

## Enseñanza de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites para ingeniería de alimentos: implementación de trabajos prácticos de laboratorio

### Teaching physicochemical quality parameters in oils for food engineering: implementation of practical laboratory work

Samuel David Vargas-Neira<sup>1</sup>  
Rodrigo Rodríguez-Cepeda<sup>2</sup>

**Recibido:** abril 12 de 2023  
**Aceptado:** junio 28 de 2023

#### Resumen

El presente artículo muestra los resultados de una intervención didáctica piloto, en la cual se diseñaron e implementaron algunos Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) contextualizados, con el propósito de evaluar su incidencia en el aprendizaje significativo de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites comestibles. La intervención se realizó con un grupo de 14 estudiantes de ingeniería de alimentos, donde se analizaron las respuestas de los estudiantes a cuestionarios inicial y final, además de informes de trabajo práctico, desde un enfoque cualitativo. Se identificó que el diseño e implementación de TPL favorecen el aprendizaje significativo de los conceptos químicos asociados a la calidad de los aceites en los ingenieros en formación. En este sentido, los TPL fomentan criterios para evaluar la calidad de un producto en cuanto a aceptación o rechazo, lo cual permite desarrollar habilidades para la toma de decisiones.

**Palabras clave:** formación de ingenieros, aprendizaje significativo, trabajo práctico, laboratorio.

#### Abstract

This article shows the results of a pilot didactic intervention, in which some contextualized Practical Laboratory Work (PLW) were designed and implemented, with the purpose of evaluating its impact on the significant learning of quality physicochemical parameters in edible oils. The intervention was carried out with a group of 14 food engineering students, where the students' responses to initial and final questionnaires, as well as practical work reports, were analyzed from a qualitative approach. It was identified that the design and implementation of PLW favors the significant learning of chemical concepts associated with the quality of oils in engineers in training. In this sense, the PLW promote criteria to evaluate the quality of a product in terms of acceptance or rejection, which allows the development of decision-making skills.

**Keywords:** engineer training, meaningful learning, practical work, laboratory.

1 Licenciado en Química, Magíster en Docencia de la Química, Secretaría de Educación, Bogotá, Colombia. E-mail: [svargas85@uan.edu.co](mailto:svargas85@uan.edu.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5952-3186>

2 Químico, Doctor en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. E-mail: [rrrodriguez@pedagogica.edu.co](mailto:rrrodriguez@pedagogica.edu.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2331-0576>

## 1. Introducción

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), son uno de los propósitos de investigación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química. Estos permiten que los estudiantes construyan los conocimientos propios de la disciplina para desarrollarlos y relacionarlos en diferentes contextos, como la formación de ingenieros, específicamente en ciencia y tecnología de alimentos donde los conocimientos y procedimientos de la química cobran relevancia (Gallego et al., 2019). La comprensión de la química permite entender y relacionar los procesos y operaciones propias de la ingeniería de alimentos, específicamente lo relacionado con el abordaje de los conceptos de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites, en los que son necesarios los fundamentos de química general, química analítica, química orgánica y química de alimentos.

Los TPL son actividades diseñadas para que los estudiantes resuelvan diversos procedimientos. En ellos el estudiante es el actor principal en su proceso de aprendizaje, basado en la experiencia como eje fundamental de su desarrollo (García et al., 2012). Estas actividades son planificadas previamente por el profesor, en las que se busca establecer relaciones entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, donde se aportan elementos para ampliar el conocimiento en el contexto de la ingeniería, específicamente de alimentos, en el marco del aprendizaje de las operaciones y procesos de transformación de las grasas y los aceites.

Es importante que los docentes generen procesos de reflexión acerca de la enseñanza de las ciencias, específicamente la química, debido a que se han de plantear objetivos claros en el desarrollo de una educación científica y un trabajo experimental, lo cual permitirá ofrecer una educación de calidad que atienda las demandas del siglo XXI (Hernández-Millan et al., 2012). No obstante, García et al. (2012), mencionan que los trabajos prácticos han sido limitados a simples ejercicios, en donde los estudiantes realizan alguna actividad o manejo de equipos guiados por instrucciones. Esto ha traído como conse-

cuencia que el trabajo práctico sea una actividad de orden mecanicista, es decir de seguimiento de instrucciones, sin aplicar o desarrollar un pensamiento crítico (Wheeler et al., 2015), lo cual se evidencia en una comprensión mínima de los conocimientos a desarrollar.

Una de las formas en que se realizan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química es el diseño, implementación y evaluación de TPL, los cuales permiten a los estudiantes: plantear preguntas, formular hipótesis, simular situaciones que se pueden presentar en el contexto real, desarrollar situaciones en los procesos de ingeniería y tomar decisiones con base en los resultados obtenidos (Caamaño, 2003; Rodríguez-Cepeda, 2016). Sin embargo, existe una dificultad en cuanto al diseño inadecuado de los trabajos prácticos en los procesos de aprendizaje, ya que se ignoran aspectos relevantes para que haya impacto en los aprendizajes de los estudiantes, como por ejemplo: que estos sean partícipes en el diseño del TPL, es decir, que se tengan en cuenta las concepciones previas de los estudiantes, que se desarrolle un proceso que los involucre, en el que se identifiquen los propósitos y que se promueva un aprendizaje significativo (Porlán et al., 2001).

La didáctica de las ciencias ha brindado alternativas de solución a estas problemáticas de los TPL. En primer lugar, se busca que los estudiantes desarrollen procesos de resolución de problemas como actividad de investigación dirigida, en las que se da un acercamiento a la realidad, para que con ello se formen no solo en los aspectos conceptual y procedimental de los conocimientos científicos, sino en la formación en actitudes científicas, que son relevantes en la formación de ingenieros. En segundo lugar, se busca que los estudiantes comprendan que su quehacer lleva a que con la información recogida de los experimentos o ensayos, se puede tener criterio claro y suficiente para tomar decisiones sobre las muestras que ha analizado, de tal manera que pueda aceptarlas o rechazarlas en un momento dado.

Lo anterior proporciona herramientas para desarrollar el pensamiento crítico, científico e

ingenieril en el contexto del procesamiento de alimentos, específicamente en la industria de las grasas y los aceites, en el tópico de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites, como: acidez, índice de yodo, densidad e índice de peróxidos. Estos conceptos se abordan en el espacio académico denominado Tecnología de Grasas y Aceites, ofrecido en el octavo semestre del Programa Profesional de Ingeniería de Alimentos. En este sentido, es relevante que los estudiantes de ingeniería de alimentos pongan en contexto los aprendizajes adquiridos en asignaturas propias de la química, tales como: química general, química analítica, química orgánica, fisicoquímica, bioquímica y química de alimentos (Acofi, 2021).

En el aprendizaje significativo, Ausubel et al. (1983), proponen que el conocimiento es estructurado en una forma de red específica de conceptos. Es de donde surge el aprendizaje significativo, en el que las ideas que tiene el estudiante se enlazan con las nuevas ideas o conceptos, y en el que debe haber una interacción entre la información nueva y una estructura ya establecida del conocimiento previamente apropiado por parte del estudiante (Rodríguez-Cepeda, 2016), en donde tiene una significación práctica que ha adquirido en un mundo real (Galagovsky, 2004).

La teoría de Ausubel implica varios factores que dan cuenta del aprendizaje significativo: el primero es la diferenciación progresiva, que se refiere a tener claro los contenidos que se van a trabajar, que le den un panorama general al estudiante sobre lo que se va a aprender y que, a medida que transcurra el proceso, se pueda diferenciar en cuanto a detalle y especificidad. En segundo lugar, está la reconciliación integradora, en la que los contenidos pueden dar una visión exploratoria y en la que a partir de ello se hacen relaciones y diferenciaciones, en donde se dan reconciliaciones entre inconsistencias reales y aparentes. Este aspecto se da al confrontar las ideas previas de los estudiantes y el nuevo conocimiento con el que se van a enfrentar. Con esa información se genera una organización

secuencial, en cuanto se realiza una observación de la programación con fines instruccionales y que conlleva a que se produzca una organización de las temáticas o tópicos de una manera lo más coherente posible.

Al organizar la información que se va a implementar en los procesos de aprendizaje, es importante reconocer aspectos como el para qué enseñar y con ello, llevar a los estudiantes a potenciar la investigación, la creatividad, el espíritu crítico, la autonomía, la solidaridad y el apoyo mutuo (Castillo-Cabezas, 2021; Porlán et al., 2017). Esto además de valorar las interpretaciones y las ideas de los demás, promoviendo el uso espontáneo de su terminología, en las que tengan oportunidad de explicar los conceptos con sus propias palabras (Pozo-Municio & Gómez-Crespo, 2013), que lleve a que el estudiante no sea un agente pasivo del proceso (Moreira, 2005; Zorrilla & Mazzitelli, 2021). En otras palabras, se busca que el estudiante haga uso de los conocimientos internalizados donde identifica los significados de los materiales educativos, diferencia su estructura cognoscitiva, establece diferencias y semejanzas en el conocimiento, construyéndolo, produciéndolo y asociándolo en diferentes condiciones y contextos, aplicándolo y tomando decisiones.

El docente más que un instructor es un acompañante del proceso, y su quehacer no se limita solamente a transmitir información, sino que su labor conlleva a que reflexione su práctica pedagógica (Zorrilla et al., 2019), diseñando instrumentos que permitan a los estudiantes la construcción de sus aprendizajes.

La enseñanza de las grasas se ha abordado en el contexto de la obtención de jabón (Basso & Lorenzo, 2017), la enseñanza de las biomoléculas en el profesorado (Luzardo et al., 2015) y la enseñanza de la química a distancia (Vullo et al., 2010). También se ha propuesto el estudio de las grasas y los aceites con el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y el desarrollo de microproyectos (Luque et al., 2009). A pesar de la importancia del trabajo práctico en la formación de ingenieros de

alimentos, hay poca evidencia que aborde el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en el aprendizaje significativo de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites. En este sentido, se plantea el siguiente interrogante: ¿Cuál es la incidencia del diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en el aprendizaje significativo de los conceptos de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites en un grupo de estudiantes de ingeniería de alimentos?

## 2. Metodología

La investigación se efectuó bajo un enfoque cualitativo, aplicando un análisis de los documentos que entregan los estudiantes durante su proceso de aprendizaje, lo cual permite estudiar el lenguaje escrito y gráfico de los participantes (Creswell & Creswell, 2018). El proyecto se desarrolló con 14 estudiantes, entre semestres VII y VIII, que estaban cursando la asignatura de Tecnología de Grasas y Aceites, pertenecientes

al programa de Ingeniería de Alimentos de una universidad privada de Bogotá. La selección de los participantes se dio bajo un muestreo por conveniencia.

Se desarrolló un estudio piloto para evaluar la incidencia de los trabajos prácticos en el aprendizaje significativo de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites, para lo cual se implementaron las siguientes fases:

**Fase 1:** Se realizó el diseño e implementación de los instrumentos inicial y final de control de progreso de los estudiantes participantes, tipo cuestionario de preguntas abiertas. Estos permitieron identificar el nivel explicativo con relación a los conceptos de los parámetros de calidad en aceites y su relación con los métodos de análisis químico, y así poder identificar particularidades y relaciones entre los aspectos conceptual, procedimental y axiológico (Guisasola et al., 2003; Luque et al., 2009; Zorrilla & Mazzitelli, 2020). Los cuestionarios inicial y final contenían 5 preguntas de tipo abierto (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Preguntas cuestionarios inicial y final.

Cuestionario inicial	Cuestionario final
¿Qué indican los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites?	Explique los cambios ocurridos cuando se realiza la determinación de índice de yodo en un aceite, si es necesario exprese esos cambios mediante ecuaciones químicas, escríbalas.
¿Qué indica la acidez en un aceite?	La decoloración de un aceite es la remoción de pigmentos, metales pesados y jabón residual, si en un aceite neutralizado (valor de acidez cercano a 0,1%) después del blanqueo se detecta un incremento en este índice, explique este comportamiento, identificando los factores que se podrían asociar a este.
¿A qué se refiere el índice de yodo en un aceite?	¿Qué relación se puede establecer entre la densidad del aceite, su composición y su vida media útil?
¿Qué indica la densidad en un aceite?	El índice de peróxidos indica el nivel de deterioro que posee un aceite, ¿Qué consecuencias trae el aumento de este índice sobre las propiedades sensoriales en un aceite?
¿Qué indica el índice de peróxidos en un aceite?	

Se administró cada cuestionario al inicio y al final del proceso de implementación, que hace parte del tópico de “parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites” del espacio académico de

Tecnología de Grasas y Aceites de la formación profesional de Ingeniería de Alimentos. El tiempo máximo de aplicación de estos fue de 30 minutos.

**Fase 2:** Se realizó el diseño e implementación de Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), en las que se dividió al grupo de estudiantes en cuatro equipos, donde cada uno debía consultar sobre la determinación de la acidez en un aceite, del índice de yodo, la densidad y el índice de peróxidos. La propuesta de trabajo práctico tenía la siguiente estructura: Título, Objetivos, Introducción, Métodos y Materiales, Resultados, Análisis o Discusión, Conclusiones y Bibliografía. Una vez que el grupo había establecido su propuesta de trabajo práctico, se realizaba la revisión y retroalimentación por parte del docente. Luego se realizaba la fase de implementación en el laboratorio, donde la muestra para el análisis fisicoquímico fue aceite crudo de colza (canola) en la que cada uno de los grupos determina el parámetro respectivo y da cuenta del nivel de calidad del producto.

**Fase 3:** Los estudiantes presentan un informe del TPL en formato de artículo científico y realizan una socialización de los resultados obtenidos, a través de una presentación pública a sus compañeros.

Las respuestas de los estudiantes se analizaron sin establecer categorías a priori. Es decir, las respuestas se analizan para revelar las similitudes y diferencias y así determinar los significados que están estableciendo los estudiantes y las particularidades en el estudio (Creswell & Creswell, 2018). El análisis cualitativo de los textos generados por los estudiantes se hizo con el software Atlas Ti<sup>®</sup> versión 6, en el que se realizó el conteo de las palabras utilizadas por los estudiantes, filtrando conectores, adverbios y pronombres (Rojano-Alvarado et al., 2021).

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Prueba inicial

Se observa que las tendencias en las respuestas de los estudiantes están relacionadas con la cuantificación de los parámetros y que estos son utilizados como criterio de aceptación o

de rechazo de un producto. Los parámetros indican la presencia de compuestos como los ácidos grasos y triglicéridos, y elementos como el fósforo y el hierro; además, que los parámetros son el producto de las interacciones que ocurren en el aceite como consecuencia de reacciones químicas como la hidrólisis y la oxidación. Las palabras utilizadas con mayor frecuencia en las respuestas a las preguntas abiertas fueron: aceites, ácidos, acidez, calidad, ácidos grasos libres, insaturaciones, índice, muestra, componente, características, deterioro, entre otras.

A manera de ejemplo, se ilustran varias de las respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿qué indican los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites?

“La cantidad de fósforo, metales y sustancias que tiene un aceite y que queremos eliminar por métodos químicos” (E2)

Para E2, los parámetros fisicoquímicos indican cantidad de especies químicas que tiene un aceite y que hay que eliminar usando métodos químicos. La respuesta de otra estudiante a la misma pregunta fue:

“Indica el % a cuantificar cada uno de estos parámetros que deben estar dentro de la norma, y así liberar el aceite como producto bueno y que este en buenas condiciones comparándolos químicamente con los resultados” (E5)

En esta respuesta es notable que la estudiante relaciona los parámetros con cantidad, específicamente con cuantificar, además de ser un criterio para aceptar o rechazar un aceite, cuando la estudiante lo refiere como producto bueno.

A la pregunta ¿a qué se refiere el índice de yodo de un aceite?, se obtuvieron las siguientes respuestas:

“Nos ayuda a identificar el grupo al cual pertenece la grasa. Podemos determinar la cantidad de ácidos grasos insaturados” (E2)

En esta respuesta se evidencia que el índice de yodo permite identificar si una especie lipídica

es una grasa o un aceite, y con este parámetro se determina la cantidad de ácidos grasos insaturados.

“Es el # de gramos de yodo que reaccionan con 1 g de grasa, y es una medida de promedio de las insaturaciones que contienen los aceites y las grasas” (E6)

En esta respuesta es notable que la estudiante define el parámetro como la cantidad de gramos de yodo que reaccionan con una determinada cantidad de grasa, y que constituye como una medida del promedio de las insaturaciones que contienen los aceites y las grasas. Además, la referencia a insaturaciones en la respuesta establece una relación entre la composición de un aceite o grasa y la estructura de los compuestos presentes.

A la pregunta ¿qué indica la acidez en un aceite?, se obtuvo:

“La cantidad de ácidos grasos presentes en un aceite” (E8)

En este caso, la estudiante asocia la acidez con la cantidad de ácidos grasos, pero no se mencionan o relacionan unidades de medida.

También se indagó lo referente a la densidad en los aceites, con la pregunta: ¿qué indica la densidad en un aceite?

“Si el aceite está muy denso, puede ser que contenga sustancias indeseables. En cierta forma la densidad del aceite indica qué pudo o no pudo pasar por tratamientos para su calidad” (E13)

Resulta interesante en esta respuesta que el estudiante relacionó la densidad de un aceite con aspectos como la presencia de sustancias extrañas en el producto. Además, se indica la densidad como un parámetro que evidencia si un aceite es crudo o refinado, es decir si ha sido sometido a tratamientos para su purificación.

También se preguntó: ¿qué indica el índice de peróxidos en un aceite?

“La oxidación del aceite antes que se note en las características organolépticas” (E11)

En esta respuesta es notable que hay una relación entre el parámetro índice de peróxidos con procesos de oxidación del aceite que afectan las características sensoriales de un producto. En la figura 1 se ilustran las tendencias de las respuestas de los estudiantes en el instrumento inicial.

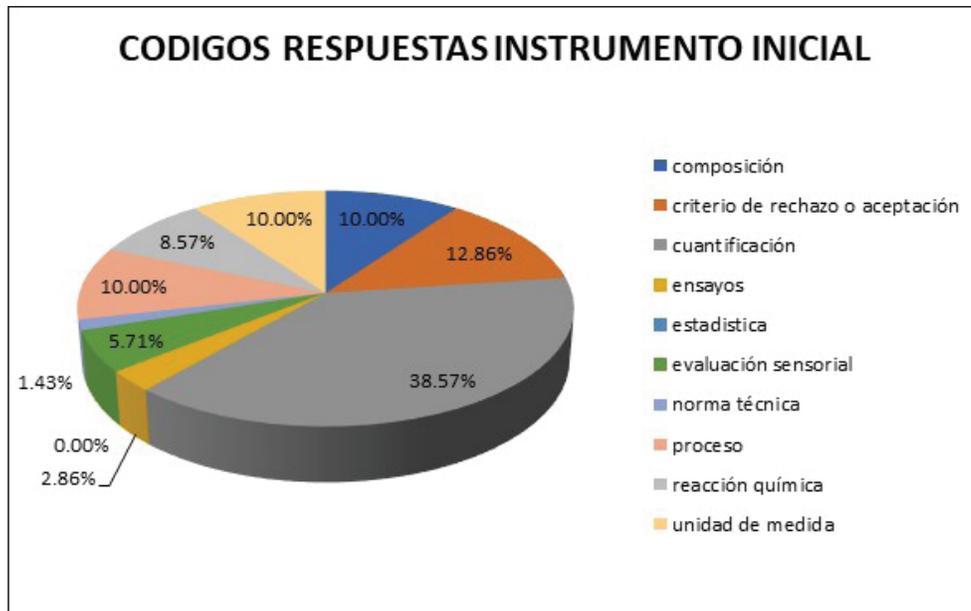


Figura 1. Códigos de las respuestas en el instrumento inicial.

En la figura 1 se observa que la mayor frecuencia de las categorías identificadas es cuantificación. Esto indica que los estudiantes relacionan los conceptos de parámetros fisicoquímicos con su cuantificación a través de pruebas para determinar la composición de grasas y aceites. Además, que la determinación de estos parámetros permite evaluar si una muestra de aceite se encuentra dentro de lo establecido en la normatividad vigente y si se acepta o se rechaza.

### 3.2 Diseño e implementación de TPL

A partir de las respuestas de los estudiantes se diseñaron los diferentes TPL. Cabe mencionar que los estudiantes son partícipes activos en la construcción de los trabajos, permitiendo que consulten e interpreten la información que se utiliza en los laboratorios de calidad, como normas y documentos técnicos de análisis químico de alimentos. Esto permite la relación entre los conocimientos básicos de química analítica, química orgánica y química de alimentos y los conceptos y procedimientos propios de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites. Lo anterior permite identificar el contexto de formación del ingeniero de alimentos y el aprendizaje de los conceptos propios de las grasas y los aceites. A continuación, se presenta el procedimiento propuesto por un estudiante para la determinación de peróxidos en una muestra:

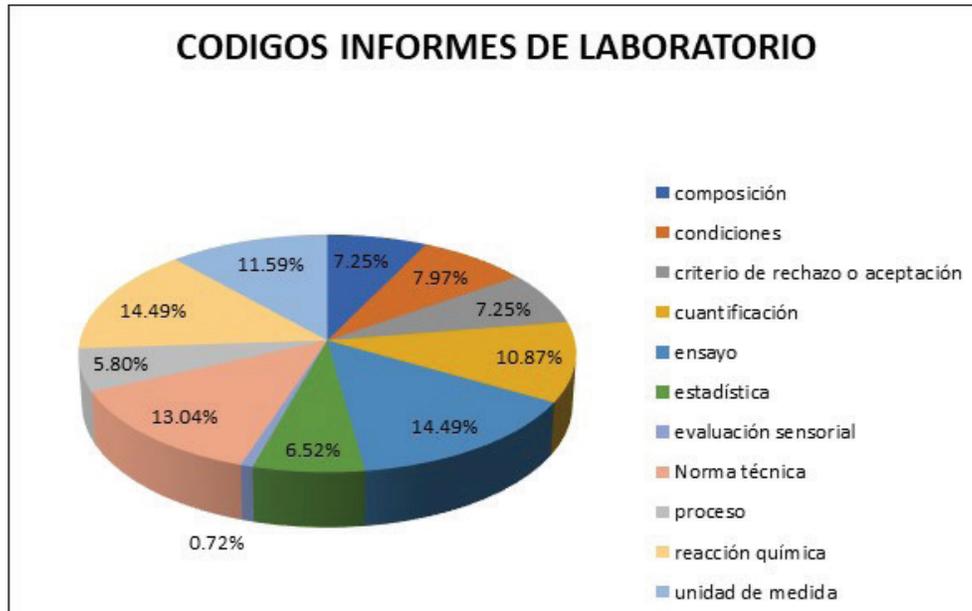
“Pesar 0,05 – 5 gramos de muestra en un erlenmeyer de 125 mL y adicionar 30 mL de la solución ácido-cloroformo, agitar el erlenmeyer hasta disolver la muestra y adicionar 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio, dejar en reposo por 1 minuto y posteriormente adicionar 30 mL.

Valorar con tiosulfato de sodio 0.01 N con agitación, seguir la titulación hasta una coloración amarilla tenue que desaparece. Adicionar 0.5 mL de solución de almidón y seguir la titulación hasta el punto final, hasta un azul tenue. Realizar una prueba de blanco en las mismas condiciones. (E7)

Es notable que E7 explica el procedimiento para realizar la determinación de índice de peróxidos. Además, establece que se debe hacer un blanco, referido a un procedimiento de determinación en las condiciones del ensayo en donde no se toma muestra.

En los informes de TPL se identifica que su poder explicativo está en los ensayos de laboratorio, la remisión hacia las normas técnicas que rigen la calidad de los aceites y en la estadística, ya que los resultados se expresan como media de repeticiones y su desviación estándar. Además, el análisis de resultados propuesto por los estudiantes establece relaciones entre los valores de parámetros fisicoquímicos de calidad y los criterios de rechazo o aceptación del aceite analizado, lo cual les permite concluir que el aceite se acepta para operaciones y procesos posteriores de trabajo de refinación.

Lo anterior permite visualizar que los estudiantes establecen relaciones en los conceptos de los parámetros fisicoquímicos de calidad y los conceptos propios de la química analítica y aspectos de la formación de ingenieros, como la toma de decisiones en cuanto a aceptación y rechazo de una muestra. Esto lleva a que el estudiante, partiendo de abordajes básicos, pueda posteriormente realizar análisis más complejos (De Jong, 1998; Rusek et al., 2018). En la figura 2 se ilustran las tendencias de las respuestas de los estudiantes en los informes de laboratorio.



**Figura 2.** Códigos de los informes de laboratorio.

Es interesante identificar que los estudiantes utilizan criterios de aceptación o de rechazo, estadística en el reporte de los resultados obtenidos, la comparación con criterios como la normatividad vigente, la expresión en unidades de medida de los parámetros de calidad, las condiciones del producto en el momento del ensayo y la incidencia de la determinación de estos parámetros en la composición del aceite estudiado.

### 3.3 Cuestionario final

Los resultados de la prueba final indican que los estudiantes asocian los conceptos de los parámetros fisicoquímicos de calidad de aceites con los procesos y operaciones unitarias de refinación de aceites y sus implicaciones en la vida media útil, el deterioro que sufren y el almacenamiento en anaqueles. Además, asocian los conceptos de los parámetros fisicoquímicos de calidad entre sí, como por ejemplo la influencia de la acidez con el cambio de densidad en un aceite, el cual indica ocurrencia de reacciones como hidrólisis por humedad y la exposición a la luz o al calor, junto con el efecto de fenómenos como el pardeamiento en la calidad de los

aceites. Es decir, los estudiantes en su proceso de aprendizaje desarrollaron las etapas de formación, relacionando los conceptos y los atributos que estos pueden tener (Ausubel et al., 1983; Estriegana et al., 2019). A continuación, se describen algunas de las respuestas del instrumento final.

El índice de peróxidos indica el nivel de deterioro que posee un aceite, ¿Qué consecuencias trae el aumento de este índice sobre las propiedades sensoriales en los aceites?

“Cuando se aumenta el índice de peróxidos, es decir, mayor deterioro de los aceites (rancidez oxidativa) se generan malos olores y sabores, a la vez se afecta su composición nutricional afectando directamente al consumidor” (E9)

Resulta notable que el estudiante relaciona la determinación del índice de peróxidos en términos de deterioro, así como las consecuencias que se reflejan en la calidad del aceite y su composición.

A la misma pregunta, a continuación, se muestra la respuesta de otro estudiante:

“El aumento de este índice nos dice que el deterioro del aceite también aumenta, por consecuencia de la oxidación de las cadenas carbonadas y la influencia de la luz en los aceites, degradando vitamina E y otros compuestos presentes en el aceite. Las propiedades sensoriales en cuanto a sabor se ven reflejados en el aumento de la rancidez” (E10)

En esta respuesta, resulta relevante la relación que el estudiante establece entre el índice de peróxidos y las reacciones químicas de deterioro en el aceite, además de la asociación con factores como la luz, el sabor del producto y la rancidez.

A la pregunta: explique los cambios ocurridos cuando se realiza la determinación de índice de yodo en un aceite, si es necesario exprese esos cambios mediante ecuaciones químicas, escríbalas. En este caso, el estudiante E1 escribió las ecuaciones químicas correspondientes a los cambios que ocurren en la determinación del índice de yodo en un aceite.

A continuación, se muestra una respuesta a la situación presentada en la pregunta 2 del cuestionario final: la decoloración de un aceite es la remoción de pigmentos, metales pesados y jabón residual, si en un aceite neutralizado (valor

de acidez cercano a 0,1%) después del blanqueo se detecta un incremento en este índice, explique este comportamiento, identificando los factores que se podrían asociar a este.

“En este caso se presenta una hidrólisis de los lípidos (lipólisis) por diferentes factores externos” (E9)

En esta respuesta es interesante la relación que se establece entre la decoloración de un aceite y el incremento de la acidez, aunque no se mencionan factores asociados al aumento.

Por último, se presenta una respuesta a la pregunta: ¿qué relación se puede establecer entre la densidad del aceite, su composición y su vida media útil?

“La densidad indica el grado de pureza, el cual puede afectarse si dentro del aceite hay compuestos que pueden participar en el deterioro del aceite” (E14)

En la respuesta es relevante que se establecen relaciones entre la pureza que tiene un aceite y la presencia de compuestos que pueden deteriorar las sustancias presentes en el aceite, como triglicéridos, fosfolípidos, entre otros. La figura 3 muestra las tendencias de las respuestas de los estudiantes en el instrumento final.

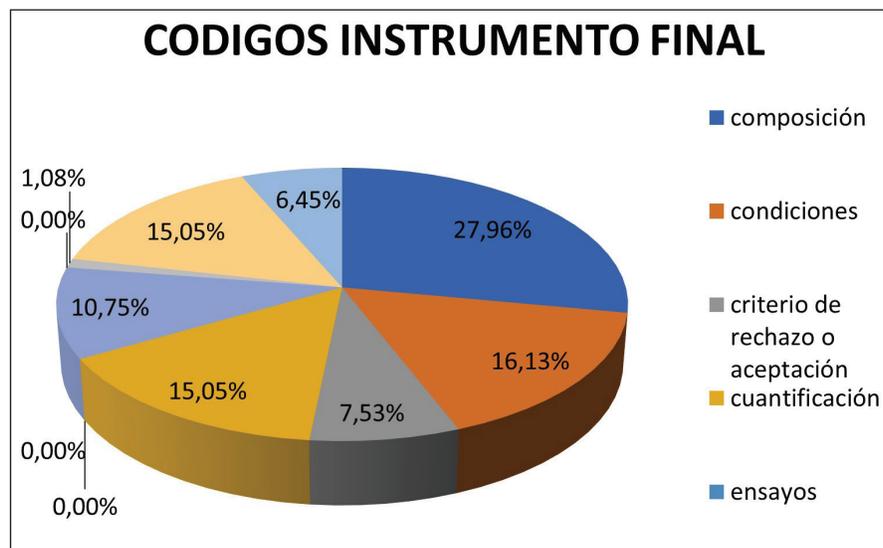


Figura 3. Códigos del instrumento final.

Es notable que la mayor frecuencia en las respuestas se da en la composición de los aceites y la influencia de factores como la luz, la acidez, los fosfolípidos, los jabones, entre otros componentes en la calidad del aceite. Asimismo, son notables las relaciones que los estudiantes establecen entre los parámetros fisicoquímicos de calidad, con conceptos como: reacciones químicas, deterioro, normatividad, cuantificación, evaluación sensorial y la aceptación o rechazo de un aceite. Además, en cada etapa del proceso de trabajo se muestra que los estudiantes se apoyaron en artículos científicos, normas técnicas y bibliografía sugerida, evidenciando que el

trabajo se desarrolla utilizando instrumentos que son denominados dimensión concreto-abstracta (Alegre & Cuetos, 2020; Ausubel et al., 1983).

Es importante mencionar que los estudiantes lograron relacionar los conceptos propios de las reacciones químicas, estequiometría, volumetrías y análisis químico, con el comportamiento que tienen los aceites en el contexto de las operaciones y procesos de refinación y almacenamiento. En la tabla 2 se ilustran las frecuencias de los códigos utilizados en las respuestas de los estudiantes en los cuestionarios inicial y final.

**Tabla 2.** Frecuencias de los códigos en los cuestionarios inicial (CI) y final (CF).

<b>Código</b>	<b>CI</b>	<b>CF</b>
<b>Composición</b>	7	26
<b>Condiciones</b>	0	15
<b>Criterio de rechazo o aceptación</b>	9	7
<b>Cuantificación</b>	27	14
<b>Ensayos</b>	2	0
<b>Estadística</b>	0	0
<b>Evaluación sensorial</b>	4	10
<b>Norma técnica</b>	1	0
<b>Proceso</b>	7	1
<b>Reacción química</b>	6	14
<b>Unidad de medida</b>	7	6
<b>TOTAL</b>	70	93

Es notable que la composición en el cuestionario final tiene la mayor frecuencia en las respuestas de los estudiantes, en el que asociaron la determinación de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites. Resulta interesante que las respuestas sobre aspectos como evaluación sensorial, reacción química y condiciones mostraron aumento. Esto destaca la buena apropiación de los estudiantes de los conceptos y la relación entre ellos, lo cual indica que se genera desarrollo de habilidades en el contexto de la ingeniería, como: el control de calidad de productos, los criterios de aceptación y de rechazo y la toma de decisiones.

### 3.4 Discusión

Los resultados de la intervención TPL con estudiantes de Ingeniería de Alimentos permiten establecer que habilidades científicas como: el reporte e interpretación de resultados, la comunicación de estos, el trabajo en equipo, identificación de variables y las relaciones que se pueden establecer entre ellas, pueden desarrollarse y promover aprendizajes significativos. Lo anterior a partir de los presupuestos teóricos que se desarrollan en los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias de la ingeniería, específicamente de la química de alimentos, la química

analítica, la química orgánica y la industria de las grasas y los aceites (Alneyadi, 2019).

En este caso los conceptos se transforman de abstractos y concretos a otros que son reales (Alegre & Cuetos, 2020; Ausubel et al., 1983). En esa transformación de los conceptos, se comprende que el trabajo práctico es una actividad que no se limita a seguir procedimientos mecánicos, sino que lleva al estudiante a construir los conocimientos a partir de sus preconcepciones y los nuevos conceptos que se incorporan, que son asociados en su mente (Luque et al., 2009). Lo anterior se evidencia cuando se identifica en las respuestas de los estudiantes las relaciones que pueden establecer entre las reacciones químicas que sufren los aceites y la determinación de parámetros de calidad en aceites. Esto indica que los estudiantes tienen argumentos para desarrollar toma de decisiones de aceptación o de rechazo de un producto, que es una habilidad propia del quehacer de los ingenieros de alimentos (Hernández-Millan et al., 2012; Insausti & Merino, 2000; Marín-Quintero, 2021).

Asimismo, es notable que los estudiantes reconocen la reacción química como forma de explicar los fenómenos que ocurren en los aceites, especialmente en los procesos de refinación. También identifican el deterioro que sufren y los factores que influyen en este como la humedad, que conlleva a hidrólisis, la exposición al calor o la luz, evidenciando las relaciones que se pueden establecer entre los conceptos de la química analítica y de alimentos y los parámetros de calidad en aceites. Esto hace que los aprendizajes que se desarrollen sean significativos, sistemáticos y que lleven a que el estudiante tenga retos de aprendizaje en contextos laborales específicos (Kichukova & Taneva, 2021; Lorenzo, 2020), en donde tengan la posibilidad de desarrollar aspectos como resolución de problemas y construcción de conocimientos en procedimientos de laboratorio (Haryadi & Pujiastuti, 2020; Lee et al., 2017; Nainggolan et al., 2020).

Lo anterior pone de manifiesto lo mencionado por Luque et al. (2009), quienes resaltan la importancia del diseño e implementación de trabajos prácticos en el desarrollo del pensamiento científico del estudiante, que es construido socialmente, que relaciona los aspectos teóricos y los resultados obtenidos en el trabajo práctico, lo cual a su vez permite la adquisición de elementos para tomar decisiones y tener criterios para la aceptación o rechazo de productos como los aceites y grasas comestibles.

#### 4. Conclusiones

Los trabajos prácticos de laboratorio (TPL), permitieron a los estudiantes asociar los conceptos de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites, con los conceptos propios de la química analítica, química orgánica y química de alimentos. Asimismo, fue posible relacionarlos con aspectos propios de la formación de ingenieros, como la toma de decisiones y el control de calidad para criterios de aceptación o de rechazo de productos, tales como las grasas y los aceites comestibles.

Los TPL propuestos propenden por el desarrollo de habilidades propias de la experimentación y también por el desarrollo del pensamiento científico y la promoción del aprendizaje significativo de los conceptos de la química y su relación en el contexto propio de la ingeniería de alimentos, en cuanto al quehacer de la profesión en lo práctico y en lo operacional.

En síntesis, a partir del diseño e implementación de trabajos prácticos de parámetros fisicoquímicos de calidad en aceites, el estudiante adquiere elementos que le permiten desarrollar criterios de aceptación o rechazo de productos. Lo anterior unido a aspectos como: la autonomía, la interpretación de normatividad vigente en alimentos, la optimización de procesos y operaciones unitarias, el apoyo a la gestión de la calidad y la toma de decisiones a partir de resultados obtenidos en la práctica.

## Referencias

- Acofi. (2021). Capítulo de Ingeniería de Alimentos ACOFI (A. C. de F. de Ingeniería (ed.); 1st ed.). Acofi.
- Alegre, M. S., & Cuetos, M. J. (2020). Use of sensors and automatic data collection equipment in the practical work of Physics and Chemistry of middle and high school: The Arduino platform. *Revista Eureka, 18* (1). [https://doi.org/10.25267/REV\\_EUREKA\\_ENSEN\\_DIVULG\\_CIENC.2021.V18.I1.1202](https://doi.org/10.25267/REV_EUREKA_ENSEN_DIVULG_CIENC.2021.V18.I1.1202)
- Alneyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 15* (12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Ausubel, D. P., Novak, J., & Hanesian, H. (1983). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. Trillas.
- Basso, A. V., & Lorenzo, M. G. (2017). ¡A lavar los platos! Elaboración de jabón. *Educación en la Química en Línea, 23* (1), 90-104.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. P. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, & A. De Pro (Eds.), *Enseñar Ciencias*, 95–118. Grao.
- Castillo-Cabezas, M. C. (2021). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión preliminar. *Revista Convergencia Educativa, 9*, 30–44. <https://doi.org/10.29035/rce.9.30>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications.
- De Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química. *Enseñanza de Las Ciencias, 16* (2), 305–314. <http://ddd.uab.cat/record/1401>
- Estriegana, R., Medina-Merodio, J. A., & Barchino, R. (2019). Student acceptance of virtual laboratory and practical work: An extension of the technology acceptance model. *Computers and Education, 135*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.010>
- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: El modelo teórico. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 22* (2), 229–240. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3885>
- Gallego, R., Gómez Ochoa de Alda, J., & Marcos-Merino, J. M. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: diseño, implementación y validación de una intervención activa interdisciplinar. *Educación Química, 30* (1), 42. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.67658>
- García, A., Devia, R., & Díaz-Granados, C. S. (2012). Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. In A. Adúriz B, G. Perafán, & E. Badillo (Eds.), *Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas* 2nd ed., 91–114. Didácticas Magisterio.
- Guisasola, J., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 21* (1), 79–94. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3943>
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series, 1521* (2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017>
- Hernández-Millan, G., Irazoque-Palazuelos, G., & López-Villa, N. (2012). ¿Cómo diversificar los trabajos prácticos? Un experimento ilustrativo y un ejercicio práctico como ejemplos. *Educación Química, 23*, 101–111.
- Insausti, M., & Merino, M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências, 5* (2), 93–119.
- Kichukova, K. S., & Taneva, T. G. (2021). Achievement Motivation and Attitude of Medical Laboratory Assistants to Continuing Education. *Obrazovanie i Nauka, 23* (6), 185–215. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-6-185-215>
- Lee, C., Asher, S. R., Chutinan, S., Gallucci, G. O., & Ohshima, H. (2017). The Relationship Between Dental Students' Assessment Ability and Preclinical and Academic Performance in Operative Dentistry. *Journal of Dental Education, 81* (3).
- Lorenzo, M. G. (2020). Revisando los trabajos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria, 21*, 15–34.
- Luque, D., Riascos, Y., & Sanabrá, Q. A. (2009). Diseño de una estrategia didáctica y tecnológica como propuesta de enseñanza – aprendizaje de la temática “grasas y aceites”. *Tecné, Episteme y Didaxis, Especial, 1079–1085*. <https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.197>

- Luzardo, C., López, G. M. E., Alonso, M., Valle, A., Del, M., Luzardo, C., & Et, L. (2015). Integración en la enseñanza de las Biomoléculas y sus Técnicas de Análisis: experiencias metodológicas del Plan D. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 4 (2), 89-93.
- Marín-Quintero, M. (2021). El trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: una experiencia con docentes en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 49, 163-182. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-8221>
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 83-102.
- Nainggolan, B., Hutabarat, W., Situmorang, M., & Sitorus, M. (2020). Developing innovative chemistry laboratory workbook integrated with project-based learning and character-based chemistry. *International Journal of Instruction*, 13 (3), 895-908. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13359a>
- Porlán, R., del Pozo, R., Martín, J., & Rivero, A. (2001). La relación teoría-práctica en la formación permanente del profesorado. Sevilla: Díada.
- Porlán, R., Vásquez, J., Solís, E., Martín del Pozo, R., Pineda, J., Duarte, O., de Alba-Fernández, N., García-Díaz, E., Navarro, E., Rivero García, A., García Pérez, F., Fera, A. B., Guerra-Martín, M. D., Fuentes Barragán, A., Mora, J. P., & Herrera Martín, J. A. (2017). Enseñanza universitaria: cómo mejorarla. Ediciones Morata.
- Pozo-Municio, J. I., & Gómez-Crespo, M. Á. (2013). Aprender y enseñar ciencia. Ediciones Morata.
- Rojano-Alvarado, Y. N., Contreras-Cuentas, M. M., & Cardona-Arbeláez, D. (2021). El proceso etnográfico y la gestión estratégica de datos cualitativos con la utilización del aplicativo Atlas.Ti. *Saber, Ciencia y Libertad*, 16 (2), 175-192. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2021v16n2.6500>
- Rodríguez-Cepeda, R. (2016). Aprendizaje de conceptos químicos: una visión desde los trabajos prácticos y los estilos de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7 (1), 63-76. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4403>
- Rusek, M., Beneš, P., & Carroll, J. (2018). Unexpected Discovery: A Guided-Inquiry Experiment on the Reaction Kinetics of Zinc with Sulfuric Acid. *Journal of Chemical Education*, 95 (6), 1018-1021. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00110>
- Vullo, D., Wachsmann, M., & Coto, C. (2010). Enseñanza de la Química a profesores del secundario mediante cursos a distancia. *Revista Química Viva*, 9 (1), 46-55.
- Wheeler, L. B., Maeng, J. L., & Whitworth, B. A. (2015). Teaching assistants' perceptions of a training to support an inquiry-based general chemistry laboratory course. *Chemistry Education Research and Practice*, 16 (4), 824-842. <https://doi.org/10.1039/c5rp00104h>
- Zorrilla, E., & Mazzitelli, C. (2020). Las actitudes hacia los Trabajos Prácticos de Laboratorio en la formación docente en Física y en Química. *Latin-American Journal of Physics Education*, 14 (4). <http://www.lajpe.org>
- Zorrilla, E., & Mazzitelli, C. (2021). Aproximación multimetodológica en el estudio de las representaciones sobre Trabajos Prácticos de Laboratorio. *Revista Eureka*, 18 (2). [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i2.2601](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2601)
- Zorrilla, E., Morales, L., Mazzitelli, C. A., & Olivera, A. del C. (2019). Análisis de trabajos prácticos de laboratorio elaborados por futuros docentes de ciencias naturales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 14 (2), 286-302. <https://doi.org/10.14483/23464712.13750>

