

# VALIDACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE UNA CERVEZA ARTESANAL

## VALIDATION OF THE QUALITY PARAMETERS OF A CRAFT BEER

Diego Estudillo O.<sup>1\*</sup>, López Méndez E. M.<sup>1</sup>, Rodríguez Martínez S. H. J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma 168, Barrio de Santiago Mihuacán, C. P. 74420, Izúcar de Matamoros, Puebla. Tel. 24343-63895

\*Autor de correspondencia: oscar.diego@utim.edu.mx

**Recibido:** 18/julio/2025

**Aceptado:** 05/diciembre/2025

### RESUMEN

Para el cumplimiento del proyecto se realizó análisis de parámetros del agua y las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas de la cerveza (pH, densidad, SRM, molienda y análisis de diacetilo), se recabaron los datos obtenidos para realizar el registro y gráficos que nos ayudaran a determinar si los productos cumplen con los estándares de calidad. Los resultados del análisis de agua son expresados en partes por millón (PPM), se realizaron dos análisis, primero una combinación 50/50 entre agua purificada y agua potable, mientras que el otro análisis fue agua potable, las determinaciones de pH y densidad se realizaron a 7 tipos de cervezas que se elaboran dentro de la fábrica, la toma de pH solo se toma una vez en todo el proceso, mientras que la densidad se toma en 10 días; en la determinación de molienda se utilizaron 6 tipos de maltas y se compararon con los estándares de empresas industrializadas, en este análisis se observa los porcentajes obtenidos por cada una de las cribas (14, 30, 60 y fondo); en cuanto al análisis de color (SRM) se analizaron 8 tipos de cerveza, las cuales tres son cervezas industriales para comparar con la colorimetría SRM de una cerveza estilo Vienna producida en la fábrica; para la determinación de diacetilo se realizó una prueba simple cualitativa la cual nos ayuda a identificar los precursores de diacetilo en las cervezas.

**Palabras clave:** Cerveza artesanal, Parámetros de calidad, Análisis fisicoquímicos

## ABSTRACT

To carry out this project, analysis of the water parameters and determinations of the physicochemical properties of the beer (pH, density, SRM, grinding and diacetyl analysis) were carried out. Subsequently, the data obtained were collected to create the dashboard and graphs. that will help us determine if the products meet quality standards. The results of the water analyzes are expressed in parts per million (PPM), two analyzes were carried out, one of them was a 50/50 combination between purified water and drinking water, while the other analysis was totally drinking water, while that the pH and density determinations were carried out on 7 types of beers that are made within the factory, the pH measurement is only taken once in the entire process, while the density is taken in 10 days; In the determination of grinding, 6 types of malts were used and they were compared with the standards of industrialized companies. In this analysis, the percentages obtained by each of the sieves are observed, which have a different opening number (14, 30, 60 and background); Regarding color analysis (SRM), 8 types of beer were analyzed, three of which are industrial beers to compare with the SRM colorimetry of a Vienna-style beer produced in the factory; For the determination of diacetyl, a simple qualitative test was carried out which helps us identify diacetyl precursors in beers.

**Key words:** *Craft beer, Quality parameters, Physicochemical analysis*

## INTRODUCCIÓN

La Cervecería Cholula es una empresa que se dedica a la elaboración de cerveza artesanal que cuenta con su propio restaurante, en ella se elaboran diferentes tipos de cerveza, la idea de establecer una cervecería surgió en el año 2013. Actualmente la Cervecería Cholula tiene la capacidad de producir 7,500 L al mes para suplir las ventas en el mercado y restaurante de la misma fabrica (Cervecería Cholula, 2024).

En la actualidad, existen muchas micro empresas con un mismo objetivo, el cual es la mejora continua, esto es utilizado para mantener en pie el negocio sobre el que se trabaja. Ya que para nadie es un secreto que las empresas deben tener un constante cambio, se deben buscar diferentes

alternativas pensamientos o metodologías para mantener el cumplimiento de indicadores (Giraldo, 2023).

El consumo de cerveza artesanal se encuentra en auge como respuesta a los consumidores que buscan nuevos productos, sabores, estilos, etc., es por eso que es un producto con una tendencia mundial y con un mercado que crece con rapidez.

Actualmente, el panorama de la cerveza artesanal en México es prometedor, la oferta se estima en al menos 300 empresas artesanales de cerveza y su demanda prevé, en el corto plazo, un crecimiento de 0.5 a 5% en un mercado de 63 millones de consumidores con un consumo de 62 L anuales per cápita, según datos de FEMSA (Bernáldez, 2013).

En cuanto a los ingredientes, la cerveza artesanal solo se elabora con productos naturales: agua, malta de cebada, trigo o centeno, lúpulo y levadura. Se elabora en pequeñas cantidades para evitar almacenamientos prolongados ya que no se añaden aditivos ni coadyuvantes tecnológicos. El proceso de elaboración de las cervezas artesanales difiere al de las cervezas industriales en que no se pasteurizan, de modo que los aromas y sabores propios de la receta utilizada se conservan, así como la vida de la levadura que sigue produciendo modificaciones (vida útil corta) (Martínez, 2015). Tampoco sufren un proceso de filtrado, por lo que no se eliminan partículas en suspensión y se obtienen cervezas más turbias. Al no realizarse estos dos procesos, sufren una segunda fermentación en la botella, ya que la levadura sigue teniendo sustrato que fermentar. Con esto se consigue saturar a la cerveza de gas carbónico y etanol, originando cervezas fuertes con una graduación alcohólica normalmente superior a las cervezas industriales (Martínez, 2015).

Para considerar una cerveza artesanal de alta calidad debe cumplir con diferentes parámetros fisicoquímicos, a continuación, se mencionan algunos de estos:

Color: la aplicación de calor puede ser la causa de muchas reacciones complejas que comprometen a los carbohidratos. La actividad del agua y los protones regulan el grado de liberación de azúcares reductores por hidrólisis a partir de sus conjugados glicosídicos en los alimentos. Después de la liberación ocurren muy pocas reacciones de los azúcares en medio acuoso a pH 4,0 aproximadamente. Sin embargo, si el medio vuelve a ser neutro o débilmente alcalino, entonces los hemiacetales pasan más rápidamente a la forma carbonilo de los azúcares reductores, es decir, a aldehídos y cetonas reactivas, las cuales se enolizan y comienzan una serie de reacciones de descomposición. Los grupos amino básicos de las proteínas, péptidos y aminoácidos se añaden

rápidamente a los grupos carbonilo de los azúcares y se condensan. Entonces ocurre la reacción entre el grupo amino y el grupo del azúcar, conocida como reacción de Maillard, con la aparición de color pardo que es el punto inicial de la enolización de la glicosilamina. menciona que cuando no participan compuestos amino en las reacciones de descomposición inducidas por el calor (sobre 100°C), reciben el nombre de reacciones de caramelización (Rodríguez, 2003).

La reacción de Maillard como la de caramelización son un grupo de reacciones complejas que siguen a la apertura del anillo y a la enolización de los azúcares reductores. Los dos tipos de reacciones tienen lugar al mismo tiempo y reciben el nombre genérico de reacciones de pardeamiento no enzimático, para distinguirlas de aquellas reacciones de pardeamiento debidas a la oxidación enzimática. Los polímeros, pardos a negros, que se forman se llaman melanoidinas (polímeros heterogéneos insaturados). La cerveza tipo Lager definida como blanca, clara, rubia; es aquella cuyo color es inferior a 20 unidades (°EBC), aproximadamente entre 8,0 y 10 °EBC. (Rodríguez, 2003).

Grado alcohólico: el grado o graduación alcohólicos es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20 °C durante su medición experimental. El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica (Rodríguez, 2003).

El grado alcohólico varía, depende del tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo. El grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4 – 5 % (Dantur, 2006).

Densidad: el rango de densidades finales en cervecería oscila entre 0,997 – 1,040 g/mL dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado. Además, la densidad está estrechamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria.

pH: para cervezas tipo Lager el rango fluctúa en  $4,1 \pm 0,2$ . Estas cervezas elaboradas con una mayor relación de malta a adjuntos tienen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente de malta. El pH también depende del tipo de agua y su tratamiento con ácidos y/o sales de calcio (Swistowiez, 1977). El pH es un factor de importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores

minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación y algunos componentes minerales, ya que ejercen una influencia específica y estabilizadora de los iones de calcio sobre las amilasas. Los iones de calcio reaccionan con los fosfatos orgánicos e inorgánicos de la malta precipitando fosfatos de calcio, el resultado es la acidificación del mosto si el calcio está en forma de sulfato (Rodríguez, 2003).

Amargor: es el impacto sensorial en el consumidor que ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. Sin embargo, en la práctica el sabor es determinante en la elección del consumidor. El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coadyuvan en el proceso de clarificación (Rojas y Serna, 2000).

Temperatura: el control de temperatura es uno de los factores que más influye en la calidad de la cerveza y en su uniformidad en los diferentes lotes. La fermentación de la levadura produce calor a partir de la energía del metabolismo, elevando así la temperatura del mosto que debe ser contenida para que la levadura no produzca sabores extraños o muera por calor extremo. Los cambios de temperatura no controlados producen resultados indeseados, especialmente cuando los tamaños de los lotes son pequeños, dado que rápidamente se ven afectados por cambios en la temperatura ambiente. La temperatura óptima de fermentación depende del tipo de levadura, de la cepa, y del tipo de cerveza y los sabores que busca el cervecero. Tradicionalmente, los cerveceros fermentan las cervezas Ale alrededor de 20 °C y Lager entre unos 10 – 12 °C aproximadamente (Dalmasso, L. 2020).

Diacetilo: la levadura cervecera, durante la fermentación del mosto, produce innumerables subproductos, el diacetilo es uno de ellos y se puede considerar uno de los descriptores más popular en la elaboración de cerveza reconocido por su aroma similar a la manteca, pochoclo, o al toffee. El control de la temperatura afecta de manera directamente proporcional a los niveles de producción de diacetilo, a medida que aumenta la temperatura también lo hace la producción de este compuesto. Sin embargo, el aumento de la temperatura también acrecienta la tasa de reabsorción de diacetilo por la levadura que continúa metabolizándolo. La clave está en

proporcionar el tiempo de maduración y temperatura correcta para la reducción de diacetilo en cada cerveza, así garantizar la salud de la levadura y una fermentación vigorosa. El enfriamiento de la cerveza demasiado temprano puede dejar una cantidad considerable de precursor y diacetilo en la cerveza. En principio, es posible que la cerveza no tenga sabor a diacetilo, pero puede contener un alto nivel de precursor imperceptible, por lo que cualquier incorporación de oxígeno durante los trasvases o el envasado probablemente oxidarán el precursor transformándose en diacetilo (Dalmasso, L. 2020).

Agua empleada para elaboración de cerveza: Las industrias cerveceras, se construyen en aquellos lugares en los que se dispone de agua adecuada para el tipo de cerveza que se quiera producir. Así, por ejemplo, el alto contenido en sulfato cálcico resulta ideal para las cervezas de tipo “pale ale” (fermentada con levaduras altas y de color claro). En contraste con esto, las aguas blandas resultan ideales para la elaboración de cerveza tipo “lager” (fermentada con levaduras bajas). Además, el agua rica en bicarbonato cálcico resulta excelente para la producción de las cervezas más oscuras, como las de Múnich, Londres o Dublín (Muñoz, S y Sánchez, R., 2016).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder elaborar una cerveza artesanal se deben determinar los parámetros fisicoquímicos de calidad, a continuación, se muestra los análisis realizados a la cerveza y el agua utilizada para el proceso, además de los métodos utilizados:

**Cuadro 1.** Análisis de calidad realizados al agua.

| Producto | Determinación    | Método      | Límites permisibles |
|----------|------------------|-------------|---------------------|
| Agua     | Cloruros         | Kit brewlab | 50-150 mg/L         |
|          | Sulfatos         | Kit brewlab | 50-150 mg/L         |
|          | Dureza total     | Kit brewlab | 400 mg/L            |
|          | Alcalinidad      | Kit brewlab | 80-160 mg/L         |
|          | Dureza cálcica   | Kit brewlab | 160 mg/L            |
|          | Dureza magnésica | Cálculos    | 240 mg/L            |
|          | Sodio            | Cálculos    | <100 mg/L           |

Fuente: elaboración propia.

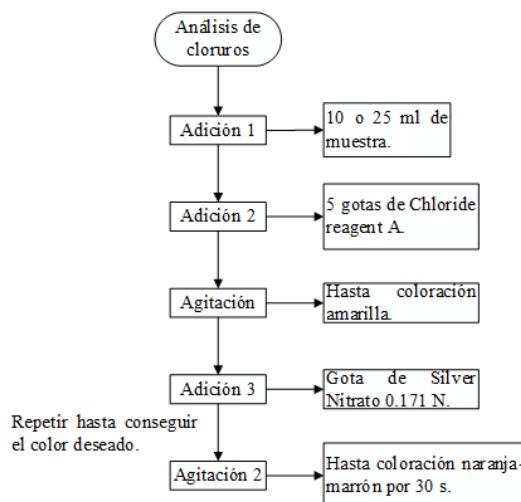
**Cuadro 2.** Análisis de calidad realizados a las cervezas.

| Producto | Determinación | Método           | Límites permisibles |
|----------|---------------|------------------|---------------------|
| Cerveza  | pH            | Potenciómetro    | 2.5-5               |
|          | Densidad      | Densímetro       | 0.1-45 ° plato      |
|          | Molienda      | Rendimiento      | -                   |
|          | Color         | Especrofotómetro | -                   |
|          | Diacetilo     | Cuantitativo     | -                   |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1 Determinaciones fisicoquímicas de agua.

**Figura 1.** Metodología de análisis de cloruros en agua.



Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.1. Cloruros

Cálculos:

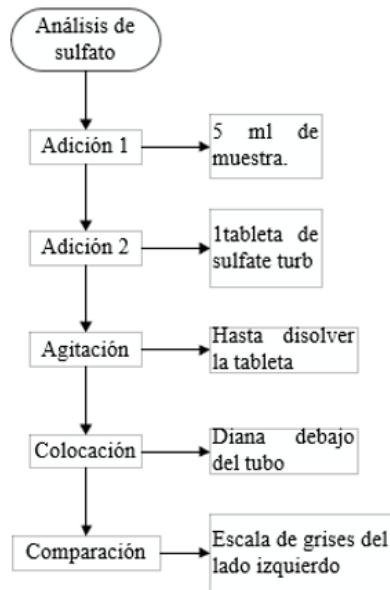
Multiplicar el número de gotas y anotarlo como ppm de cloro:

$$25 \text{ ml multiplicado} \times 10$$

$$10 \text{ ml multiplicado} \times 25$$

#### 2.1.2. Sulfatos

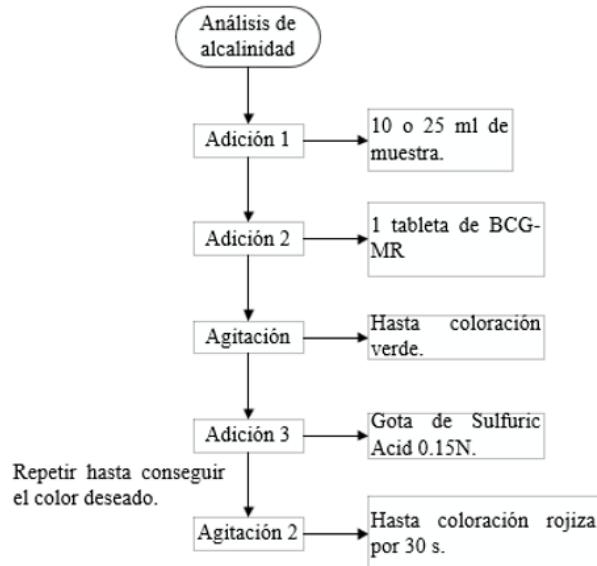
**Figura 2.** Metodología de análisis de sulfatos en agua.



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3. Alcalinidad

**Figura 3.** Metodología de análisis de alcalinidad en agua.



Fuente: elaboración propia.

Cálculos:

Multiplicar el número de gotas y anotarlo como ppm de alcalinidad total (CaCO<sub>3</sub>):

25 ml:multiplicado x 10

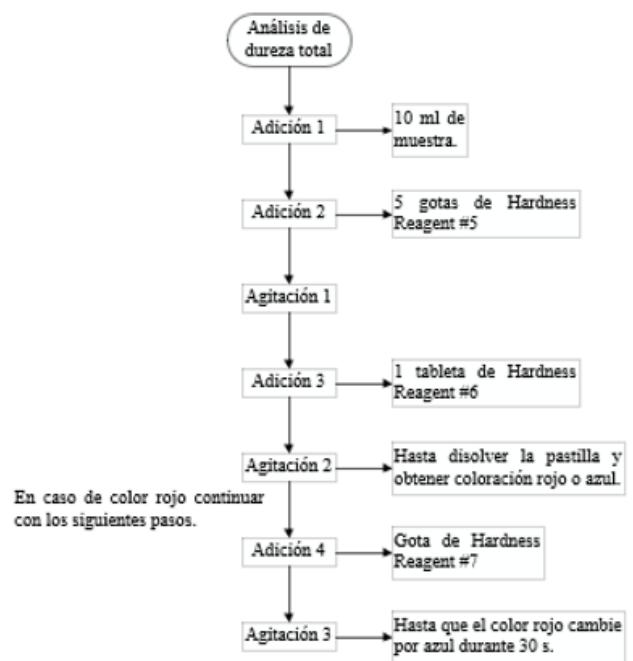
10 ml:multiplicado x 25

Alcalinidad residual:

$$Alc. residual = Alc. total = \frac{(dureza de calcio + dureza de magnesio \times 0.5)}{3.5}$$

#### 2.1.4. Dureza total

**Figura 4.** Metodología de análisis de dureza total en agua.



Fuente: elaboración propia.

Cálculos:

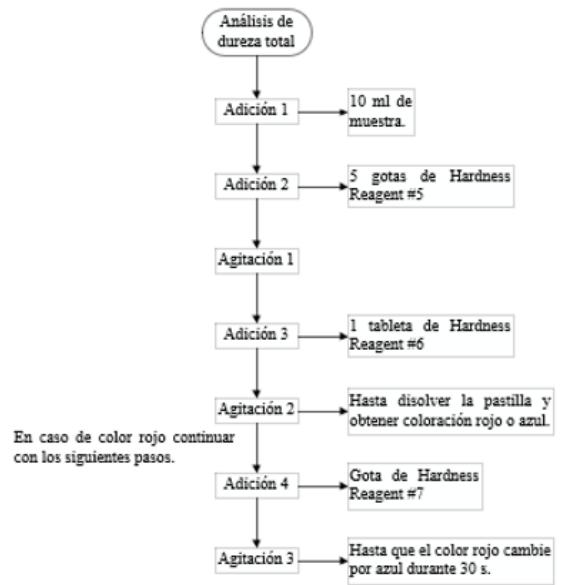
Multiplica el número de gotas y anótalo como dureza total (CaCO<sub>3</sub> ppm)

Línea superior:multiplica x 10

Línea inferior:multiplica x 20

#### 2.1.5. Dureza cárquica

Figura 5. Metodología de análisis de dureza cárquica en agua.



Fuente: elaboración propia.

Cálculos:

Multiplica el número de gotas y anótalo como dureza cárquica (CaCO<sub>3</sub> ppm)

Línea superior multiplica x 10

Línea inferior multiplica x 20

Para convertirlo a Calcio (Ca+2) multiplica el resultado del test por 0,4.

#### 2.1.6. Dureza magnésica

Cálculos:

$$\text{Dureza magnésica} = \text{Dureza total} - \text{Dureza cárquica}$$

Para convertirlo a magnesio (Mg+2) multiplica el resultado del test por 0,24.

#### 2.1.7. Sodio

Cálculos:

$$\text{Iones negativos (A)} = \frac{\text{Cloruro (ppm)}}{35} + \frac{\text{Sulfato (ppm)}}{48} + \frac{\text{Alcalinidad total (ppm como CaCO}_3\text{)}}{50}$$

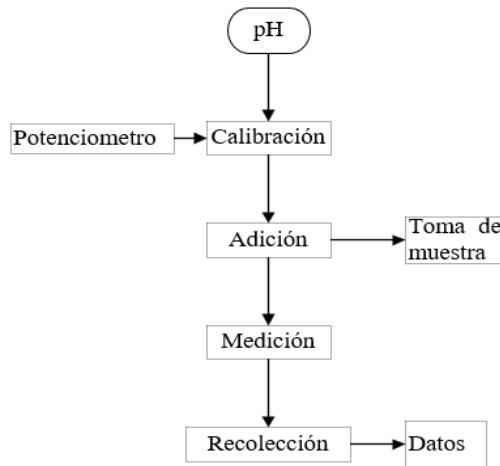
$$\text{Iones positivos (B)} = \frac{\text{Dureza total (ppm como CaCO}_3)}{50}$$

$$\text{Sodio (ppm)} = (A - B) \times 23$$

## 2.2 Determinaciones fisicoquímicas de cerveza.

### 2.2.1. pH

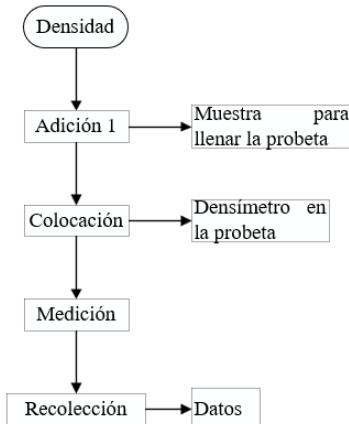
**Figura 6.** Metodología de análisis de pH.



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2. Densidad

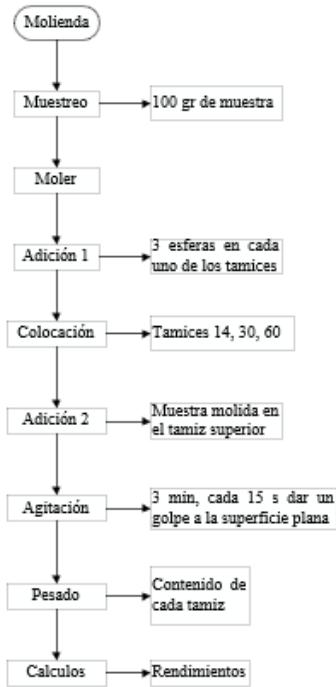
**Figura 7.** Metodología de análisis de densidad.



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3. Molienda

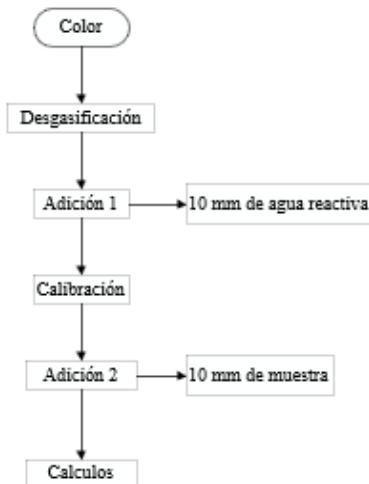
**Figura 8.** Metodología de análisis de molienda.



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.4. Color

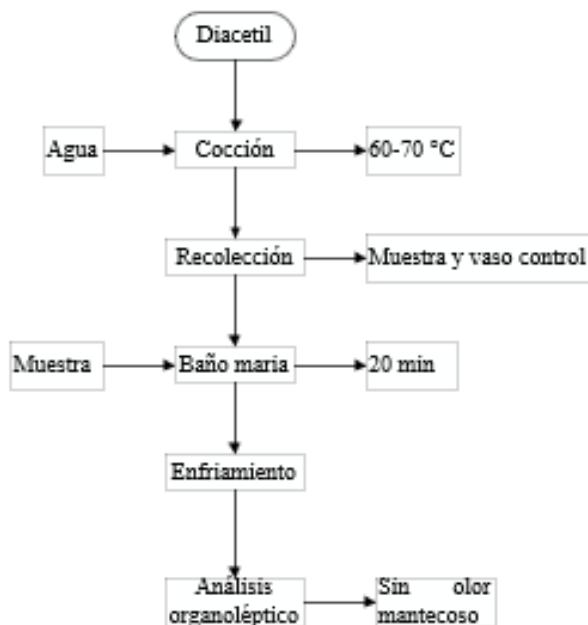
**Figura 9.** Metodología de análisis de color.



Fuente: elaboración propia.

## 2.2.5. Diacetilo

**Figura 10.** Metodología de análisis de diacetilo.



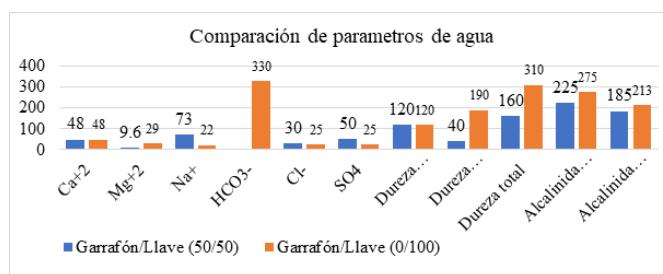
Fuente: elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Resultados de los análisis de parámetros de agua.

A continuación, en la Figura. 11 se muestra los resultados de los análisis de agua expresados en partes por millón (PPM), se realizaron dos análisis, uno de ellos fue a una combinación 50/50 entre agua purificada y agua potable, mientras que el otro análisis fue totalmente agua potable.

**Figura 11.** Gráfica de comparación de resultados de análisis de agua.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados se compararon con los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, de acuerdo con estos el agua utilizada para la elaboración de las cervezas están dentro de los rangos establecidos para el consumo humano, igualmente estos resultados se compararon con los perfiles recomendados para cada tipo de cerveza dentro de la empresa.

**Cuadro 3.** Perfiles recomendados de análisis de agua

| Perfiles recomendados | Parámetro |      |      |       |        |        |               |                 |              |                         |                            |
|-----------------------|-----------|------|------|-------|--------|--------|---------------|-----------------|--------------|-------------------------|----------------------------|
|                       | Ca+2      | Mg+2 | Na+  | HCO3- | Cl-    | SO4    | Dureza calcio | Dureza magnesio | Dureza total | Alcalinidad total CaCO3 | Alcalinidad residual CaCO3 |
|                       | 50-75     | 0-30 | <100 | 220   | 50-150 | 50-150 | 160           | 240             | 400          | 80-160                  | 60-120                     |

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el Cuadro 3 la mayoría de los análisis de agua cumplen con los perfiles recomendados, el parámetro de bicarbonato se encuentra muy por encima del perfil recomendado ya que este tiene un valor de 220 ppm mientras que el agua analizada tiene 330 ppm, en cuanto a la alcalinidad total y residual, los valores son elevados a los perfiles establecidos por la empresa, sin embargo, el agua 50/50 contienen un menor valor de los parámetros mencionados.

### 2.3 Resultados de los análisis de parámetros fisicoquímicos de cerveza.

Las actividades realizadas durante este periodo tienen el propósito de apoyar la evaluación de los análisis de calidad durante la producción de cerveza. En el Cuadro 4, se muestran los datos registrados en bitácoras y en sistemas virtuales de los parámetros de densidad, temperatura y pH de los productos realizados, además los resultados se comparan con las especificaciones establecidas en la NOM-199-SCFI-2017, en dicha norma establece que la densidad debe tomarse a una temperatura de 20°C y debe estar entre los límites de 0.1 a 45, por otra parte, el pH entre 2.5 y 5, teniendo en cuenta que la temperatura es una variable importante en la realización de los análisis.

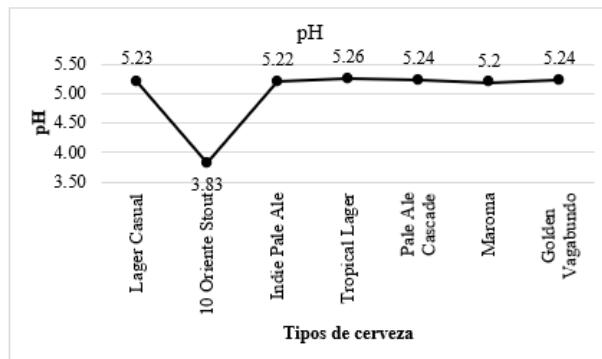
**Cuadro 4.** Datos recolectados de análisis de densidad, temperatura y pH.

| Tipo de cerveza  | Parámetro         | Inicial | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|------------------|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Lager Casual     | Densidad (°plato) | 10.75   | 2.75  | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5    |
|                  | Temperatura (°C)  | 18      | 18    | 16.5  | 17.5  | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17     |
|                  | pH                | 5.23    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 10 Oriente Stout | Densidad (°plato) | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      |
|                  | Temperatura (°C)  | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      |
|                  | pH                | 3.83    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Indie Pale Ale   | Densidad (°plato) | 8.75    | 6.5   | 3.25  | 2.75  | 2.75  | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2      |
|                  | Temperatura (°C)  | 18.5    | 19    | 19    | 19    | 19    | 16    | 19    | 19    | 18    | 19    | 19     |
|                  | pH                | 5.22    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Tropical Lager   | Densidad (°plato) | 9       | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5    |
|                  | Temperatura (°C)  | 14      | 14    | 14    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17     |
|                  | pH                | 5.26    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Pale Ale Cascade | Densidad (°plato) | 14      | 3     | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5    |
|                  | Temperatura (°C)  | 19      | 19    | 19    | 16    | 20    | 16    | 16    | 17    | 11    | 11    | 11     |
|                  | pH                | 5.24    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Maroma           | Densidad (°plato) | 11      | 7.5   | 5     | 4     | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5    |
|                  | Temperatura (°C)  | 14      | 14    | 14    | 14    | 16    | 16    | 17    | 21    | 21    | 21    | 21     |
|                  | pH                | 5.2     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Golden Vagabundo | Densidad (°plato) | 12      | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5    |
|                  | Temperatura (°C)  | 18      | 18    | 19    | 19    | 22    | 22    | 22    | 22    | 22    | 22    | 22     |
|                  | pH                | 5.24    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el pH de todas las cervezas y los resultados se recogen en la Figura. 12 que oscila entre  $5 \pm 0.3$ , a excepción del tipo *Stout* que tiene un pH de 3.83. Estos datos concuerdan con las especificaciones establecidas en la NOM-199-SCFI-2017, de acuerdo a esto los pH son los óptimos para el crecimiento de las levaduras y su proceso de elaboración.

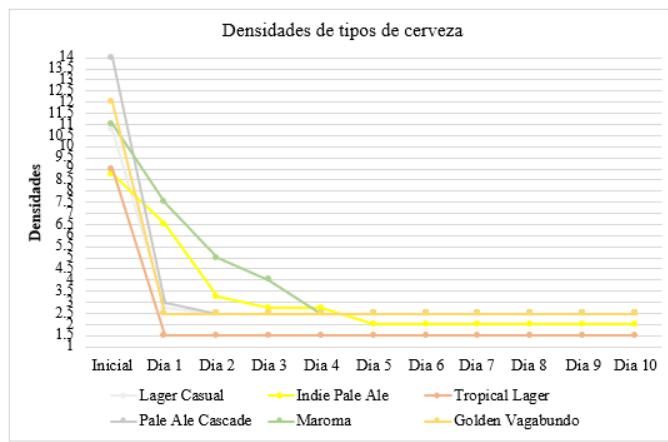
**Figura 12.** pH de las cervezas.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura. 13, se muestra la cinética de fermentación de las cervezas. Se observa los resultados obtenidos de los análisis de densidad por día, estos resultados los comparamos con la NOM-199-SCFI-2017, la cual especifica que los límites permisibles deben estar entre 0.1-45, de acuerdo a esto los productos realizados están dentro de los parámetros. La densidad de la cerveza dice mucho sobre la calidad de esta, por eso es un factor importante a observar durante su elaboración. La levadura se alimenta del azúcar fermentable y se obtiene como residuo de este proceso: alcohol etílico, dióxido de carbono y otros compuestos que influyen sobre el sabor de la bebida. De no garantizar la calidad e inocuidad del lúpulo, se podría desestabilizar la cerveza durante la fermentación.

**Figura 13. Densidades de las cervezas.**

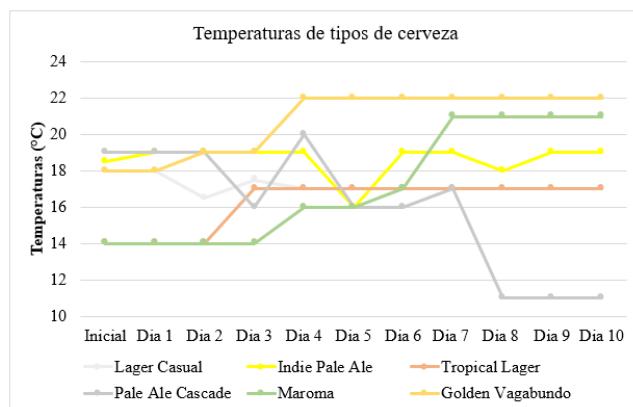


*Fuente: elaboración propia.*

Podemos observar que inicialmente las densidades se encuentran elevadas y dependiendo del tipo de cerveza tienen valores diferentes, conforme va pasando el tiempo estas tienden a disminuir lo que significa que el producto contiene menor cantidad de azúcares por lo que las cervezas tienen un menor grado alcohólico. Igualmente podemos identificar que a partir del día 5 estas comienzan a tener una densidad constante, esto es un indicador de que el producto se encuentra listo para ser transferido y posteriormente ser embotellado. Los valores finales se encuentran entre 1.5-2.5.

La temperatura registrada es la adecuada, esta debe ser estable alrededor de 20°C, ya que fue verificada para llevar a cabo el proceso de fermentación con las siguientes normas oficiales: NOM-199-SCFI-2017 y la NMX-V-013-NORMEX-2013. Podemos observar que al principio de la fermentación las temperaturas aumentan o disminuyen dependiendo del tipo de cerveza, hasta mantenerse constante cerca del valor mencionado en las normas; el único tipo de cerveza que se encuentra lejano al valor recomendado es la tipo pale *Ale Cascade*, la cual se encuentra en 11 °C a partir del día 8, lo cual no significa ningún problema, ya que de acuerdo a los resultados de densidad este producto ya había terminado con el proceso de fermentación y podía comenzar con el enfriamiento.

**Figura 14.** Temperaturas de las cervezas.



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 5, se muestran los resultados de los análisis de molienda realizados a diferentes tipos de maltas utilizadas dentro de la empresa, estos se pueden observar en gramos y en porcentaje, además de que se identifica la cantidad de partículas en cada una de las cribas utilizadas; estos resultados se compararán con estándares de empresas industrializadas.

**Cuadro 5.** Datos de análisis de molienda de maltas.

| Muestra              | Cribas |        |       | Fondo  | Total   |
|----------------------|--------|--------|-------|--------|---------|
|                      | 14     | 30     | 60    |        |         |
| Pale Altiplano       | 57.80  | 25.20  | 7.77  | 9.00   | 99.77   |
|                      | 57.93% | 25.27% | 7.80% | 9.03%  | 100.00% |
| Pils Altiplano       | 54.80  | 26.67  | 8.77  | 9.37   | 99.53   |
|                      | 55.03% | 26.77% | 8.83% | 9.37%  | 100.00% |
| Pilsen Altiplano     | 59.30  | 24.50  | 8.00  | 7.20   | 99.00   |
|                      | 59.95% | 24.75% | 8.10% | 7.25%  | 100.00% |
| Pale Nacional        | 56.35  | 25.15  | 8.35  | 10.50  | 100.30  |
|                      | 56.15% | 25.10% | 8.30% | 10.45% | 100.00% |
| Pils Malteurop       | 57.70  | 25.30  | 7.00  | 8.30   | 98.30   |
|                      | 58.60% | 25.80% | 7.10% | 8.50%  | 100.00% |
| Pale Malteurop       | 57.70  | 25.70  | 7.30  | 8.00   | 98.70   |
|                      | 58.40% | 26.00% | 7.40% | 8.10%  | 100.00% |
| Datos de Comparación | 50.00  | 37.50  | 5.00  | 3.50   | 96.00   |
|                      | 52.08% | 39.06% | 5.21% | 3.65%  | 100.00% |

Fuente: elaboración propia.

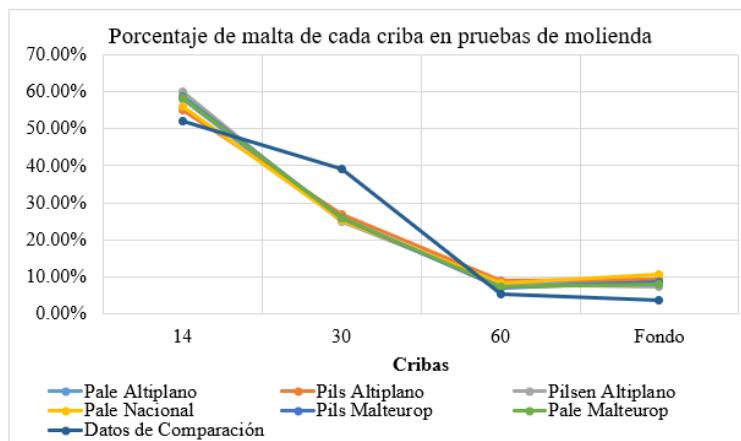
A continuación, podemos observar en la Figura. 15 los resultados de los análisis de molienda de cada tipo de malta utilizada en la producción, cada una de las muestras tiene un porcentaje final del 100%. Se observa los porcentajes obtenidos por cada una de las cribas, las cuales tienen un numero de apertura diferente (14, 30, 60 y fondo), por lo que cada cantidad resultante debe ser diferente con el fin de clasificar el tipo de molido.

El clasificar el tipo de molido es importante, ya que este no debe ser excesiva y el grano no debe quedar intacto. Cualquiera de estos dos extremos dificultará el procesamiento, en el primer caso habrá mucha harina, lo que afecta la filtración, en el segundo caso, el agua no podrá penetrar en los granos, por lo que la extracción del azúcar no será completa. Por lo que el producto final sería defectuoso, afectando sus características sensoriales y fisicoquímicas de la cerveza artesanal, es decir, que esta tenga un olor, color y sabor desagradable, así como un pH y densidad fuera del rango establecido. Lo que ocasionará pérdidas de materia prima, tiempo e ingredientes involucrados en el proceso de elaboración de la cerveza artesanal.

La oportunidad o probabilidad de cernido puede aumentarse en el proceso de tamizado tomando en cuenta diferentes variables, una variable muy importante es la inclinación de la superficie del tamiz: existe una inclinación óptima según el tamaño y superficie de las partículas. En general, el

tamizado se realiza por gravedad, en este caso el tamizado aumenta debido a que se somete a movimiento la superficie del tamiz, esto para facilitar el cernido y obtener mejores resultados.

**Figura 15.** Rendimientos de malta en cribas.



Fuente: elaboración propia.

Al momento de comparar los resultados obtenidos después del análisis de molienda con los estándares de empresas industrializadas, podemos observar que en la criba de apertura 14, los porcentajes son ligeramente mayores a los estándares, mientras que los datos de la criba de apertura 30 son menores a los establecidos por las empresas, en cuanto a la criba de apertura 60 los resultados son levemente mayores a los esperados, por último las partículas que se encuentran en el fondo son un poco mayores a los mencionados por las empresas. Sin embargo, si comparamos los resultados de las maltas utilizadas podemos notar que no hay una diferencia significativa entre los valores recabados. Esto significa que los valores son favorables.

Como se mencionó anteriormente estos resultados pueden variar por diferentes factores como el tipo de malta empleada, las personas encargadas de los análisis, el tipo de agitación empleada, etc.

En el Cuadro 6 se muestra el estilo de cerveza que se evaluó, se hicieron 3 repeticiones por cada absorbancia. Se determinó el SRM a 700 nm para comparar con el SRM de 430 nm y determinar si existe turbidez en la muestra. El color puede influir en la absorbancia, por lo tanto, en cervezas oscuras se deben hacer una solución.

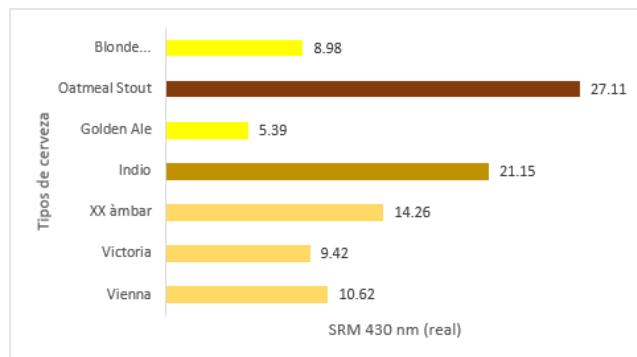
**Cuadro 6.** Datos de análisis de color (SRM) de las cervezas.

| Estilo               | Parámetro |            |            |            |          |                   |
|----------------------|-----------|------------|------------|------------|----------|-------------------|
|                      | Dilución  | Abs 430 nm | Abs 700 nm | SRM 700 nm | Turbidez | SRM 430 nm (real) |
| Golden Ale           | 1.0       | 0.42       | 0.01       | 1.95       | No       | 5.39              |
| <u>Vienna</u>        | 1.0       | 0.79       | 0.02       | 7.49       | No       | 10.08             |
| <u>Oatmeal Stout</u> | 1.0       | 2.13       | 0.82       | 267.89     | Si       | 27.11             |
| Blonde               | 3.0       | 0.24       | 0.10       | 95.09      | Si       | 8.98              |
| Victoria             | 1.5       | 0.49       | 0.02       | 8.47       | No       | 9.42              |
| <u>Vienna</u>        | 1.5       | 0.59       | 0.02       | 11.07      | No       | 11.16             |
| XX <u>ámbar</u>      | 3.0       | 0.37       | 0.01       | 13.03      | No       | 14.26             |
| Indio                | 3.0       | 0.56       | 0.02       | 20.84      | No       | 21.15             |

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 16 se observa que los resultados del análisis de SRM 430 nm (real), se analizaron tres cervezas industriales que fueron Victoria, XX ámbar e Indio para comparar con la colorimetría SRM de una cerveza estilo Vienna producida en la fábrica, debido a que los estilos son similares y podemos apreciar que la cerveza tipo Vienna entra en el mismo rango de color que Victoria y XX ámbar. Igualmente, los resultados de la cerveza tipo Stout están cercanos al rango establecido en la escala de color SRM (West Coast Brewer).

**Figura 16.** Comparación de color (SRM) de cervezas.



Fuente: elaboración propia.

En cuanto el análisis de diacetilo se realizó una prueba simple cualitativa la cual nos ayuda a identificar los precursores de diacetilo en las cervezas. Este análisis permiten evaluar si la maduración en caliente fue efectiva, y establecer el tiempo requerido para completar la maduración para cada estilo de cerveza. Los precursores de diacetilo se convierten en diacetilo por oxidación y se puede forzar esta conversión en el laboratorio, usando calor y oxígeno para transformar el precursor de diacetilo (no posee sabor) a diacetilo (presenta sabor) en poco tiempo. Si efectivamente hay presencia de diacetilo será necesario continuar con la maduración en caliente. Para saber si el producto está listo se olfateo cada una de las muestras después del tratamiento térmico y si este presentaba un olor mantecoso significaba que aun contenía diacetilo por lo que se elevaba unos grados la temperatura del fermentador y se dejaba que las levaduras continuaran con el proceso de absorción del diacetilo. Posteriormente se volvía a realizar la prueba hasta no detectar el olor mantecoso, lo que significa que el producto estaba listo para ser transferido, embarrillado, envasado y así comenzar con su enfriamiento.

## CONCLUSIONES

En este proyecto se realizaron análisis de calidad a las cervezas elaboradas dentro de la empresa cervecería Cholula, los análisis realizados fueron pH, densidad, molienda, color (SRM), diacetilo y análisis al agua utilizada para el proceso. Posteriormente con los datos recabados se realizó un *dashboard* para su análisis y verificar que estos parámetros cumplen con los estándares de calidad.

Se realizaron dos pruebas de agua, uno de ellos fue a una combinación 50/50 entre agua purificada y agua potable, mientras que el otro análisis fue totalmente agua potable. De acuerdo a la NOM-127-SSA1-2021 los resultados están dentro de los rangos establecidos para el consumo humano. Igualmente se compararon con perfiles recomendados establecidos por la empresa, los perfiles de bicarbonato, alcalinidad total y residual se encuentran elevados a lo recomendado.

Se tomaron siete cervezas como objeto de estudio, a los cuales se determinaron los valores de pH, densidad, molienda y diacetilo.

El pH de las cervezas analizadas oscila entre  $5 \pm 0.3$ , a excepción del tipo stout que tiene un pH de 3.83, de acuerdo a estos valores los productos cumplen con las especificaciones establecidas en la NOM-199-SCFI-2017.

Los valores de densidad de los últimos días se encuentran entre 1.5-2.5, de acuerdo a la NOM-199-SCFI-2017, estos resultados cumplen con los límites permisibles establecidos por lo que los productos se encontraron en óptimas condiciones.

La temperatura de las cervezas se mantiene constante y cercana a los 20°C que están establecidos en las normas NOM-199-SCFI-2017 y la NMX-V-013-NORMEX-2013, exceptuando el tipo pale ale cascade que termino con un valor de 11°C.

Se utilizaron siete tipos de maltas como objeto de estudio, se les determino su rendimiento de acuerdo a un análisis de molienda. Los resultados se compararon con estándares de empresas industrializadas. En cuanto la criba 14, los porcentajes son ligeramente mayores, en la criba 30 los valores son menores a los establecidos, en la criba 60 los resultados son levemente mayores a los esperados y los porcentajes del fondo son un poco mayores a los estándares de las empresas. Los resultados de las maltas utilizadas no tienen una gran diferencia entre ellas, por lo que son valores favorables.

Se realizaron pruebas de color (SRM) a siete tipos de cerveza, en las cervezas tipo Stout y Blonde existe turbidez, mientras que las demás cervezas analizadas no cuentan con turbidez; Se comparo la cerveza Vienna con tres cervezas industriales, este producto entra en el mismo rango de color de la cerveza Victoria y XX ámbar, con valores de 9.42 y 14.26 respectivamente.

La prueba de diacetilo se realizó de manera cualitativa, esta nos indica la presencia de diacetilo mediante el olor, el producto se considera libre de diacetilo cuando no existe un olor mantecoso.

Tras analizar diversos parámetros de calidad en las muestras de cerveza artesanal, se han obtenido resultados significativos que ofrecen una visión integral de la composición y características de los productos evaluados. La importancia del análisis de calidad como herramienta fundamental para garantizar la excelencia en la producción de cerveza artesanal, proporcionando información clave para orientar futuras mejoras y mantener la satisfacción de los consumidores. En general, los resultados indican que en la producción de cerveza artesanal en la empresa Cervecería Cholula

ubicada en San Pedro Cholula, Puebla, se siguen métodos de análisis vigentes y confiables para la determinación de parámetros ligados a la elaboración de la cerveza artesanal.

## REFERENCIAS

Ayala, J., Ortiz, J., Guevara, C., & Maya, E. (2018). Herramientas de Business Intelligence (BI) modernas, basadas en memoria y con lógica asociativa.  
<https://www.revistapuce.edu.ec/index.php/revpuce/article/view/144/246>

Cusiyupanqui, C. (2005). Control de calidad de planta en la fabricación de bolígrafos y plumones. Recuperado de:

[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cusiyupanqui\\_cc/cap4.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cusiyupanqui_cc/cap4.pdf)

Dalmasso, L., et al. (2020). Microbiología cervecería, manual teórico práctico. Primera edición. Facultad de Agronomía, Universidad de la Pampa. Toay, La Pampa, Argentina. 44,50-51 p. Recuperado de:

[https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7356/lbalmic020\\_c.pdf?sequence=1&isAllo wed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7356/lbalmic020_c.pdf?sequence=1&isAllo wed=y)

Dantur, M. (2006). Estudio de mercado para la organización de una pyme de bases biotecnológicas: cerveza de elaboración artesanal. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

Giraldo Pinto, D. A. (2023). Propuesta de mejoramiento del sistema de gestión (DPO) en logística del reparto para la empresa León León e Hijos, contratista de Bavaria.

López, V. (2012). Tesina para la obtención del grado de Especialización en Biotecnología.

Sendechó, bebida prehispánica, estudio del malteado y propuesta tecnológica de elaboración. Posgrado en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.

Martínez, A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y

cerveza industrial. Trabajo de grado. Universidad de Lleida. Lérida, España.

Martínez-Robalino, A. D. (2017). Metodología para el diseño de Dashboards orientado hacia el registro de evidencias en el proceso de evaluaciones institucionales. Universidad Internacional La Rioja.

Muñoz, S., & Sánchez, R. (2016). El agua en la industria alimentaria. Bol Soc Esp Hidrol Med. 33 (2). 161 p. Recuperado de:

[https://hidromed.org/hm/images/pdf/BSEHM%202018\\_33\(2\)157-171\\_Mu%C3%B1oz-S.pdf](https://hidromed.org/hm/images/pdf/BSEHM%202018_33(2)157-171_Mu%C3%B1oz-S.pdf)

Recio, G. (2004). El nacimiento de la industria cervecera en México, 1880-1910. Facultad de Economía de la UNAM. Ciudad de México, México.

Rodríguez. (2003). Universidad Austral de Chile. Determinación de Parámetros Físico-químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile.

Rojas, C., & Serna, S. (2000). Recuperado el 10 de febrero de 2017 <http://www.mty.itesm.mx/die/dire/transferencia/transferencia51/eli1-51.html>.

Ruiz Borja, J. E. (2018). Comparación de herramientas ETL de código abierto. Universidad Nacional de Colombia.

Shahin, A., & Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance indicators.

International Journal of Productivity and Performance Management, 56(3), 226–240 p.  
<https://doi.org/10.1108/17410400710731437>

Suárez Díaz, M. (2013). Cerveza, componentes y propiedades.

Swistowicz, W. (1977). El Cervecer en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 413 p.

UNAM-Boston. (2021). La historia y producción de cerveza en el mundo y México.

Recuperado de:

[https://unamglobal.unam.mx/global\\_revista/lhistoria-de-la-cerveza/](https://unamglobal.unam.mx/global_revista/lhistoria-de-la-cerveza/)