ubicada en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba, previo a su entrada al sistema de tratamiento. Se recolectó de forma manual, en diferentes instantes de tiempo y posteriormente se mezclaron para conformar una muestra compuesta (Núñez et al., 2025). Estas muestras fueron envasadas en pomos de vidrio de 1 L para evitar su contaminación y posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de Biogás e Ingeniería Ambiental de la Unidad de Desarrollo e Innovación - Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (UDI-CEEPI), perteneciente a la Universidad "José Martí", donde fueron almacenadas para su posterior estudio.

2.2 Materiales, equipos y reactivos

Tanto la cristalería como los equipos empleados en el desarrollo de la técnica, fueron previamente calibrados y/o verificados por la Oficina Territorial de Normalización (OTN). Los reactivos utilizados también poseen la calidad requerida, avalada por los proveedores.

2.3 Procedimiento para la determinación de la DQO por el método espectrofotométrico

Para el desarrollo de la técnica, inicialmente se lavaron los tubos de digestión con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 20 % para prevenir contaminación previa al ensayo. Para cada corrida se preparó siempre un blanco (agua destilada), el cual se sometió a las mismas condiciones que la muestra. En cada tubo de digestión se añadieron 2,5 mL de la muestra, blanco o estándares de control, se adicionaron 1,5 mL del agente oxidante ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 0,25 mol/L) y 3,5 mL del agente ácido ($\text{Ag}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$), deslizándose cuidadosamente por las paredes del tubo sumergido en un beaker con agua helada. Se cerraron herméticamente los frascos y se colocaron los tubos en el digestor precalentado a 150 °C (distribuyendo aleatoriamente en el bloque de digestión, los blancos y los estándares de control), y se realizó la digestión por dos horas a 150 °C. Después se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y se midió en el espectrofotómetro (RAYLEIGH/VIS-723G) la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 600 nm (APHA, 2023).

2.4 Preparación de la curva de calibración

A una serie de matraces aforados de 100 mL y 50 mL se transfirieron las alícuotas necesarias de la solución patrón de hidrogenoftalato de potasio (HFP) 1000 mg/L y se enrasaron con agua destilada para preparar patrones de concentraciones de 100, 300, 500, 700 y 900 mgO_2/L . Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco de reactivos y se midió la absorbancia a la longitud de onda seleccionada. Posteriormente se realizó la curva de calibración representando en un gráfico la absorbancia obtenida en función de la DQO de los patrones (Abs vs DQO), y esta, a su vez, fue empleada para determinar la concentración de DQO de las muestras según la ecuación obtenida de la recta. Se le realizó un estudio de linealidad a la curva de calibración para comprobar si los resultados fueron proporcionales, de forma lineal, a la concentración de analito en la muestra dentro del intervalo estudiado.

Con los valores experimentales, empleando la herramienta de cálculo Microsoft Excel 2016, se calculó el coeficiente de correlación lineal (R), coeficiente de determinación (R^2) y la desviación estándar de la pendiente (Sb). Se realizaron también las pruebas de linealidad y de proporcionalidad mediante la evaluación estadística de la prueba t- Student y la prueba F-Fisher, como un mejor indicador del modelo lineal.

2.5 Verificación del desempeño

Para el análisis de las muestras se realizó una dilución 1/100 en agua destilada, ya que los valores reportados en la literatura, así como los obtenidos previamente en el laboratorio empleando la valoración redox, se encuentran en el rango de 35000-45000 (Obregón, 2017; Ibarra et al., 2019; Águila et al., 2024; Mubarak & Saleh, 2025). Para la verificación de la técnica analítica de determinación de la DQO se utilizó el parámetro estadístico precisión, de acuerdo a la Norma Cubana 368 del 2010 (NC TS 368, (2010)).

Para determinar la precisión se desarrolló el diseño experimental basado en la evaluación de la repetibilidad y la reproducibilidad intermedia.

Se evaluó el comportamiento de la repetibilidad del método mediante la determinación de la DQO a seis réplicas de la misma muestra previamente homogenizadas por agitación, bajo las mismas condiciones con las que se preparó la curva de calibración. Con los resultados obtenidos se calculó la desviación estándar (D.E) y el porcentaje de coeficiente de variación (CV%). Los resultados de los estudios de precisión se expresaron en términos de CV%.

Para analizar la reproducibilidad intermedia se midieron los mismos parámetros estadísticos a seis mediciones realizadas bajo las mismas condiciones medidas durante tres días consecutivos. Con los resultados se determinó la desviación estándar ($S_{\text{entre días}}$) y el coeficiente de variación entre los días ($CV\%_{\text{entre días}}$), así como el coeficiente de variación teórico según Horwitz ($CV\%_{\text{Horwitz}}$) para las determinaciones efectuadas en los tres días, las cuales se analizan como un solo grupo de valores. Se realizó un análisis de varianza de un solo factor, para evaluar la precisión intermedia y para determinar el valor de $F_{\text{calculado}}$, y de esta forma, conocer si existen o no diferencias significativas entre los resultados de los diferentes días.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estudio de la linealidad en la curva de calibración

A partir del análisis de las sustancias patrones se obtuvo el gráfico de calibración representado en la figura 1, observándose el cumplimiento de la Ley de Lambert-Beer. En la tabla 1, se indican los valores obtenidos de cada uno de los parámetros de linealidad evaluados a partir de los datos experimentales, así como de los requisitos de linealidad empleados para la comparación (Odales & Duharte, 2019).

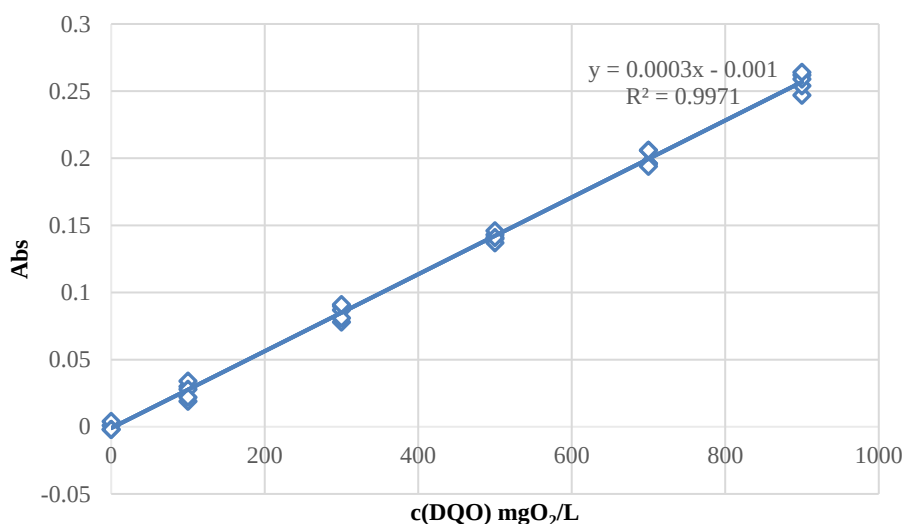


Figura 1. Curva de calibración correspondiente de la determinación de la DQO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Resultados estadísticos obtenidos del estudio de linealidad de la curva patrón

Parámetros	Criterio de aceptación	Resultados
Coeficiente de correlación lineal (r)	> 0,990	0,9985
Coeficiente de determinación (R ²)	> 0,980	0,9971
a-t*Sa	Debe incluir el cero	- 0,0047
a+t*Sa	Debe incluir el cero	0,0023
Desviación estándar relativa a la pendiente (Sb _{rel})	< 5 %	1,05 %
Test F-Fisher	$F_{cal} > F_{crítica}$	$8,33 \cdot 10^3 > 3,95 \cdot 10^{-34}$

A partir del análisis de los parámetros de linealidad, se puede observar que el coeficiente de correlación lineal y el coeficiente de determinación son mayores que los criterios de aceptación correspondientes, por lo que se puede concluir estadísticamente que existe correlación entre las variables estudiadas. También se cumple la condición de proporcionalidad ya que los límites de confianza del intercepto incluyen al cero, indicando que no se cometen errores de tipo sistemático en el método. La desviación estándar relativa a la pendiente también cumple con lo establecido en la literatura, lo que indica que la curva de calibración analizada en días diferentes no sufre cambios.

3.2 Verificación de la precisión

La precisión del método se analizó a través de la determinación del coeficiente de variación (CV), en condiciones de repetibilidad y reproducibilidad intermedia. Los resultados del análisis de la DQO para aguas residuales de la destilería, resultaron estar dentro de los valores registrados en la bibliografía (Garzón & Buelna, 2014; Mayta & Mayta, 2017; Cabrera et al., 2021; Chaile et al., 2025).

3.2.1 Repetibilidad

En la tabla 2 se muestran los resultados de la concentración de DQO obtenidas para el estudio de repetibilidad en seis réplicas de la muestra de aguas residuales de destilería, realizadas por el mismo analista, en un mismo día, con el mismo espectrofotómetro y sin variaciones en los reactivos.

Tabla 2. Resultados estadísticos obtenidos del estudio de la repetibilidad de la DQO en un mismo día

Réplicas	Entrada de la laguna # 1 (DQO mg/L)
1	36666,67
2	46666,67
3	43333,33
4	40000,00
5	43333,33
6	47666,67
Media	42944,44
SD	4111,862
CV (%)	9,5748

En los resultados de la tabla 2 se aprecia una alta dispersión en cuanto a los valores de concentración, debido a que el CV es superior al 3 %, lo que muestra que el método no es preciso en términos de repetibilidad en el intervalo estudiado. Esta variabilidad en el análisis de la muestra puede deberse al contenido de sólidos suspendidos de la misma, el cual no fue determinado en la investigación (APHA, 2023). Dichos sólidos pueden provocar falta de homogeneidad en las muestras al transferirse en diferentes proporciones a los matraces para su posterior dilución.

3.2.2 Reproducibilidad intermedia

Para la determinación de la reproducibilidad intermedia del método a un factor (tiempo), se determinó la concentración de la DQO en tres días diferentes por el mismo analista, con seis réplicas de la muestra. El CV para cada uno de los días, que se observa en la tabla 3, presentó valores superiores al 3 % como valor crítico para este tipo de método, lo que demostró que no es reproducible para este tipo de muestra.

Tabla 3. Resultados obtenidos de la determinación de la DQO en días diferentes

<i>Réplicas</i>	<i>Día 1 Concentración (mg/L)</i>	<i>Día 2 Concentración (mg/L)</i>	<i>Día 3 Concentración (mg/L)</i>
1	35333,33	41666,67	65333,33
2	45333,33	36666,67	49166,67
3	42000	35333,33	49500
4	38666,67	36000	50333,33
5	42000	35000	48333,33
6	46333,33	33333,33	48666,67
Media	41611,11	36333,33	51888,89
SD	3753,599	2596,294	6045,864
CV (%)	9,0207	7,1458	11,6516

Esto se constata a partir de los parámetros estadísticos calculados para el análisis de reproducibilidad intermedia (tabla 4). Los valores obtenidos para el CV entre los días y de Horwitz, confirman que, para todos los casos, el $CV\%_{\text{Entre días}} > CV\%_{\text{Horwitz}}$ por lo que se considera que el factor día tiene influencia en la reproducibilidad. La comparación de los valores de F que se obtuvieron en el análisis de la varianza de un solo factor muestra que $F_{\text{calculado}} > F_{\text{crítico}}$. Según lo registrado en la literatura, aunque el valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{crítico}}$, si el $CV\%_{\text{Entre días}} < CV\%_{\text{Horwitz}}$, el método se hubiera considerado preciso. Sin embargo, en este caso se obtuvo que el $CV\%_{\text{Entre días}} > CV\%_{\text{Horwitz}}$, por lo que el método no se considera de precisión aceptable (NC TS 368, (2010); CECMED, 2014).

Tabla 4. Parámetros estadísticos del estudio de reproducibilidad intermedia (variando el factor tiempo) en la muestra de aguas residuales de destilería

<i>Criterios de aceptación</i>	<i>Comparación entre valores calculados y teóricos</i>
$CV\%_{\text{entre días}} < CV\%_{\text{Horwitz}}$	$18,02 > 1,13$
$F_{\text{calculado}} < F_{\text{crítico}}$	$16,36 > 3,68$
$C_{\text{calculado}} < C_{\text{crítico}}$	$0,64 < 0,71$

Respecto a la comparación del valor de la C de Cochran, calculado con el valor crítico, muestra que $C_{\text{calculado}} < C_{\text{crítico}}$, por lo que sí cumple con este criterio. No obstante, aunque la C de Cochran arroje resultados positivos, el método se considera no reproducible ya que los parámetros CV y F dieron resultados negativos. Teniendo en cuenta los parámetros de repetibilidad y reproducibilidad intermedia, se puede asegurar que el método de análisis de DQO por vía colorimétrica no es preciso para el análisis de aguas residuales provenientes de destilería.

4. CONCLUSIONES

1. La determinación espectrofotométrica de la DQO demostró ser lineal en el rango de concentraciones 100-900 mgO₂/L.
2. Para el análisis de aguas residuales de destilería, el método verificado no resultó ser preciso en términos de repetibilidad y reproducibilidad intermedia, por lo que se recomienda garantizar la homogenización de la muestra, incluyendo los sólidos suspendidos y sedimentables, previa a su análisis.

REFERENCIAS

- Águila, R., Michelena, G., López, O. M., Lam, L., & Ortega, L. (2024). Tratamiento de la vinaza de una fábrica de ron, con el bioproducto Lebame. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 58(1), 83-89. <https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2024/02/articulo-10.pdf>
- APHA. (2023). 5220 Chemical Oxygen Demand (COD). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*, 24th ed. Washington, DC: APHA Press, 543-548. <https://doi.org/https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.103>
- Cabrera, A., Reyes, J., Díaz, M. Á., Guerra, L. E., & Pereda, I. (2021). Sistema combinado de reactores anaerobios empacados para el tratamiento de vinaza cruda cubana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 42(1), 95-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10076484>
- CECMED. (2014). Anexo No. I. De las buenas prácticas para laboratorio de control de medicamentos. Validación de métodos analíticos. En *Ámbito Regulador. Órgano Oficial Regulador, Centro Para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos*. https://www.cecmed.cu/sites/default/files/adjuntos/Reglamentacion/validacion_de_metodos_analiticos.pdf

- Chaile, A. P., Uboldi, M. E., & Elsa, M. M. (2025). Tratamiento químico de vinaza de caña de azúcar con peróxido de hidrógeno. *Revista de Ciencias Ambientales*, 59(1), 1-19. <https://doi.org/10.15359/rca.59-1.5>
- Garzón, M. A., & Buelna, G. (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 65-79. <https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/35858>
- Gaspar, E., Irimia, O., Stanciu, M., Barsan, N., & Mosnegutu, E. (2025). Strategies for a Sustainable Economy: Optimizing Processes for BOD, COD and TSS Removal from Wastewater. *Water*, 17(3), 318. <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/3/318>
- Hang, Y. D. (2024). Determination of Oxygen Demand. En *Nielsen's Food Analysis* (465-469). Springer International Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-50643-7_28
- Ibarra, R., León, L., & Osoria, A. (2019). Caracterización fisico-química de vinazas de destilerías. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 246-257. <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/4899>
- León, J. G. (2024). Desarrollo de estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de aguas residuales en los barrios del cantón Chambo. *Imaginario Social*, 7(3), 187-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.59155/is.v7i3.214>
- Mayta, R., & Mayta, J. (2017). Remoción de cromo y demanda química de oxígeno de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3), 331-340. <https://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n3/a08v83n3.pdf>
- Mongiovi, Ch., Morin, N., Lacalamita, D., & Crini, G. (2024). Impact of carbon technology on chemical and biochemical oxygen demand values as water quality indicators of physico-chemical treated laundry effluents. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 101012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.101012>
- Mubarak, M. F., & Saleh, A. M. (2025). Sugarcane vinasse remediation through HA–nCaO within a computational sustainability and green SDG framework. *Scientific Reports*, 15, 42542. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-26216-5>
- Navas, N. A., Vargas, C. E., & Rodríguez, L. M. (2024). Alteration of water quality due to wastewater discharge in the municipality of San Benito, Colombia. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(1), e634. <https://doi.org/https://doi.org/10.51252/reacae.v3i1.634>
- NC TS 368, (2010). Guía para la validación de métodos de ensayos químicos para alimentos. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-central-marta-abreu-de-las-villas/quimica-analitica/guia-para-la-validacion-de-metodos-de-ensayo-quimicos-nc-ts-3682010/131195842?sid=c7a8f7ea-84b7-4df8-8124-309d4882f01d1789663383>
- Núñez, G. W., Frías, A. X., Guevara, J. J., & Lozada, D. J. (2025). Tratamiento de aguas residuales para la comunidad Hualcanga San Luis, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua. *Conciencia Digital*, 8(1.1), 6-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i1.1.3312>

- Obregón, J. d. J. (2017). Concentración de vinazas para usos mitigantes del impacto ambiental: minirrevisión. *Márgenes*, 5(4), 83-94. <https://revistas.uniss.edu.cu/margenes/article/view/652>
- Odales, L., & Duharte, W. L. (2019). Verificación de la determinación de ortofosfatos en el digestato de residuales porcinos de la provincia de Sancti Spíritus. *Revista Cubana de Química*, 31(3), 498-510. <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/5033>
- Pérez, M. I., López, L. M., Pedraza, J., & Barrera, E. L. (2025). Alternativas para el uso del biogás obtenido a partir de vinazas de caña de azúcar, en la destilería “Melanio Hernández”, Sancti Spíritus. *Tecnología química*, 45, 252-265. <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/5467>
- Perojo, A. M., Aguilera, Y., Villar, A., & Aviles, Y. d. I. C. (2022). Caracterización de las aguas residuales generadas en la producción de conjugados monovalentes en el Instituto Finlay de Vacunas. *VacciMonitor*, 31(2), 60-67. <https://vaccimonitor.finlay.edu.cu/index.php/vaccimonitor/article/view/308>
- Rohyami, Y., Berliana, C. D., & Wati, D. A. (2022). Verification method on determination of chemical oxygen demand for hospital wastewater. *AIP Conference Proceedings*, 2645(1), 030032. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0112736>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Lic. Pedro Luis Fleites Sotolongo. Investigación, redacción - primera redacción, redacción - revisión y edición.
 - M.Sc. Ana María Espinosa Negrín. Investigación, metodología, supervisión, redacción-revisión y edición.
 - M.Sc. Pedro Jesús Iturria Quintero. Supervisión, redacción-revisión y edición.
-