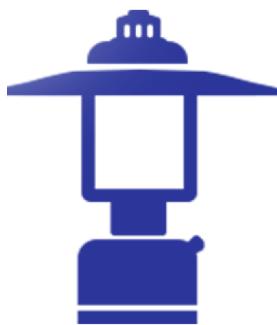


MEDICIÓN DEL GRADO DE ACIDEZ EN VINAGRE COMERCIAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL PROCESO DE TITULACIÓN ÁCIDO-BASE



MEASUREMENT OF ACIDITY IN COMMERCIAL VINEGAR AS A DIDACTIC STRATEGY FOR TEACHING THE ACID-BASE TITRATION PROCESS

Sedolfo Carrasquero-Ferrer¹

E-mail: scarrasquero@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4725-963X>

Mariuxi Tapia-Narváez¹

E-mail: mtapia.est@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2680-3453>

Camila Álvarez-Figueroa¹

E-mail: calvarez.est@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1465-5727>

Alexis Bejarano-Villamar¹

E-mail: abejarano@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1651-9275>

¹Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. Ecuador

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Carrasquero-Ferrer, S., Tapia-Narváez, M., Álvarez-Figueroa, C., y Bejarano-Villamar, A. (2025). Medición del grado de acidez en vinagre comercial como estrategia didáctica para la enseñanza del proceso de titulación ácido-base. *Revista Conrado*, 21(102), e4742.

RESUMEN

El vinagre es un producto de consumo cotidiano cuya calidad depende de su grado de acidez, determinado por la concentración de ácido acético. Este estudio abordó la necesidad de aplicar estrategias didácticas que permitan a los estudiantes de química vincular la teoría ácido-base con contextos reales. El objetivo fue evaluar la acidez de vinagres comerciales mediante titulación, integrando este procedimiento como recurso pedagógico para desarrollar competencias analíticas y experimentales. Se analizaron 12 marcas de vinagre blanco disponibles en Guayaquil, Ecuador, midiendo parámetros fisicoquímicos como pH, densidad y acidez total. Los resultados fueron sometidos a estadística descriptiva, pruebas de normalidad, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias. Además, se aplicó un cuestionario para medir la percepción estudiantil sobre la experiencia. Los hallazgos evidenciaron diferencias significativas en la acidez, con valores entre 2,94% y 4,98% m/m, identificándose dos marcas fuera del rango recomendado (4–6%). El pH osciló entre 2,14 y 2,98 unidades, mientras que la densidad mostró una baja variabilidad (1,0036–1,0049 g/mL). Más del 80% de los estudiantes valoró positivamente la sesión de laboratorio. En conclusión, la titulación de vinagres comerciales se confirma como una estrategia eficaz para enseñar química, al integrar teoría y práctica con aplicaciones reales.

Palabras clave:

Vinagre comercial, titulación ácida-base, acidez total, estrategia didáctica, enseñanza de química

ABSTRACT

Vinegar is a product of daily consumption whose quality depends on its degree of acidity, determined by the concentration of acetic acid. This study addressed the need to apply didactic strategies that enable chemistry students to link acid-base theory with real-life contexts. The objective was to evaluate the acidity of commercial vinegars through titration, integrating this procedure as a pedagogical resource to develop analytical and experimental skills. Twelve brands of white vinegar available in Guayaquil, Ecuador, were analyzed, measuring physicochemical parameters as pH, density, and total acidity. The results were subjected to descriptive statistics, normality tests, analysis of variance, and mean comparison tests. The findings showed significant differences in acidity, with values ranging from 2.94% to 4.98% m/m, identifying two brands outside the recommended range (4–6%). The pH ranged from 2.14 to 2.98 units, while density showed low variability (1.0036–1.0049 g/mL). More than 80% of the students evaluated the practice positively. In conclusion, the titration of commercial vinegars is confirmed as an effective strategy for teaching chemistry, as it integrates theory and practice with real applications.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

Vol 21 | No.102 | enero-ferbrero | 2025
Publicación continua
e4742



Keywords:

Commercial vinegar, acid-base titration, total acidity, didactic strategy, chemistry teaching

INTRODUCCIÓN

El vinagre ha experimentado un creciente interés como producto de consumo, impulsado por sus reconocidos beneficios para la salud. Este alimento, rico en minerales, vitaminas y probióticos, se considera funcional debido a sus múltiples propiedades. Entre ellas destacan su capacidad para mejorar la absorción de minerales, fortalecer el sistema inmunitario, estimular la actividad de los macrófagos, optimizar la inmunidad gastrointestinal y contribuir a la prevención de infecciones. Asimismo, favorece el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino, inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos y reduce la probabilidad de infecciones intestinales. Otra de sus funciones relevantes es la capacidad de adsorber toxinas en el tracto gastrointestinal, protegiendo la salud digestiva (Luzón et al., 2021; Ousaaid et al., 2021; Boondaeng et al., 2025).

La fabricación de vinagre implica un proceso de fermentación de sustratos ricos en azúcar o almidón mediante bacterias acéticas, que convierten el etanol en ácido acético (Chen et al., 2023). La técnica de fermentación se ha implementado debido a sus bajos costos operativos y grandes rendimientos de componentes nutritivos, incluidos aminoácidos, ácidos orgánicos y productos químicos volátiles, que imparten un sabor distintivo al vinagre (Xu et al., 2011)

El proceso comprende dos etapas secuenciales: la fermentación alcohólica y luego, la acética. La primera implica la conversión de azúcares fermentables en etanol por acción de las levaduras (Ecuación 1), principalmente especies de *Saccharomyces*, seguido de la oxidación del etanol (Ecuación 2), por bacterias del ácido acético (BAA) (Luzón et al., 2021). Las BAA son reconocidas como microorganismos altamente adaptables de gran importancia biotecnológica, su clasificación identifica dos géneros principales: *Acetobacter* y *Gluconobacter*; sin embargo, hasta la fecha, se reconocen hasta 47 géneros dentro de la familia Acetobacteraceae (Hordt et al., 2020). Las especies de *Acetobacter* y *Komagataeibacter* suelen ser los principales agentes de acetificación debido a sus capacidades oxidativas superiores (Román et al., 2020)



Originalmente, el vinagre se elaboraba a partir de vinos que, debido a deficiencias en su calidad final, no podían

ser comercializados. Desde sus orígenes, se concibió como una alternativa para aprovechar subproductos o residuos generados en la producción vinícola. Este principio de valorización de recursos ha permitido, con el tiempo, extender su elaboración a partir de otras materias primas distintas, incorporando subproductos de diversas industrias, como mermas de cerveza o pulpas y cáscaras de múltiples frutas, con el fin de maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles (Rodríguez et al. 2025; Watson y Brito, 2022). En este sentido, cualquier sustrato con contenido significativo de azúcares o almidones puede servir como base para la producción de vinagres.

Es fundamental comprender el proceso de fermentación, las ventajas nutricionales del vinagre resultante y las complejas interacciones bioquímicas que intervienen en su formación (Emwas et al., 2021). Asimismo, conocer la calidad del producto final resulta esencial, lo que implica no solo evaluar sus características organolépticas, sino también determinar parámetros fisicoquímicos clave, como el grado de acidez, el contenido de sólidos solubles, el pH y la presencia de compuestos bioactivos (Malca et al. 2020). Estas mediciones, aplicadas tanto en vinagres artesanales como comerciales, permiten garantizar su conformidad con estándares regulatorios, optimizar su valor nutricional y asegurar su estabilidad y aceptación en el mercado.

El grado de acidez del vinagre es uno de los principales indicadores de su calidad y autenticidad, ya que se relaciona directamente con la concentración de ácido acético presente en la solución. Este parámetro no solo influye en las propiedades organolépticas, sabor, aroma y sensación en boca, sino también en su capacidad antimicrobiana y en su estabilidad durante el almacenamiento.

El vinagre, al igual que cualquier otro alimento, debe ajustarse a parámetros de calidad definidos por normativas nacionales e internacionales que regulan su fabricación, distribución y comercialización. Dichos requisitos buscan asegurar la calidad en todas las etapas, producción, venta y consumo, así como detectar posibles adulteraciones durante su elaboración. En este sentido, su fabricación puede verse alterada por la incorporación de ácido acético, utilizada en ocasiones para reducir los costos de producción (Dotel et al., 2019)

En Ecuador, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2296 (2013) establece los requisitos que deben cumplir todo tipo de vinagre envasado y destinado al consumo humano, derivados del proceso de doble fermentación

alcohólica y acética. Los valores de acidez total deben situarse entre un mínimo de 4 % y un máximo de 6 % m/v, conforme a los métodos establecidos por la AOAC (AOAC, 1990).

La determinación del grado de acidez se realiza mediante una titulación ácido-base, un procedimiento analítico ampliamente aceptado y de fácil implementación en entornos educativos, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para ilustrar conceptos fundamentales de química. Además, el vinagre comercial, compuesto principalmente por una solución acuosa de ácido acético, constituye una muestra idónea para la enseñanza de este procedimiento. Su disponibilidad, bajo riesgo de manipulación y relevancia en el contexto alimentario facilitan su incorporación en actividades didácticas que vinculan la química con situaciones cotidianas. En la titulación se utiliza una base fuerte, el hidróxido de sodio (NaOH), lo que permite reforzar no solo competencias técnicas como la preparación de soluciones y la lectura de buretas, sino que también promueve la interpretación crítica de resultados al contrastarlos con la información declarada por el fabricante (Castro y López, 2025).

La enseñanza de la química en educación superior enfrenta el desafío de integrar de manera efectiva los conceptos teóricos con experiencias prácticas que fortalezcan la comprensión y el pensamiento crítico del estudiante. Diversos estudios han señalado que el aprendizaje basado en experiencias auténticas, especialmente aquellas que conectan los contenidos curriculares con ejemplos del entorno inmediato, incrementa la motivación, la retención de conocimientos y la capacidad de transferirlos a nuevos contextos. En este marco, la medición de la acidez en vinagre comercial se presenta como una estrategia pedagógica eficaz para abordar el proceso de titulación ácido-base, favoreciendo el desarrollo de destrezas analíticas, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia experimental.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la acidez en vinagres comerciales mediante titulación ácido-base como estrategia para fortalecer competencias científicas y habilidades experimentales en estudiantes de química.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestro de marcas de vinagre de uso doméstico

La investigación se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple, seleccionando doce (12) marcas de vinagre de alcohol de uso doméstico disponibles en Guayaquil, Ecuador (Tabla 1). La selección de las muestras se realizó sin considerar el volumen de presentación ni el tipo de envase. Los productos fueron adquiridos en diferentes establecimientos comerciales de la ciudad. Posteriormente, las muestras fueron transportadas al laboratorio, donde se almacenaron en un lugar seco y a temperatura ambiente hasta su análisis. Para preservar la confidencialidad de las marcas comerciales, cada muestra fue identificada mediante un código alfanumérico compuesto por una letra mayúscula y un número.

Tabla 1. Características de las muestras de vinagre según lugar de venta, tipo de envase, variedad y rotulación nutricional

Muestra	Lugar de venta/colecta	Tipo de envase	Tipo de vinagre	Información nutricional rotulada
M1	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M2	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M3	Mercado municipal	Plástico	Blanco	Si
M4	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M5	Supermercado	Vidrio	Blanco	Si
M6	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M7	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M8	Tienda de especialidad	Plástico	Blanco	Si
M9	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M10	Mercado artesanal	Plástico	Blanco	Si
M11	Supermercado	Plástico	Blanco	Si
M12	Supermercado	Vidrio	Blanco	Si

Fuente: Elaboración de autores

Parámetros fisicoquímicos medidos

pH

El pH se midió aplicando el método estándar AOAC 981.12 (1982) utilizando un pH-metro (Hach, China) con un error de medición de $\text{pH} \pm 0,01$. Las muestras fueron acondicionadas a temperatura ambiente y agitadas de forma suave, evitando la formación de burbujas. Posteriormente, se dispusieron tres (3) vasos de precipitado de 100 mL, debidamente rotulados, en cada uno de los cuales se incorporaron 70 mL de la muestra correspondiente. El electrodo del instrumento de medición se sumergió en cada vaso y se dejó estabilizar antes de registrar la lectura. El procedimiento se repitió tres veces, enjuagando el electrodo entre mediciones para prevenir la contaminación cruzada entre muestras.

Densidad

Se determinó mediante el uso de un picnómetro (Novachem, Ecuador), realizando mediciones por triplicado y aplicando un blanco con agua destilada. Los resultados permitieron calcular el valor promedio y la desviación estándar para cada réplica.

Grado de Acidez

Se aplicó el procedimiento sugerido por Castro y López (2025), quienes recomiendan la preparación de 500 mL de disolución de NaOH con concentración cercana a 0,1 mol/L y su estandarización empleando hidrogenoftalato de potasio (KHP) como patrón primario. Se empleó una bureta de vidrio de 50 mL, la cual se llenó hasta la marca cero con la disolución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH). A continuación, se dispusieron cuatro matraces Erlenmeyer de 250 mL, debidamente identificados, y en cada uno se transfirió, mediante pipeta volumétrica de 5,0 mL, una alícuota de vinagre. Posteriormente, se añadieron 100 mL de agua destilada y unas gotas de fenolftaleína al 1 %, agitando suavemente para homogenizar.

La titulación se llevó a cabo agregando gradualmente el titulante, con agitación constante, hasta observar un viraje estable del indicador, de incoloro a rosa pálido durante al menos 30 segundos, lo que marcó el punto final de la reacción. El volumen consumido se determinó leyendo el menisco a la altura de los ojos.

Para cada réplica se efectuaron los cálculos correspondientes, determinándose el valor promedio y la desviación estándar. A partir del volumen de titulante consumido en el punto de equivalencia, se estimó la cantidad de moles de NaOH presentes, la cual es estequiométricamente equivalente al número de moles de ácido acético (CH_3COOH) en la muestra, de acuerdo con la Ecuación 3.

$$n\text{NaOH} = M\text{NaOH} * V\text{NaOH} = n\text{CH}_3\text{COOH} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

nNaOH: Moles de hidróxido de sodio

MNaOH: Molaridad de la disolución de hidróxido de sodio estandarizada.

VNaOH: Volumen de hidróxido de sodio gastado en la valoración.

nCH₃COOH: Moles de ácido acético.

Seguidamente, se calculó la masa de ácido acético ($m\text{ CH}_3\text{COOH}$) presente en la muestra, según la Ecuación 4,

$$m\text{CH}_3\text{COOH} = n\text{CH}_3\text{COOH} * M\text{CH}_3\text{COOH} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

mCH₃COOH: masa de ácido acético

nCH₃COOH: Moles de ácido acético

MCH₃COOH: Masa molar CH_3COOH (60,052 g/mol).

Finalmente, se calculó la acidez total (%*m/m*), según la Ecuación 5:

$$\% \text{ Acidez (m/m)} = \frac{m \text{ CH}_3\text{COOH}}{m \text{ muestra}} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

$m \text{CH}_3\text{COOH}$: Masa de ácido acético en gramos.

m muestra: masa de la muestra de vinagre en gramos.

La masa de muestra de vinagre se determinó mediante la Ecuación 6:

$$m \text{ muestra} = V \text{ muestra} * \rho \text{ muestra} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

V muestra: Volumen de muestra en mL.

ρ muestra: Densidad de la muestra en g/mL

Medición de las percepción y conocimiento adquiridos por parte de los estudiantes

La investigación involucró a 30 estudiantes de la asignatura de Química, pertenecientes al primer semestre de las Facultades de Ciencias de la Salud y de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Ecuador. Se midió la percepción de los estudiantes sobre la actividad de laboratorio adaptando los cuestionarios realizados por (Carrasquero et al., 2025), con 10 preguntas dicotómicas precisas y específicas. El cuestionario fue validado a través de la técnica de juicio de expertos.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos para grado de acidez (% m/m de ácido acético), pH y densidad ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) en las 12 muestras de vinagre fueron analizados estadísticamente considerando las tres repeticiones independientes de cada medición. Para cada parámetro se calcularon estadísticos descriptivos: media aritmética, desviación estándar, y coeficiente de variación.

La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar diferencias significativas de la acidez entre las marcas, seguido de la prueba post-hoc de Tukey para comparaciones múltiples.

Todos los análisis se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics (versión 29), con un nivel de significancia estadística establecido en $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 presenta los resultados de las mediciones de acidez realizadas en doce marcas comerciales de vinagre blanco, evaluadas en tres repeticiones independientes para cada muestra. Se reportan el valor promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación (CV), el intervalo de confianza al 95% (IC 95%), así como los valores mínimo y máximo registrados. Estos parámetros permiten analizar la variabilidad intra-marca y determinar el grado de cumplimiento de los valores de acidez establecidos por la normativa vigente para este tipo de producto.

Tabla 2. Mediciones de acidez para las doce marcas de vinagre blanco

Marca	n	Promedio	Desv. Est.	CV (%)	IC 95%	Min	Max
M1	3	4,04	0,020	0,50	3,95–4,13	4,00	4,07
M2	3	4,12	0,04	0,97	3,92–4,31	4,03	4,18
M3	3	4,66	0,07	1,50	4,36–4,96	4,55	4,79

M4	3	2,94	0,12	4,08	2,64-3,24	2,83	3,07
M5	3	4,31	0,18	4,18	3,86-4,77	4,15	4,51
M6	3	4,61	0,20	4,34	4,10-5,10	4,41	4,81
M7	3	3,51	0,06	1,71	3,36-3,66	3,45	3,57
M8	3	4,23	0,08	1,89	4,04-4,41	4,14	4,27
M9	3	4,98	0,07	1,41	4,78-5,16	4,89	5,03
M10	3	4,36	0,11	2,52	4,15-4,57	4,27	4,42
M11	3	4,71	0,17	3,61	4,44-4,98	4,43	4,76
M12	3	4,61	0,16	3,47	4,19-4,44	4,45	4,77

n: número de repeticiones

Fuente: Elaboración de autores

El análisis de los resultados obtenidos para las doce muestras de vinagre blanco comercial evidencia diferencias notables en el contenido de acidez, con valores promedio que oscilan entre 2,94 % m/m (M4) y 4,98 % m/m (M9). La mayoría de las marcas se sitúan dentro del rango comercial recomendado (4-6% m/m), excepto M4 (2,94 %) y M7 (3,51 %), cuyos valores son considerablemente inferiores, lo que podría implicar un incumplimiento de la normativa de calidad y afectar sus propiedades organolépticas y de conservación. La insuficiencia de azúcar en la fermentación puede ser un factor que genere una baja producción de ácido acético, ya que muchos agricultores no tienen el hábito de corregir el contenido de azúcar como materia prima para la elaboración del vinagre, ya que la materia prima de partida para la fermentación acética presentará un bajo contenido alcohólico y, en consecuencia, un bajo contenido de acidez De Souza et al. (2021).

La baja producción de ácido acético también puede ocurrir debido a la conversión inadecuada de etanol en acetaldehído o a la indisponibilidad de microorganismos involucrados en el mecanismo de fermentación durante la producción del vinagre (Viroli et al., 2021).

El coeficiente de variación (CV %) fue bajo en la mayoría de las muestras (<5 %), lo que indica una buena consistencia en las mediciones, con desviaciones estándar que oscilaron entre 0,02 y 0,20 % m/m. Los intervalos de confianza al 95 % confirman que las diferencias observadas son estadísticamente consistentes. Este comportamiento fue corroborado por el análisis de varianza (ANOVA), que mostró diferencias significativas entre marcas ($F = 65,832$; $p < 0,001$), lo que resalta la heterogeneidad del mercado en cuanto a la acidez de los vinagres disponibles (Tabla 3).

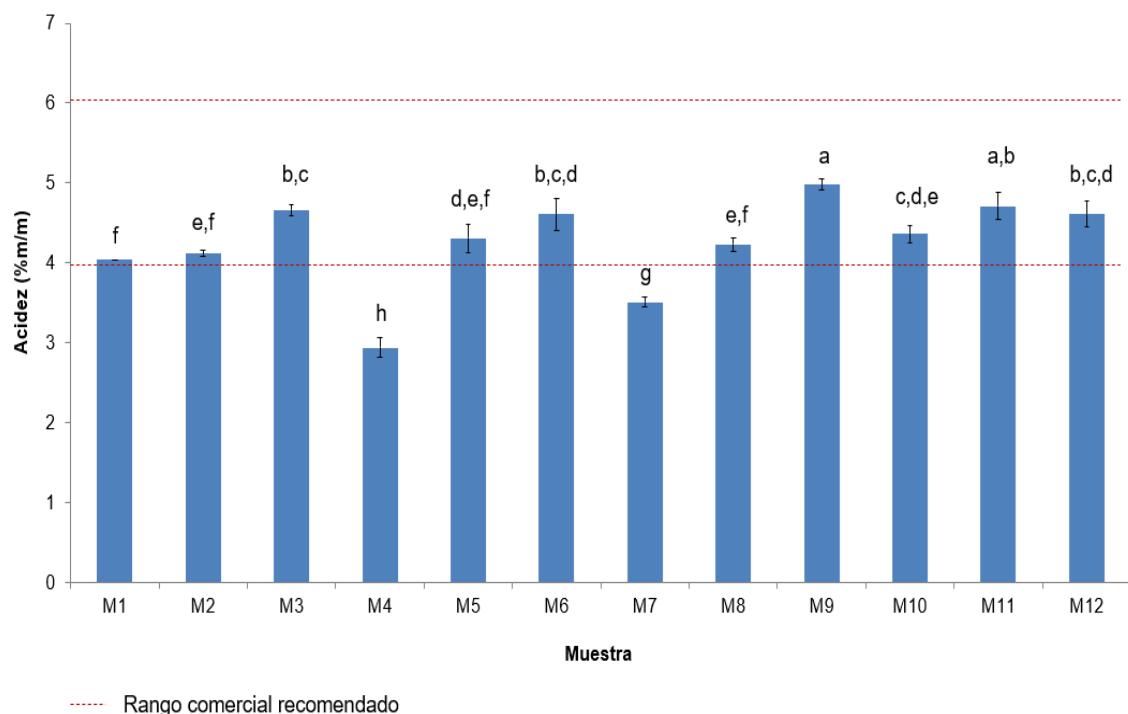
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de acidez en vinagres blancos comerciales.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10,489	11	0,954	65,832	0,000
Dentro de grupos	0,348	24	0,014		
Total	10,837	35			

Fuente: Elaboración de autores

La Figura 1 muestra la comparación de los valores de acidez (% m/m) para las doce marcas de vinagre blanco evaluadas, incluyendo las letras indicadoras del análisis de comparación múltiple (prueba de Tukey, $p < 0,05$). Los resultados obtenidos son consistentes con los reportados por Vera et al. (2020), quienes hallaron concentraciones de ácido acético entre 3,54 % y 5,06 % en seis marcas comerciales analizadas en Ecuador, así como con lo descrito por De Souza et al. (2021), que documentaron valores comprendidos entre 3,08 % y 4,57 % en vinagres de distintas procedencias.

Fig. 1: Valores medios de acidez (% m/m) en doce marcas comerciales de vinagre blanco



Fuente: Elaboración de autores

La Figura 1 muestra los valores medios de acidez (% m/m) en doce marcas comerciales de vinagre blanco, con barras de error que representan la desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas entre muestras según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). La línea punteada roja señala el límite inferior y superior del rango comercial recomendado.

Al comparar los valores de acidez obtenidos en el presente estudio con otros reportados por investigaciones previas, se observa que la mayoría de las muestras analizadas presentan concentraciones de ácido acético dentro del rango de García et al. (2019), donde las marcas evaluadas oscilaron entre 3,6 % y 4,7% m/m. De igual manera, Lima et al. (2022) reportaron marcas con desviaciones significativas respecto a la normativa.

Las diferencias en los promedios y coeficientes de variación sugieren que factores como el tipo de envase, los procesos de producción y las condiciones de almacenamiento podrían influir en la estabilidad del contenido ácido. Esta comparación refuerza la necesidad de un control de calidad más estricto y de evaluaciones periódicas que garanticen la conformidad del producto con los estándares establecidos.

Los valores de pH obtenidos en las 12 marcas muestran una variación entre 2,14 y 2,98 unidades (Tabla 3), lo cual es consistente con los rangos típicos reportados para vinagres alimenticios (2,0 – 3,5), asociados principalmente a la concentración de ácido acético y la presencia de ácidos secundarios (Solieri y Giudici, 2009). La dispersión relativa evaluada a través del coeficiente de variación (CV%) fue baja en la mayoría de las muestras (0,07% – 1,61%), indicando alta reproducibilidad en las mediciones instrumentales y estabilidad de la matriz ácida.

Tabla 3. Valores de pH para las 12 marcas comerciales

Marca	n	Promedio	Desv. Est.	CV (%)
M1	3	2,77	0,02	0,72
M2	3	2,45	0,02	0,82
M3	3	2,43	0,02	0,82

M4	3	2,63	0,02	0,76
M5	3	2,48	0,02	0,81
M6	3	2,64	0,03	1,14
M7	3	2,98	0,02	0,67
M8	3	2,54	0,01	0,39
M9	3	2,71	0,01	0,07
M10	3	2,48	0,04	1,61
M11	3	2,17	0,03	1,38
M12	3	2,14	0,03	1,40

n: número de repeticiones. Desv. Est.: Desviación Estándar.

Fuente: Elaboración de autores

En particular, M9 (pH 2,71; CV 0,07%) mostró la menor variabilidad, mientras que M10 (pH 2,48; CV 1,61%), junto con M11 y M12, presentaron la mayor dispersión, aunque dentro de límites aceptables (<2%). Esto sugiere que algunas marcas logran una mejor homogeneización en su proceso de fermentación y formulación, mientras que otras exhiben ligeras inconsistencias.

El pH en vinagres comerciales ha sido ampliamente documentado. Al respecto, Cosmulescu et al. (2012) reportaron valores entre 2,43 y 2,86 en vinagres artesanales rumanos con variaciones atribuibles al tipo de sustrato inicial y al control de fermentación. Otros autores han reportado rangos como: 3,18–3,83 (Ousaaid et al., 2022), 2,71–3,56 (Ozturk et al., 2015; Cantadori et al. 2022), y 2,91–3,20 (Sung et al. 2014). Investigaciones recientes en vinagres balsámicos señalan que pH menores a 2,6 suelen correlacionarse con mayor contenido de ácidos orgánicos secundarios, mientras que pH más cercanos a 3,0 están vinculados a procesos de neutralización parcial o mezclas con vinagres industriales (Zhang et al., 2021).

La baja variabilidad encontrada confirma que el pH es un parámetro confiable para el control de calidad de vinagres, y que su medición puede servir como criterio complementario a la acidez titulable. Además, la identificación de marcas con mayor dispersión puede orientar a la industria a reforzar protocolos de fermentación, homogeneización y almacenamiento para garantizar un producto más uniforme.

Los valores de densidad de las 12 marcas evaluadas se ubicaron entre 1,0036 y 1,0049 g/mL (Tabla 4), con coeficientes de variación bajos (0,01%–0,06%). Este hallazgo confirma que la densidad es un parámetro altamente reproducible y estable en las mediciones experimentales realizadas. Las marcas M7 y M9 destacaron por presentar la menor variabilidad (CV 0,01%), mientras que M12 mostró el valor más elevado (CV 0,06%), aunque todavía dentro de límites que pueden considerarse insignificantes en términos analíticos.

Estos resultados son coherentes con lo esperado para vinagres comerciales, cuya densidad se reporta habitualmente entre 1,003 y 1,010 g/mL (Solieri y Giudici, 2009), dependiendo de la concentración de sólidos disueltos, principalmente ácido acético, azúcares residuales y compuestos minerales.

En estudios realizados por Castro y López (2025) en vinagres artesanales ecuatorianos, los valores de densidad oscilaron entre 1,0043 y 1,0076 g/mL, con mayor variabilidad atribuida a la presencia de azúcares residuales no fermentados, el sustrato inicial y el grado de fermentación alcohólica y acética.

Tabla 4: Valores de densidad (g/mL) para las 12 marcas comerciales

Marca	n	Promedio	Desv. Est.	CV (%)
M1	3	1,0036	0,0002	0,0199
M2	3	1,0039	0,0002	0,0199
M3	3	1,0040	0,0002	0,0199
M4	3	1,0043	0,0004	0,0398
M5	3	1,0045	0,0003	0,0299
M6	3	1,0048	0,0002	0,0199

M7	3	1,0049	0,0001	0,0100
M8	3	1,0047	0,0003	0,0299
M9	3	1,0048	0,0001	0,0100
M10	3	1,0049	0,0005	0,0498
M11	3	1,0048	0,0002	0,0199
M12	3	1,0044	0,0006	0,0597

Fuente: Elaboración de autores

La Figura 2 muestra la percepción estudiantil sobre la estrategia didáctica basada en la determinación del grado de acidez en vinagres comerciales mediante titulación ácido–base. Los resultados evidencian una tendencia altamente positiva en todos los ítems evaluados, con una mayoría de respuestas afirmativas que superan en la mayoría de los casos el 80% de aceptación.

En primer lugar, se observa que la experiencia práctica tuvo un fuerte impacto motivacional y formativo. Más del 90% de los participantes manifestaron que incrementaron su interés por aplicaciones de la titulación ácido–base en alimentos y bebidas, lo cual resalta la pertinencia de utilizar materiales de la vida cotidiana como recurso pedagógico. Asimismo, se evidenció que trabajar con vinagre comercial resultó accesible y motivador para comprender el proceso de titulación, favoreciendo la transferencia del conocimiento a contextos reales y próximos a la experiencia diaria de los estudiantes.

Fig. 2: Percepción de los estudiantes en cuanto al proceso de aprendizaje del proceso de titulación ácido base



Fuente: Elaboración de autores

En el plano cognitivo, los resultados reflejan que la práctica permitió comprender el cálculo e interpretación del porcentaje de acidez en función de criterios normativos, reforzando la capacidad analítica de los estudiantes. La comparación entre la acidez experimental y la declarada en las etiquetas de los productos sensibilizó a los participantes sobre el control de calidad en alimentos, conectando la enseñanza de la química analítica con la seguridad alimentaria y la regulación normativa.

Por otro lado, desde una dimensión formativa, la estrategia fortaleció de manera significativa las habilidades instrumentales en el manejo de bureta, pipeta e indicadores ácido-base, un aspecto fundamental para el entrenamiento en técnicas de laboratorio. El alto nivel de aceptación también sugiere que el trabajo colaborativo durante la práctica favoreció el aprendizaje, lo que enfatiza el valor del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las ciencias experimentales.

En términos de impacto social y formativo, los estudiantes reconocieron que esta experiencia didáctica les permitió relacionar la teoría de neutralización con situaciones de la vida cotidiana, además de visibilizar la utilidad social y económica de la química analítica. Esto posiciona a la estrategia no solo como un mecanismo de enseñanza de conceptos teóricos, sino también como una herramienta para fomentar la conciencia crítica sobre la calidad de los alimentos y la responsabilidad social vinculada a la ciencia.

CONCLUSIONES

La mayoría de las muestras cumplen con parámetros de calidad aceptables; sin embargo, la acidez total se presentó como el factor crítico de control, siendo el principal criterio para diferenciar y evaluar la conformidad normativa del vinagre comercial. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre marcas, destacando que 2 de las 12 muestras (16,7%) se encontraron fuera del rango normativo ecuatoriano (4–6%), lo que implica

Los valores de pH oscilaron entre 2,14 y 2,98, lo que refleja la alta acidez característica del vinagre y la estabilidad del producto en cuanto a su naturaleza ácida. Esta estrecha variación, confirmada con baja dispersión estadística, indica homogeneidad entre las marcas evaluadas en términos de pH.

La estrategia basada en la titulación de vinagres comerciales es altamente efectiva para motivar, formar y sensibilizar a los estudiantes, la amplia aceptación de la experiencia confirma su valor como recurso didáctico innovador, con capacidad de integrar conocimientos teóricos, habilidades prácticas y reflexiones sociales en torno a la química aplicada. Estos hallazgos respaldan la pertinencia de promover este tipo de prácticas contextualizadas en programas de educación en ciencias, contribuyendo a la mejora de la enseñanza de la química analítica en escenarios formales de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Analytical Chemists. (1990). AOAC Official Method 942.15: Acidity (as acetic acid) in vinegar (titration). In *Official Methods of Analysis* (15th ed., pp. 36–37). AOAC International.
- Association of Official Analytical Chemists. (1982). AOAC Official Method 981.12: pH of acidified foods. In *Official methods of analysis* (15th ed., pp. 42–43). Association of Official Analytical Collaboration.
- Boondaeng, A., Trakunjae, C., & Niyomvong, N. (2025). Optimization of Agave-Based Pineapple Vinegar Fermentation through Sequential Fermentation and Chemical Characterization. *Applied Food Research*, 5(Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100826>
- Cantadori, E., Brugnoli, M., Centola, M., Uffredi, E., Colonnello, A., & Gullo, M. (2022). Date Fruits as Raw Material for Vinegar and Non-Alcoholic Fermented Beverages. *Foods*, 11(13), 1972. <https://doi.org/10.3390/foods11131972>
- Carrasquero-Ferrer, S., Salvatierra Castro, C., Caguana Parrales, I., y Barragan Ortega, A. (2025). Aprendizaje experiencial de la fermentación láctica a través de la producción de yogur mediante el método semidirecto. *Revista Conrado*, 21(105), e4518. Recuperado a partir de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/4518>
- Castro, J. y López, N. (2025). Evaluación de la calidad de vinagres de alcohol de uso doméstico. *Riqchary: Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.57166/riqchary/v7.n1.2025.128>
- Chen, G., Zheng, F., Lin, B., Yang, Y., Fang, X., Verma, K. K., & Yang, L. (2023). Vinegar: A potential source of healthy and functional food with special reference to sugarcane vinegar. *Frontiers In Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1145862>
- Cosmulescu, S., Stoenescu, A., Trandafir, I., & Tuțulescu, F. (2022). Comparison of Chemical Properties between Traditional and Commercial Vinegar. *Horticulturae*, 8(3), 225. <https://doi.org/10.3390/horticultrae8030225>
- De Souza, N., Pereira, L., & De Souza, G. (2021). Controle de qualidade de vinagres comercializados em Manaus. *Research Society and Development*, 10(15), e146101523054. <https://doi.org/10.33448/rsd.v10i15.23054>
- Dotel, S., Pozo, P., Boluda, C., y Rodríguez, Y. (2019). Evaluación de la acidez en vinagres comercializados en la República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 2(2), 43-52. <https://doi.org/10.22206/cac.2019.v2i2.pp43-52>
- Emwas, A., Roy, R., McKay, R., Tenori, L., Saccenti, E., Gowda, G., Raftery, D., Alahmari, F., Jaremko, L., Jaremko, M., & Wishart, D. (2019). NMR Spectroscopy for Metabolomics Research. *Metabolites*, 9(7), 123. <https://doi.org/10.3390/metabo9070123>

- García, K., Oliveira, D., y Goncalvez,V. (2019). Teor de ácido acético em vinagres comercializados em Ouro Petro do Oeste-ro. *Inter-American Journal of Development and Research*, 2(1), 11-23. <https://doi.org/10.32916/iadjr.v2i1.72>.
- Hördt, A., López, M., Meier-Kolthoff, J., Schleuning, M., Weinhold, L., Tindall, B. J., Gronow, S., Kyrpides, N. C., Woyke, T., & Göker, M. (2020). Analysis of 1,000+ Type-Strain Genomes Substantially Improves Taxonomic Classification of Alphaproteobacteria. *Frontiers In Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00468>
- Lima, T., Cappobianco, L., Muslera, V., Coelho, T., Viana, A., De Souza, P., Paulino, F., Oliveira, L. A., De Castro, A., & Da Silva, R. (2020). Análise comparativa do teor de diferentes marcas de vinagres comercializadas no Brasil frente ao especificado no rótulo. *Revista Brasileira de Ciências Biomédicas*, 1(3), 134-141. <https://doi.org/10.46675/rbcbm.v1i3.32>
- Luzón, L., Castro, R., & Durán, E. (2021). Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. *Foods*, 10(5), 945. <https://doi.org/10.3390/foods10050945>
- Malca, J., Uceda, E., Diaz, R., y Rodríguez, L. (2020). Análisis de la concentración de ácido acético de seis marcas de vinagre de manzana. *Medicina Naturista*, 14(2), 79–83. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7138978>
- Ousaaid, D., Mechchate, H., Laaroussi, H., Hano, C., Bakour, M., Ghouizi, A. E., Conte, R., Lyoussi, B., & Arabi, I. (2021). Fruits Vinegar: Quality Characteristics, Phytochemistry, and Functionalities. *Molecules*, 27(1), 222. <https://doi.org/10.3390/molecules27010222>
- Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., & Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT*, 63(1), 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.003>
- Rodríguez, K., Caiza, P., y Guijarro, M. (2025). Evaluación de parámetros de calidad en vinagre artesanal de frutas tropicales. *Revista de Investigaciones en Ciencias Humanas y Ambientales Ripchary*, 7(1), 128–140. <https://doi.org/10.57166/ripchary.v7n1.2025.128>
- Román, J., Santos, I., García, I., Moreno, J., García, T., & Mauricio, J. (2020). Metaproteomics of microbiota involved in submerged culture production of alcohol wine vinegar: A first approach. *International Journal of Food Microbiology*, 333, 108797. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108797>
- Solieri, L. & Giudici, P. (2009). *Vinegars of the World*. Springer Milano. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-0866-3>
- Sung, N., Woo, S., Kwon, J., Yeo, S., & Jeong, Y. (2014). Quality Characteristics of High Acidity Apple Vinegar Manufactured Using Two Stage Fermentation. *Journal of The Korean Society Of Food Science And Nutrition*, 43(6), 877-883. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.6.877>
- Vera, J., Cedeño, N., y Mera, S. (2020). Elaboración de vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao criollo (theobroma cacao l.). *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 3(6), 2-13. Recuperado a partir de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/4>
- Viroli, S. L. M., Viroli, S. G., Carvalho, N. P., Alves, T. T., Leite, L. T., Sousa, Y. P., Da Silva Bernardi, D. P., Araújo, T. L., Lança, A. C., & De Paula E Silva, F. (2021). Caracterização do vinagre artesanal produzido com casca de maçã. *Research Society And Development*, 10(9), e1110917865. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17865>
- Xu, W., Huang, Z., Zhang, X., Li, Q., Lu, Z., Shi, J., Xu, Z., & Ma, Y. (2011). Monitoring the microbial community during solid-state acetic acid fermentation of Zhenjiang aromatic vinegar. *Food Microbiology*, 28(6), 1175-1181. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.03.011>
- Watson, D. y Brito, G. (2022). Elaboración y evaluación de aceptabilidad sensorial de vinagre obtenido a partir de mermas de cerveza tipo Blonde. *ReDSal*, 1(2), 38–46. <https://doi.org/10.54789/rs.v1i2.13>
- Zhang, Y., Ding, X., & Li, M. (2021). Preparation, characterization and in vitro stability of iron-chelating peptides from mung beans. *Food Chemistry*, 349, 129101. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129101>