



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA E INOCUIDAD DE LOS
ALIMENTOS**

**ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL ESTILO
VIENNA LAGER EMPLEANDO COMO ADJUNTO
CHAYOTEXTLE (*Sechium edule*)**

TESINA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA E INOCUIDAD DE LOS
ALIMENTOS**

PRESENTA

M. en C. ERIKA LORENZINI DAVILA

ASESOR

DR. ARMANDO MENA CONTLA

COASESOR

M.S.P CARLOS CABRERA MALDONADO

PUEBLA, PUE.

MARZO 2024

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

1. ANTECEDENTES	1
1.1. Origen de la cerveza.....	1
1.2. Industria de la cerveza en México.....	1
1.3. Estilos de cerveza.....	2
1.3.1. Cervezas Ale	3
1.3.2. Cervezas lager	3
1.3.2.1. Cerveza Vienna Lager.....	4
1.4. Ingredientes de la cerveza	5
1.4.1. Agua.....	5
1.4.2. Malta	5
1.4.3. Lúpulo.....	6
1.4.4. Levadura.....	7
1.4.5. Adjuntos	8
1.5. Chayotextle.....	8
1.6. Proceso de elaboración de cerveza.....	9
1.6.1. Maceración	9
1.6.2. Cocción.....	9
1.6.3. Fermentación	10
1.7. SRM de la cerveza	10
1.8. Microbiología cervecera.....	11
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVO GENERAL	14
4. OBJETIVOS PARTICULARES.....	14
5. DIAGRAMA DE TRABAJO.....	15
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
6.1. Material biológico.....	16
6.1.1. Chayotextle.....	16
6.1.2. Malta	16
6.1.3. Lúpulos	16
6.1.3.1. Características del Lúpulo.....	17
6.1.4. Levadura Lager	17
6.2. Materiales y Métodos de Referencia	17
7. METODOLOGÍA.....	19
7.1. Diseño del estilo de la cerveza Vienna Lager.....	19
7.1.1. Perfil Vienna Lager (BJCP, 2008).....	19

7.2. Obtención del Chayotextle.....	19
7.3. Limpieza y desinfección de equipos.....	20
7.4. Diseño de perfil Tratamiento 1: (Control).....	20
7.4.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 1 (control).....	20
7.5. Perfil del Tratamiento 2: (15% chayotextle).....	22
7.5.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 2 (15% chayotextle).....	22
7.6. Perfil del Tratamiento 3: (30% chayotextle).....	24
7.6.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 3 (30% chayotextle).....	24
7.7. Procedimiento para la elaboración de la cerveza Vienna Lager.....	26
7.7.1. Molienda.....	26
7.7.2. La cantidad de agua para elaborar la cerveza se calcula de la siguiente manera.....	26
7.7.3. Maceración.....	27
7.7.3.1. Maceración Etapa Mash in.....	27
7.7.3.2. Maceración etapa Mash out.....	27
7.7.4. Filtración del mosto.....	28
7.7.5. Cocción.....	28
7.7.5.1. Adición de Lúpulos.....	28
7.7.5.2. Lúpulo Hallertau.....	29
7.7.5.3. Lúpulo Saaz.....	29
7.7.6. Enfriado del mosto.....	30
7.7.7. Decantación del mosto.....	30
7.7.8. Fermentación.....	30
7.7.9. Trasiego.....	31
7.7.10. Envasado.....	31
7.7.11. Maduración.....	31
7.8. Análisis físicoquímicos.....	31
7.8.1. Gravedad original.....	31
7.8.2. Gravedad final.....	32
7.8.3. Determinación de ABV por fórmulas matemáticas.....	32
7.8.4. Determinación de ABV por Método Gay Lussac.....	32
7.8.5. Determinación de pH en cerveza:.....	33
7.8.6. Determinación de color en cerveza.....	33
7.9. Determinación de análisis microbiológico.....	34
7.10. Análisis estadístico.....	34
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
8.1. Obtención del chayotextle.....	35
8.2. Cálculo de insumos para la elaboración de Cerveza Vienna Lager.....	35
8.3. Resultado del cálculo de la temperatura para maceración etapa Mash In:.....	36
8.4. Cantidad de agua total a ocupar para preparar 7 litros de cerveza.....	37
8.5. Resultado de la cocción.....	39
8.6. Calculo de los Lúpulos.....	40
8.7. Fermentación.....	41
8.8. Resultados de análisis de los perfiles.....	43

8.8.1. Resultados y discusión del tratamiento 1 (Control)	43
8.8.2. Resultados y discusión del Tratamiento 2 (15% chayotextle)	44
8.8.3. Resultados y discusión del Tratamiento 3 (30% chayotextle)	45
8.8.4. Comparación de ABV mediante Gay Lussac y fórmulas matemáticas	45
8.8.5. Evaluación de grado de alcohol por Gay Lussac	47
8.8.6. Evaluación de color	48
8.8.7. Grados Brix.....	49
<i>8.9. Resultados microbiológicos de los tres tratamientos.....</i>	<i>50</i>
8.9.1. Resultados microbiológicos del tratamiento 1 (Control)	52
8.9.2. Resultados microbiológicos del Tratamiento 2	52
8.9.3. Resultados microbiológicos del Tratamiento 3	53
9. CONCLUSIÓN.....	54
10. SUGERENCIAS	55
11. BIBLIOGRAFÍA	56
12. ANEXOS.....	62
12.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	62
12.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN MINITAB.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El pan y la cerveza constituían elementos muy frecuentes en la alimentación de los antiguos egipcios. Fuente: (Ferreyra, 2014).	1
Figura 2. SRM (Mosher, 2017).....	11
Figura 3. Esquema para la detección y enumeración de microorganismos importantes en cervecería.....	12
Figura 4. a) Chayotextle y b) Deshidratación del chayotextle, c) Chayotextle seco.....	35
Figura 5. Malta Vienna Weyermann.....	36
Figura 6. Chayotextle (<i>Sechium edule</i>).....	36
Figura 7. Medición de la temperatura del grano después de la molienda.	37
Figura 8. Mezcla de la malta molida y/o chayotextle con agua a 68° C.	38
Figura 9. Proceso de extracción.....	39
Figura 10. Ebullición del mosto	39
Figura 11. Enfriado del mosto.	41
Figura 12. Gravedad inicial OG y gravedad final FG.	41
Figura 13. Fermentación.	42
Figura 14. Maduración	42
Figura 15. Determinación de grados de alcohol por Gay Lussac	47
Figura 16. Determinación de color	48
Figura 17. Análisis de microorganismos	52
Figura 18. Técnica de vertido en placa para bacterias mesofilas aerobias.	62
Figura 19. Técnica de vertido en placa para coliformes totales.Fuente: (Camacho et al., 2009). ...	63
Figura 20. Técnica de vertido en placa para Hongos y levaduras. Fuente: (Camacho et al., 2009).	64

ÍNDICE DE DIAGRAMA DE FLUJO

Diagrama 1. Diagrama de trabajo consiste en realizar la cerveza Vienna lager y los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la interpretación de los resultados. 15

Diagrama 2. Elaboración de cerveza Vienna Lager, consiste en las siguientes etapas: Molienda, maceración, filtración del mosto, cocción, enfriado, fermentación, decantación, envasado y maduración..... 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y métodos	17
Tabla 2. Métodos y referencias	18
Tabla 3. Especificaciones para maltas, extractos y adjuntos	21
Tabla 4. Variación en el extracto potencial de las maltas cerveceras	22
Tabla 5. Porcentaje de alfa ácidos, para el cálculo de IBUs.....	29
Tabla 6. Resultado de la cantidad de malta, chayotextle y lúpulo	36
Tabla 7. Variables obtenidas de los tres tratamientos	43
Tabla 8. Análisis microbiológico de los Tratamientos	51

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Adición del lúpulo. Fuente: Diseño del estudio.	40
Gráfica 2. Se muestra diagrama de cajas de ABV.....	46
Gráfica 3. Gráfica de caja de ABV por el método de Gay Lussac.....	48
Gráfica 4. Diagrama de caja para la determinación SRM.....	49
Gráfica 5. Muestra el "Diagrama de cajas y bigotes" para la determinación de °Brix	50

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a mis abuelos, incluyendo a mis padres, hermanos y sobrinos, por todo el apoyo que me han brindado.

Además, quiero agradecer al posgrado "Especialidad en Tecnología e Inocuidad de los Alimentos" y a todos los docentes que me han impartido clases.

También deseo mostrar mi agradecimiento a mi director de tesis, el doctor Armando Mena Contla, y a mi coasesor, el M.S.P Carlos Cabrera Maldonado. Igualmente, quiero agradecer a mis revisores de tesis, la Dra. Laura Morales Lara, la Dra. Ivonne Pérez Xochipa y la Mtra. Obdulia Vera López.

1. ANTECEDENTES

1.1. Origen de la cerveza

La cerveza es una de las bebidas más antiguas de la humanidad, cuya existencia se remonta al año 10.000 a.C. según historiadores. Desde entonces, ha sido uno de los líquidos más consumidos en todo el mundo (Arroyo, 2019). Esta bebida se originó en otras culturas y Egipto (3000 a. C.), siendo un elemento esencial en la dieta y base de muchas relaciones sociales, fiestas y reuniones (Barth, 2013). Otra historia sostiene que hace más de 8.000 años en Mesopotamia, un hombre hambriento consumió un trozo de pan húmedo fermentado, experimentando así los efectos del alcohol. Además, la preparación de incubación de miga de pan en agua también se encuentra descrita en una tabla de arcilla que data del año 4.000 a.C. en Egipto (Figura 1). En esta descripción, el efecto estimulante producido por el alcohol se atribuía a Osiris, el Dios de la agricultura (Ferreyra, 2014).

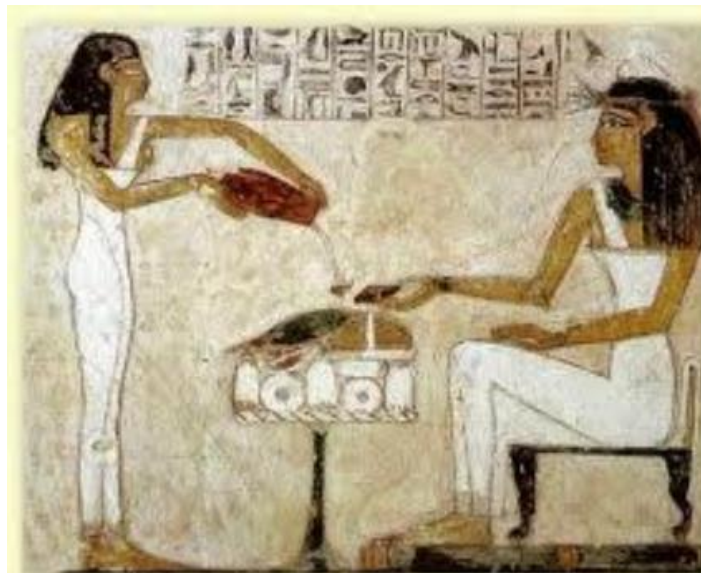


Figura 1. El pan y la cerveza constituían elementos muy frecuentes en la alimentación de los antiguos egipcios. Fuente: (Ferreyra, 2014).

1.2. Industria de la cerveza en México

La historiadora María del Carmen Reyna, del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH-Conaculta), menciona que, en 1542, el monarca Carlos V autorizó la

elaboración de cerveza en la Nueva España, se elaboraba en una fábrica establecida en Amecameca bajo la dirección de Alfonso de Herrera de España. Se contrataron expertos cerveceros de Europa que contaban con la habilidad, práctica y experiencia necesarias para fabricar la cerveza. La cervecería original duró alrededor de 4 o 5 años y no contaba con las condiciones necesarias para mantenerse. Debido al alto costo de producción, la cantidad producida era limitada. Por lo tanto, se decidió transportar la bebida en barcos, pero se debían cumplir ciertos requisitos para mantener su calidad (INAH, 2016).

Al norte del país, en Sonora y Chihuahua, se establecieron algunas de las primeras Cervecerías, lo mismo que en Jalisco, las cuales eran trabajadas por productores ingleses y alemanes. Posteriormente, se abrieron más cerveceras al sur del país. A principios del siglo XX comenzaron a aparecer grandes empresas cerveceras, como Modelo, fundada por los españoles en 1925. Para tener suficiente agua cerca del río San Joaquín, se invitó a cerveceros extranjeros para elaborarla. Luego crearon envases de vidrio y tapas de botellas lo suficientemente funcionales para cubrir y proteger líquidos. La empresa comenzó a expandirse y en 1950 compró una cervecería en Yucatán que tenía un volumen de producción muy alto, pero curiosamente dejó de existir cuando se compró. Sin embargo, siguió creciendo, vendiendo ocho marcas y fusionándose con socios mexicanos. Poco a poco se fueron abriendo más empresas con capital nacional, como Corona —que actualmente exporta a muchos países—, Indio, Tecate, Cuauhtémoc, Yucateca, Moctezuma, etcétera, que se vieron favorecidas con el ferrocarril y el transporte marítimo (INAH, 2016).

1.3. Estilos de cerveza

La variedad de estilos de cerveza es amplia, y cada uno tiene un sabor característico influenciado por la levadura, las maltas, el lúpulo y el agua. Pequeños cambios en estos ingredientes pueden dar lugar a estilos completamente diferentes. Cada país, región geográfica e incluso cada ciudad

puede tener su propio estilo de cerveza. Al definir un estilo de cerveza, es importante considerar la levadura, ya sea un estilo Lager o Ale, y también la temperatura de fermentación (Palmer, 2006). Los estilos de cerveza son una fascinante diversidad de sabores, aromas y características que hacen que cada cerveza sea única. Daniels (1998) señala en su libro "Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles" algunos estilos y tipos de cerveza.

1. Pale Ale: Caracterizado por su equilibrio entre malta y lúpulo.
2. India Pale Ale (IPA): Famosa por su amargor y aroma a lúpulo.
3. Stout: Cerveza robusta con notas de café.
4. Porter: Similar a la Stout pero menos intensa.
5. Belgian Abbey Ale: Rica en Maltosidad y especias.
6. Hefeweizen: Cerveza de trigo alemana con sabores a plátano y clavo.
7. Pilsner: Limpia, refrescante y con lúpulos nobles.
8. Barleywine: Fuerte y maltosa, con notas de frutas secas y caramelo.
9. Saison: Estilo belga rústico, a menudo especiado y afrutado.
10. Lambic: Cerveza ácida y fermentada con levaduras salvajes.

1.3.1. Cervezas Ale

Tanto las cervezas Ale como las Lager se producen en una amplia variedad de estilos, desde fuertes y ricas (barleywine y doppelbock) hasta refrescantes y con un sabor a lúpulo (IPA y pilsner). La principal diferencia entre ambas radica en el tipo de levadura utilizado y el proceso de fermentación. Las cervezas Ale se fermentan a temperatura ambiente y suelen tener una notable cantidad de ésteres con aroma a fruta, debido a esta fermentación más cálida. Esta frutuosidad puede ser suavizada, como en una dry stout, o realzada, como en las barleywine (Palmer, 2006).

1.3.2. Cervezas lager

Esta es la segunda de dos grandes grupos de cervezas. A diferencia de las cervezas Ale, se elaboran con levadura *Saccharomyces carlsbergensis* (o *pastorianus*), que tiende a asentarse hasta depositarse en el fondo del tanque, de

ahí el nombre de "fermentación de fondo". Estas levaduras fermentan mejor a temperaturas entre 4 y 9 °C, mientras que las mejores levaduras fermentan a temperaturas más altas. Después de la fermentación, requieren almacenamiento a largo plazo en tanques fríos. En el pasado, este almacenamiento se realizaba en cuevas profundas y frías, de ahí el nombre de Pilsner o Pilsen, que proviene de la palabra alemana "lagern", que significa almacenar. A pesar de que la producción de cervezas lager tuvo su origen durante el siglo XVI, es en el siglo XX cuando alcanza su mayor auge debido a la aparición de los mecanismos de refrigeración que facilitaron su conservación. Los estilos más difundidos del grupo lager son Pilsen o Pilsner, Draft o Draught, Ice, Märzen, Bock y Rauch. Dentro de ellos, sin duda, el más comercializado a nivel global es el primero (González y Marcos, 2017).

Las cervezas lager se fermentan en frío, lo que significa que las reacciones químicas metabólicas de la levadura se ralentizan. Las notas altas afrutadas de ésteres y otros productos químicos producidos por fermentaciones ale se encuentran en la lager a niveles mucho más bajos. Una fermentación prolongada permite suficiente tiempo para que estos químicos sean reabsorbidos y convertidos en compuestos menos olorosos. Esto significa que la lager tiene un sabor más limpio y simple, con más énfasis en la malta y el lúpulo (Mosher, 2017).

1.3.2.1. Cerveza Vienna Lager

Cerveza ámbar fue desarrollada en 1841 por Anton Dreher en Viena, se hizo popular a mediados y finales de 1800 de moderada intensidad con una maltosidad suave, afable, un moderado amargor y un final aun relativamente seco. El sabor a malta es limpio, rico a pan y algo tostado, con una impresión elegante derivada de las maltas base y el proceso, sin maltas especiales ni adjuntos. Color rojizo ámbar suave a cobre, claridad brillante, espuma blanquecina grande, persistente.

La malta Vienna proporciona un perfil ligeramente tostado y complejo rico en Maillard. Como con la Märzen, sólo se debe utilizar malta de la mejor calidad junto a lúpulos continentales (Krennmair, 2020).

1.4. Ingredientes de la cerveza

Los ingredientes habituales para la cerveza son agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Además, se pueden agregar otros ingredientes como granos adicionales (trigo, avena, centeno), azúcares, frutas, especias y levaduras especiales para crear diferentes estilos de cerveza (Barth, 2013).

1.4.1. Agua

La importancia del agua en el proceso de elaboración de la cerveza radica en su composición, pH, dureza y otros factores que pueden influir en el sabor, olor, aroma y calidad de la cerveza (Palmer y Kaminski, 2013). Es fundamental que el agua utilizada en las cervecerías no sea perjudicial para los consumidores ni afecte el sistema de plomería. Debe cumplir con los requisitos legales, tanto químicos como microbiológicos, y satisfacer los estándares cerveceros en términos de claridad, color, sabor y olor (Bamforth, 2002).

1.4.2. Malta

Los granos se maltean de diferentes maneras y a veces se nombra el proceso según la ciudad donde se utilizó por primera vez. Los diferentes estilos de cerveza se nombran según las maltas modificadas utilizadas, algunas conocidas por su aroma o sabor. Entre ellas se encuentran las maltas aromáticas tostadas, la malta de miel obtenida mediante un largo proceso de ebullición, y la malta biscocho ligeramente tostada. Las variaciones en el grado de germinación del grano, el contenido de humedad y el tostado pueden producir resultados diferentes (Jackson, 1998).

La malta Viena: es producida de la misma manera que la malta Munich con aplicaciones similares. Es más clara en el color que la malta Munich, lo cual le da un efecto de dorado a naranja. Contiene las enzimas adecuadas para la conversión de su propio almidón (Daniels, 1998). Esta malta puede dar un sabor a malta tostada, pero no espere que sea evidente, ya que se parece más a una corteza sin tostar que a pan tostado (BJCP, 2015).

Fórmula para calcular la cantidad de malta:

$$UD = OG * \frac{Q}{3.785}$$

UD= Unidad de densidad necesarias

OG=Densidad inicial

Q= Volumen

Sabiendo las unidades de densidad totales que se necesitan, se puede determinar cuántas de estas unidades nos aportara cada malta. Ello va en función del porcentaje que suponga cada una de ellas.

$$IG = UD * \text{Factor porcentual}$$

Por último, se calcula la cantidad de malta necesaria de cada malta lo que depende de su extracto potencial o coeficiente de eficiencia, es decir, su capacidad para aportar al mosto azúcares fermentables. Además, depende del rendimiento del equipo de maceración que suele estimarse en un 80% (Rojo-León, 2018).

$$P = \frac{IG * 0.4536}{G * R}$$

P= Cantidad de malta requerida Kg

G= Coeficiente de eficiencia (Varía según el tipo de malta).

R= Rendimiento del equipo macerador

1.4.3. Lúpulo

Antes de los lúpulos la cerveza ha sido elaborada sólo con lúpulos desde los años 1200s. Antes de ello, los cerveceros en diferentes partes del mundo usaron un amplio espectro de hierbas y especias que eran originarias de sus tierras para contrabalancear el dulzor de la malta (Calagione, 2011).

El lúpulo (*Humulus lupulus* L.) se emplea para aromatizar la cerveza y obtener el característico sabor amargo de la bebida (Román et al., 2007).

La cerveza no sería lo que es sin el lúpulo, que le da balance y es la característica de varios estilos de cerveza. El amargor del lúpulo balancea la dulzura de los azúcares de malta, y le da un final refrescante. El principal agente amargo es una resina ácida, que es insoluble en agua y se isomeriza al hervir. Cuanto mayor sea el tiempo de ebullición, mayor será la tasa de isomerización y más amarga la cerveza. Sin embargo, el aceite que le da su sabor y aroma característicos es muy volátil y se pierde en grandes cantidades durante la cocción. Hay muchas variedades de lúpulos, pero generalmente se los divide en dos categorías generales: Amargor y Aroma. Los de Amargor tienen gran concentración de alfa ácidos, alrededor del 10% de su peso. Los Aroma son generalmente más suaves, alrededor del 5%, y dan un sabor y aroma más agradables a la cerveza. Unas cuantas variedades de lúpulos son intermedios entre los de Amargor y los Aroma, y son usados para ambos propósitos. Los de Amargor se agregan al comienzo del hervor, y se hierven por alrededor de una hora. También se los llama *Kettle Hops*. Los Aroma se agregan hacia el final del hervor, y se hierven por 15 minutos o menos. Los Aroma son también llamados *Finishing Hops*. Agregando diferentes tipos de lúpulo en distintos momentos del hervor se puede establecer un perfil de lúpulo más complejo, que da a la cerveza un balance de amargor, sabor y aroma (Palmer, 1996). El lúpulo determina, en gran medida, las cualidades típicas de la cerveza, tales como el sabor amargo y la estabilidad de la espuma (Morales-Toyo, 2018). Es importante destacar que el lúpulo cumple múltiples funciones en la cerveza, como clarificar, formar espuma, aportar sabor amargo y contribuir a su conservación (Vogel, 1999).

1.4.4. Levadura

La levadura es un ingrediente esencial en la producción de cerveza (Hornsey y Barrado, 2002). Aunque su función principal es convertir el azúcar en alcohol, también tiene un impacto significativo en el sabor y aroma de la cerveza (Vogel, 1999). De hecho, muchos cerveceros consideran que la levadura es el ingrediente más importante en el proceso de elaboración de la cerveza.

La levadura es un organismo unicelular que pertenece a la familia de los hongos (Hornsey y Barrado, 2002). Durante la fermentación, la levadura consume los azúcares contenidos en la mezcla de malta, lúpulo y agua y produce dióxido de carbono y alcohol como subproductos.

La cepa de levadura utilizada en el proceso de elaboración de la cerveza puede tener un impacto significativo en el sabor y aroma de la cerveza. Por ejemplo, las cepas de levadura de fermentación alta tienden a producir cervezas con sabores frutales y aromas fuertes, mientras que las cepas de fermentación baja producen cervezas más limpias y crujientes (White & Zainasheff, 2010).

1.4.5. Adjuntos

Aunque la malta de cebada es el grano dominante en la mayoría de los estilos de cerveza clásicos, los cerveceros han reconocido el valor de los granos alternativos o adjuntos desde la antigüedad. Hay muchas razones para el uso de granos adjuntos. Las cervezas de trigo, las stouts de avena y las cervezas de centeno todas requieren granos específicos además de malta (Mosher, 2017). Los adjuntos cerveceros son materiales que proveen de azúcares fermentables, no es fuente de enzimas, ni de nitrógeno, el uso de adjuntos promedia 38% del total de los materiales sólidos usados, los adjuntos generalmente consisten en grits o gránulos de arroz, sorgos refinados donde los almidones han sido modificados con menos de 0.7% de grasa y 1% de fibra. Los dos tipos más populares son los de maíz y arroz. También se puede emplear jarabes glucosados o maltosados como adjuntos cerveceros (Bamforth, 2006).

1.5. Chayotextle

El chayote o tubérculo del chayote (*Sechium edule*), se comercializa en México y es uno de los productos que se encuentra altamente arraigado en la gastronomía mexicana (Morton, 1981). Las raíces y tallos del chayote han formado parte importante de la alimentación de los habitantes de América y otras partes del mundo, ya que se considera que el 80 por ciento de esta cucurbitácea es

comestible. Posee amplias propiedades nutricionales, que lo hacen ser una de las hortalizas que se incluyen en la mayor parte de dietas, por su alto contenido de agua, bajo contenido calórico y presencia de potasio (Reyes, 2015). Es preciso destacar que la importancia del tubérculo reside en su alto contenido de almidón (Ramírez, 2012). El valor energético de la raíz del chayote (chayotextle) por cada 100g es de 79 cal (Frías et al., 2016).

1.6. Proceso de elaboración de cerveza

El proceso de elaboración de cerveza consta de varias etapas, las que se incluyen la molienda, la maceración, la cocción, la fermentación, la decantación o filtración, el envasado y maduración. Cabe mencionar que no todas estas etapas se explican detalladamente en este contexto.

1.6.1. Maceración

Consta de dos etapas: Mash in y Mash out, estas etapas son importantes en la producción del mosto. Durante el macerado, la molienda y el agua se mezclan (se trituran) y el contenido de la malta se disuelve y, con la ayuda de enzimas, se obtiene el extracto (Kunze, 2004). Durante este proceso, el almidón se convierte en azúcares fermentables gracias a la acción de enzimas (Hernández, 2021). Las enzimas importantes son la beta amilasa y la enzima alpha amilasa su rango óptimo de temperatura es de 54-65°C y pH óptimo de 5-5.6, su función es producir azúcares de cadena larga, poco fermentables, que agregan cuerpo a la cerveza (Benítez y Morales, 2018).

1.6.2 Cocción

La ebullición o cocción de la cerveza logra eliminar cualquier agente patógeno presente en el mosto, detiene cualquier actividad enzimática que pueda quedar, descompone las proteínas de gran tamaño que causan turbidez, aumentar la concentración de azúcares en un 10% más, Coagular los taninos extraídos, contribuye al sabor amargo del mosto, e intensificar el color (Gisbert, 2016).

1.6.3. Fermentación

Atenuación aparente, que mide la fermentabilidad de un mosto. En pocas palabras, la atenuación aparente es la diferencia entre la densidad inicial (OG) y la densidad final (FG) dividida por la densidad inicial. Esto da un resultado decimal que, cuando se convierte en un porcentaje, da el valor de atenuación aparente. Esta se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$A = (OG - FG) / (OG - 1) \times 100$$

OG y FG son las densidades específicas al inicio y al final de la fermentación. Con los extractos, los valores de atenuación aparente pueden variar entre 50 y 80 por ciento, pero la mayoría están en el rango de 55 a 65 por ciento.

El grado de fermentabilidad es un factor importante en la definición de diversos estilos de cerveza, ya que afecta el nivel de alcohol y el cuerpo, o la sensación en boca. El porcentaje de atenuación aparente indica qué parte de la densidad inicial del mosto ha sido fermentada (Daniels, 1998).

1.7. SRM de la cerveza

El SRM es un acrónimo de “Método Estándar de Investigación o Referencia” término utilizado por la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros (ASBC) para representar los grados de color (Snyder, 2009). Según la Guía de Estilos de Cerveza BJCP (2015), se asignan ciertos descriptores de color a los diferentes valores de SRM: Pajizo (2-3), Amarillo (3-4), Dorado (5-6), Ámbar (6-9), Ámbar profundo/cobrizo claro (10-14), Cobrizo (14-17), Cobrizo profundo/marrón claro (17-18), Marrón (19-22), Marrón oscuro (22-30), Marrón muy oscuro (30-35), Negro (30+) y Negro, opaco (40+) (fig. Lo cierto es que existen tablas que indican para cada índice SRM un color determinado (figura 2).

También es posible predecir el color de una cerveza a partir de la composición de las maltas que contiene (Oddone, 2020). Esto implica utilizar el grado de color de cada malta en unidades °L (grados Lovibond) proporcionado por el proveedor, junto con la proporción de cada malta, para calcular el índice MCU (Malt Color Units) mediante la siguiente ecuación:

$$MCUb = \frac{kg\ malta\ 1 * \text{°}L1 + kg\ malta\ 2 * \text{°}L2 + \dots + kg\ malta\ n * \text{°}Ln}{Volumen\ frio}$$

3) El MCU se debe convertir a unidades inglesas, para ello debemos multiplicar por 2,2 y dividir por 0,26, de manera que los litros y los kilos se convierten en libras y galones.

$$MCU = (MCUb) * \frac{2.2}{0.26}$$

4) Finalmente calculamos los SRM (Oddone, 2020) aplicando la siguiente relación:

$$SRM = 1.5 * (MCU)^{0.7}$$



Figura 2. SRM (Mosher, 2017).

1.8. Microbiología cervecera

En la microbiología cervecera, los microorganismos importantes en la cervecería son las levaduras (Figura 3), que son responsables de la fermentación y la producción de alcohol, así como las bacterias lácticas y acéticas, que pueden

afectar negativamente la calidad de la cerveza. El control de estos microorganismos es crucial para garantizar la calidad y seguridad de la cerveza (Hornsey y Barrado, 2002).



Figura 3. Esquema para la detección y enumeración de microorganismos importantes en cervecería. Fuente: (Cortesía del instituto of Brewing), (Hornsey y Barrado, 2002).

2. JUSTIFICACIÓN

La cerveza Vienna lager es conocida por su sabor fresco y puro, que se deriva de sus cuatro principales ingredientes: malta Vienna Weyermann, lúpulos hallertau y saaz, levadura de baja fermentación y agua. Estos elementos también otorgan a la bebida un suave color rojizo ámbar a cobre, un carácter lager limpio y un aroma floral de lúpulo. En general, esta cerveza se elabora en grandes cantidades y mediante procesos industriales en los que se requiere una refrigeración a temperaturas muy bajas. Aunque los adjuntos más comunes son el maíz, el sorgo, el centeno, la avena o el trigo, muchos cerveceros utilizan elementos adicionales para dar un toque de sabor o color a su producto. Sin embargo, en este trabajo se explorará el proceso de fermentación artesanal a una temperatura de refrigeración de 12°C a 14°C y se añadirá un nuevo adjunto: el chayotextle raíz del chayote (*Sechium edule*) que contiene una cantidad significativa de almidones fermentables. De hecho, se ha demostrado que la inclusión de adjuntos puede aportar atributos beneficiosos a la cerveza. Por lo tanto, se espera que el chayotextle pueda aportar carbohidratos a la cerveza Vienna lager.

En la cerveza Vienna lager, se espera que el chayotextle aporte alcohol y color.

3. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una cerveza artesanal estilo Vienna Lager empleando como adjunto Chayotextle (*Sechium edule*).

4. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Diseñar la cerveza artesanal estilo Vienna Lager utilizando el 15% y 30% de Chayotextle (*Sechium edule*) como adjunto.
2. Realizar análisis fisicoquímicos; pH, % de alcohol, color, a los lotes obtenidos.
3. Evaluar la presencia de coliformes totales, bacterias mesófilas y levaduras en la cerveza terminada con el fin de asegurar su calidad y seguridad microbiológica.

5. DIAGRAMA DE TRABAJO

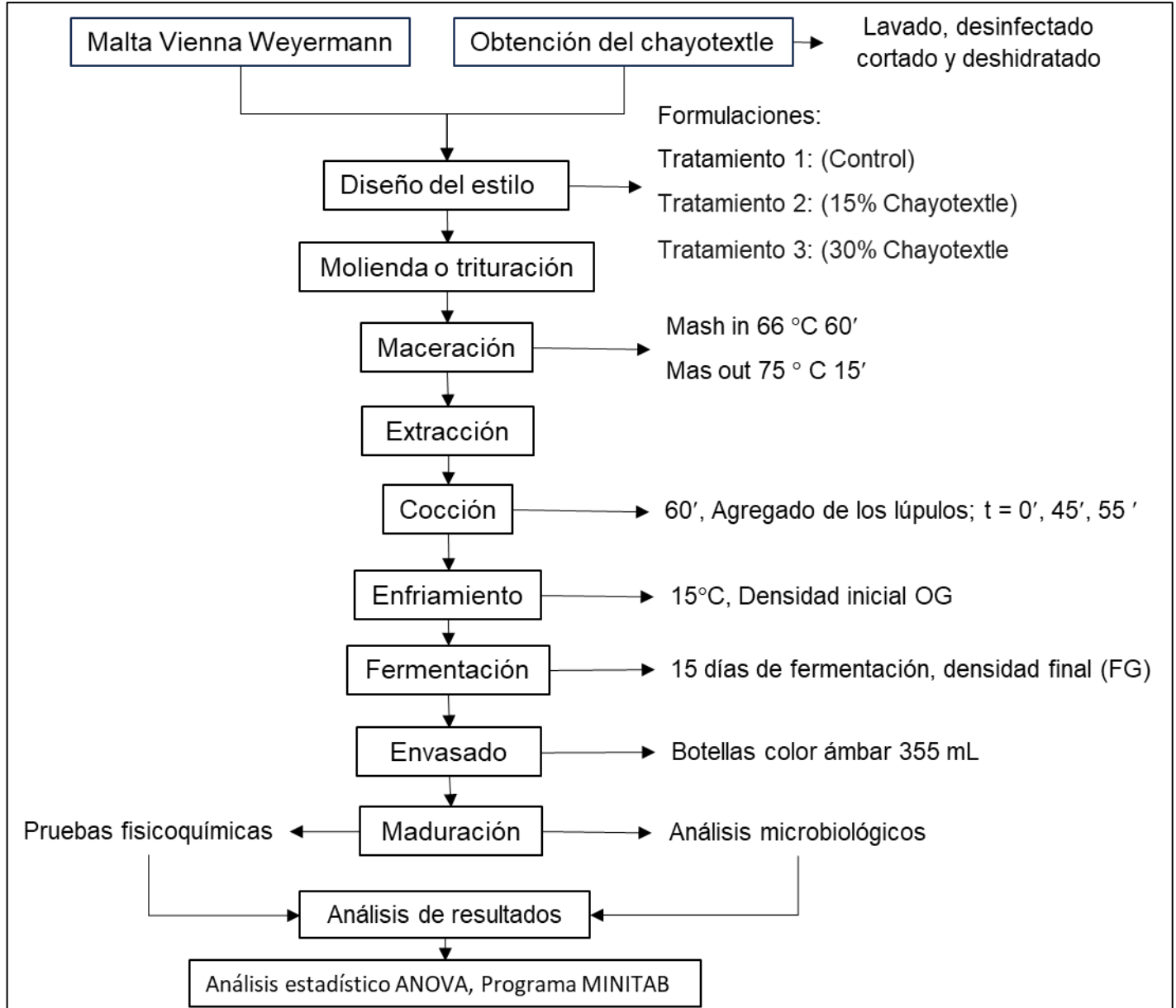


Diagrama 1. Diagrama de trabajo consiste en realizar la cerveza Vienna lager y los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la interpretación de los resultados.

Fuente: Diseño del estudio.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Material biológico

Para llevar a cabo la elaboración de la cerveza se utilizaron dos formulaciones diferentes: una en la que se emplearon un 15% de chayotextle y un 85% de malta vienna Weyermann, y otra en la que se usará un 30% de chayotextle y un 70% de malta Vienna Weyermann. Además de un control donde solo se empleó malta Vienna weyerman.

6.1.1. Chayotextle

En este proyecto se utilizó Chayotextle (*Sechium edule*) el cual se consiguió de productores locales del municipio de Tetela de Ocampo Puebla.

6.1.2. Malta

La cebada malteada fue adquirida por el proveedor <https://hazchela.com/> y la cebada elegida para elaborar la cerveza fue la Malta Vienna Weyermann®. Esta malta se empleaba principalmente como malta base en cervezas alemanas Tipo Export, Marzën, Festbieres, Lager Vienna y Bock. Aporta un color muy dorado, con aroma a pan tostado o galletas y potencia la consistencia de la cerveza.

Color: 7 EBC/ 3 SRM.

6.1.3. Lúpulos

Se emplearon dos lúpulos Hallertau y Saaz obtenidos proveedor <https://hazchela.com/>.

El lúpulo Hallertau es un lúpulo noble alemán (por su equilibrio entre alfa y beta ácidos, y su alto aroma frente a su bajo amargor) de aroma terroso y herbal. Muy utilizado para las lagers alemanas, tanto las pilsner como las bocks, así como para las weizen.

6.1.3.1. Características del Lúpulo

El lúpulo Saaz es conocido por su aroma y sabor herbal, terroso y especiado muy suave. Tiene un contenido de alfa-ácidos (A.A.) de 3% a 5.5%. Es muy utilizado en cervezas pilsner.

6.1.4. Levadura Lager

La levadura *Saccharomyces pastorianus* fue adquirida por el proveedor <https://hazchela.com/>

Famosa cepa de levadura originaria de Weihenstephan, en Alemania. Gracias a sus propiedades tecnológicas, se ha convertido en la cepa más popular para la elaboración de cervezas Lager y es actualmente utilizada por cervecerías industriales y grupos cerveceros alrededor del mundo. Presenta sedimentación alta, peso específico final medio y fermentación baja (10-14°C).

6.2. Materiales y Métodos de Referencia

Para la elaboración de la cerveza, se utilizaron diversos equipos y se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos. Los detalles específicos se pueden encontrar en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1. Materiales y métodos

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Embudos	Malta Vienna Weyermann	Potenciómetro
Airlock	Lúpulos Hallertau y Saaz	Parrilla
Pinzas	Levadura <i>Saccharomyces pastorianus</i>	Molino
Probeta	Chayotextle	Balanza analítica
Fermentador de vidrio	Agua potable	Horno Rational

Ollas de acero inoxidable		Densímetro
Botellas de vidrio		Espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 20
Corcholatas		Refrigerador
		Baño María de circulación Witeg

Nota: Se muestran los equipos y materiales a emplear para elaborar la cerveza Vienna Lager.", Fuente: Diseño del estudio.

Tabla 2. Métodos y referencias

DETERMINACIÓN	MÉTODO	REFERENCIA
Grados de alcohol	Alcoholímetro (Gay Lussac)	Diario Oficial de la Federación. (2019). Norma Mexicana PROY-NMX-V-013-NORMEX-2018
Color	Espectrofotómetro	AOAC. (1995). Color en la cerveza
pH	Medición de pH	AOAC. (2017). pH en Cerveza
BMA	Vaciado en placa	Secretaría de Salud. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM 092-SSA1-1994
Coliformes totales	Vaciado en placa	Secretaría de Salud. (1994). NOM-113-SSA1-1994.
Mohos y levaduras	Vaciado en placa	Secretaría de Salud. (1994). NOM-111-SSA1-1994.

Nota: Se presentan los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron a la cerveza para asegurar su calidad, Fuente: Diseño del estudio.

7. METODOLOGÍA

7.1. Diseño del estilo de la cerveza Vienna Lager

La cerveza Vienna lager presenta un color rojizo ámbar suave a cobre, claridad brillante, espuma blanquecina grande y persistente (Krennmair, 2020). Para elaborar el estilo de la cerveza se siguió las pautas indicadas en (BJCP, 2015). A continuación, se muestra el perfil.

7.1.1. Perfil Vienna Lager (BJCP, 2008)

Los valores para el cálculo de la cantidad de malta a emplear, fue de una densidad inicial de 1.049, que es el promedio de densidad que debe tener el estilo, el cual se espera que al final de fermentación se obtenga en promedio 5.05 % de alcohol en Volumen, y un porcentaje de IBUs de 24 unidades, que también es un valor promedio, y un color de 13 en unidades SRM en promedio.

	Valor inferior	Valor superior	Promedio
OG	1.046	1.052	1.049
FG	1.010	1.014	1.012
ABV	4.6%	5.5%	5.05
IBUs	18	30	24
SRM	10	16	13

7.2. Obtención del Chayotextle

Los tubérculos adquiridos de chayotextle se lavaron con agua y se desinfectaron con una solución de 200 ppm de cloro por 10 minutos, se enjuagaron con agua potable, secaron y posteriormente se cortaron en rebanadas delgadas entre 2-3 milímetros de espesor. Las rodajas se distribuyeron homogéneamente en charolas del horno de secado, Las cuales se introdujeron en un horno de secado, que se programó a 50°C, por 24 horas para lograr eliminar la humedad. Cuando se concluyó el proceso de secado, el chayotextle obtenido se envaso en recipientes herméticos de plástico debidamente identificados y se almacenaron en un lugar seco a temperatura ambiente hasta su uso, las rodajas se trituraron en un molino manual de mano (Cruz et al., 2016).

7.3. Limpieza y desinfección de equipos

Se lavaron con agua y jabón y se desinfectaron todos los artículos que puedan entrar en contacto con el mosto (Cucharas, botellas, ollas de cocción, serpentín, mangueras, entre otros), se utilizó el sanitizante bio-sanisan que no requiere enjuague, y es de grado alimenticio. Se preparó diluyendo 1 onza (28 gramos) en 10 litros de agua limpia, se aplicó la solución en el material a desinfectar, dejando actuar por un tiempo de 2 a 5 minutos en contacto con el material, se escurrió bien, se recomienda el uso de guantes.

7.4. Diseño de perfil Tratamiento 1: (Control)

A continuación, se muestran los valores de los perfiles para el cálculo de maltas, y lúpulos.

OG: 1.049

FG: 1.012

ABV: 5.05%

IBUs: 24

SRM: 13

7.4.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 1 (control)

Cantidad unidades de densidad total necesarias:

Cantidad total de extracto

Unidades de densidad necesaria (UD)

Densidad específica = DE (OG =Original Gravity,= Densidad inicial)

La densidad inicial se transforma a una unidad entera para determinar las unidades de densidad totales

$$UD = (OG - 1) \times 1000.$$

Una vez transformadas a una unidad entera se multiplica por el volumen final de cerveza obtener 7 litros.

$$UDT = (49)7 = 343 \text{ UDT}$$

Cálculo de las unidades de densidad de cada fuente fermentable:

Se usó la siguiente fórmula:

$$IG = (\%)(UDT)$$

Datos:

IG= Unidad de densidad de cada fuente

%=ingrediente (% del total de la molienda), que para el control es 100% = 1

UDT= Unidad de densidad necesaria

Cálculo de las libras de cada ingrediente necesario:

Se empleó la siguiente formula:

$$\text{Libras} = \frac{IG}{(G)(R)}$$

IG= Unidad de densidad totales

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3), transformada a unidad entera.

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

Cálculo de la cantidad de malta requerida en kilogramos= Cantidad de malta requerida en Kg:

1 libra = 0.453592 Kg

$$P = \frac{(IG) * (0.4536)}{(G) * (R)} = \text{Kg de malta vienna weyermann}$$

Tabla 3. Especificaciones para maltas, extractos y adjuntos

Ingrediente de la maceración	Potencial de extracto
Ingredientes estandards	450g en 3.8 litros (1 libra en un galón)
Chocolate/ oscura/tostada	1.025-1.030
Maltas cristal y cara	1.033-1.035 (más oscuro=extracto más bajo)
Munich/ Viena/mild/biscuit	1.035-1.036
Malta Pale o Pilsner	1.035-1.037
Otros ingredientes	
Maíz	1.037-1.039
Avena	1.033
Malta de centeno	1.029
Trigo (malteado)	1.037-1.040
Trigo/centeno (no malteado o en copos)	1.036
Fermentables para la olla de hervor (*)	
Caña de azúcar	1.046
Azúcar de maíz	1.037
Extracto seco	1.045

Miel	1.030-1.035
Extracto liquido	1.037-1.039
Jarabe de arce	1.030

Nota: Especificaciones para una serie de maltas, extractos y adjuntos comunes en la elaboración artesanal de cerveza. Están ordenados en dos tipos de material: (1) aquellos que deben ser macerados o extraídos y (2) aquellos que son agregados directamente a la olla de hervor. (Daniels, 1998).

Tabla 4. Variación en el extracto potencial de las maltas cerveceras

Maltas	En bruto, tal cual está, extractos (*)		Densidad del mosto (UD), 1lib./1 galón	
	1990(%)	1994(%)	1990(%)	1994(%)
Pale ale europea	76.2	78.6	35.2	36.3
Pilsener europea	75.4	78.1	34.8	36.0
2 hileras de EE.UU	79.6	77.2	36.8	35.6

Nota: Tomado de: (Daniels, 1998)

7.5. Perfil del Tratamiento 2: (15% chayotextle)

OG: 1.049
 FG: 1.012
 ABV: 5.05%
 IBUs: 24
 SRM: 13

Malta base= Malta Vienna Weyermann, 3 SRM de color, 85% (0.85)

Chayotextle 15% (0.15).

7.5.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 2 (15% chayotextle)

Cálculo de la cantidad unidades de densidad total necesarias:

Cantidad total de extracto

Unidades de densidad necesaria (UDT)

Densidad especifica = DE (OG =Original Gravity,= Densidad inicial)

La densidad inicia se trasforma a una unida entera para determinar las unidades de densidad totales

$UD = (OG - 1) \times 1000.$

Una vez transformadas a una unidad entera se multiplica por el volumen final de cerveza obtener 7 litros.

$UDT = (49)7 = 343 \text{ UDT}$

Cálculo las unidades de densidad de cada fuente fermentable:
Se utiliza la siguiente formula:

IG= (%) (UDT)

Datos:

IG= Unidad de densidad de cada fuente

UDT= Unidad de densidad Total

%=ingrediente (% del total de la molienda), es 85% = 0.85

IG = 0.85 de Malta Vienna Weyermann (343) = 291.55

IG = 0.15 de Chayotextle (343) = 51.45

Cálculo de las libras de cada ingrediente necesario:
Para las libras necesarias se emplea la siguiente formula:

$$\text{Libras necesarias} = \frac{IG}{(G)(R)}$$

IG= Unidad de densidad de cada fuente

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

Cálculo en kilogramos de Malta Vienna Weyermann al 85% (0.85):
Para la cantidad de malta se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(IG) * (0.4536)}{(G) * (R)} = \text{Kg de malta vienna weyermann}$$

P= Cantidad de malta requerida kg

1 libra = 0.453592 Kg

IG= (Unidad de densidad de cada fuente) (% Malta)

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

Cálculo del 15% chayotextle a emplear:

$$P = \frac{(IG) * (0.4536)}{(G) * (R)} = \text{Kg de chayotextle}$$

P= Cantidad de malta requerida kg

1 libra = 0.453592 Kg

IG= (Unidad de densidad de cada fuente) (% chayotextle)

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

7.6. Perfil del Tratamiento 3: (30% chayotextle)

OG: 1.049

FG: 1.012

ABV: 5.05%

IBUs: 24

SRM: 13

7.6.1. Cálculo de los ingredientes para el tratamiento 3 (30% chayotextle)

Cantidad total de extracto

Unidades de densidad necesaria (UDT)

Densidad específica = DE (OG =Original Gravity,= Densidad inicial)

La densidad inicial se transforma a una unidad entera para determinar las unidades de densidad totales

$UD = (OG - 1) \times 1000.$

Una vez transformadas a una unidad entera se multiplica por el volumen final de cerveza obtener 7 litros.

$UDT = (49)7 = 343 \text{ UDT}$

Cálculo del 70% malta requerida:

Se utiliza la siguiente fórmula:

$IG = (\%) (UDT)$

Datos:

IG= Unidad de densidad de cada fuente

UDT= Unidad de densidad Total

%=ingrediente (% del total de la molienda), es 70% = 0.70

$IG = 0.70 \text{ de Malta Vienna Weyermann } (343) = 240.1$

Cálculo de las libras de cada ingrediente necesario:
Para las libras necesarias se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Libras necesarias} = \frac{IG}{(G)(R)}$$

IG= Unidad de densidad de cada fuente

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

Cálculo de la cantidad de malta se utiliza la siguiente formula:

$$P = \frac{(IG) * (0.4536)}{(G) * (R)} = \text{Kg de malta vienna weyermann}$$

P= Cantidad de malta requerida kg

1 libra = 0.453592 Kg

IG= (Unidad de densidad totales) (% Malta)

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

Cálculo del 30% Chayotextle:

$$P = \frac{(IG) * (0.4536)}{(G) * (R)} = \text{Kg de chayotextle}$$

P= Cantidad de malta requerida kg

1 libra = 0.453592 Kg

IG= (Unidad de densidad de cada fuente) (% chayotextle)

G= Densidad por libra de malta (valor de la tabla 3).

R= Eficiencia de la maceración tabla 4.

7.7. Procedimiento para la elaboración de la cerveza Vienna Lager

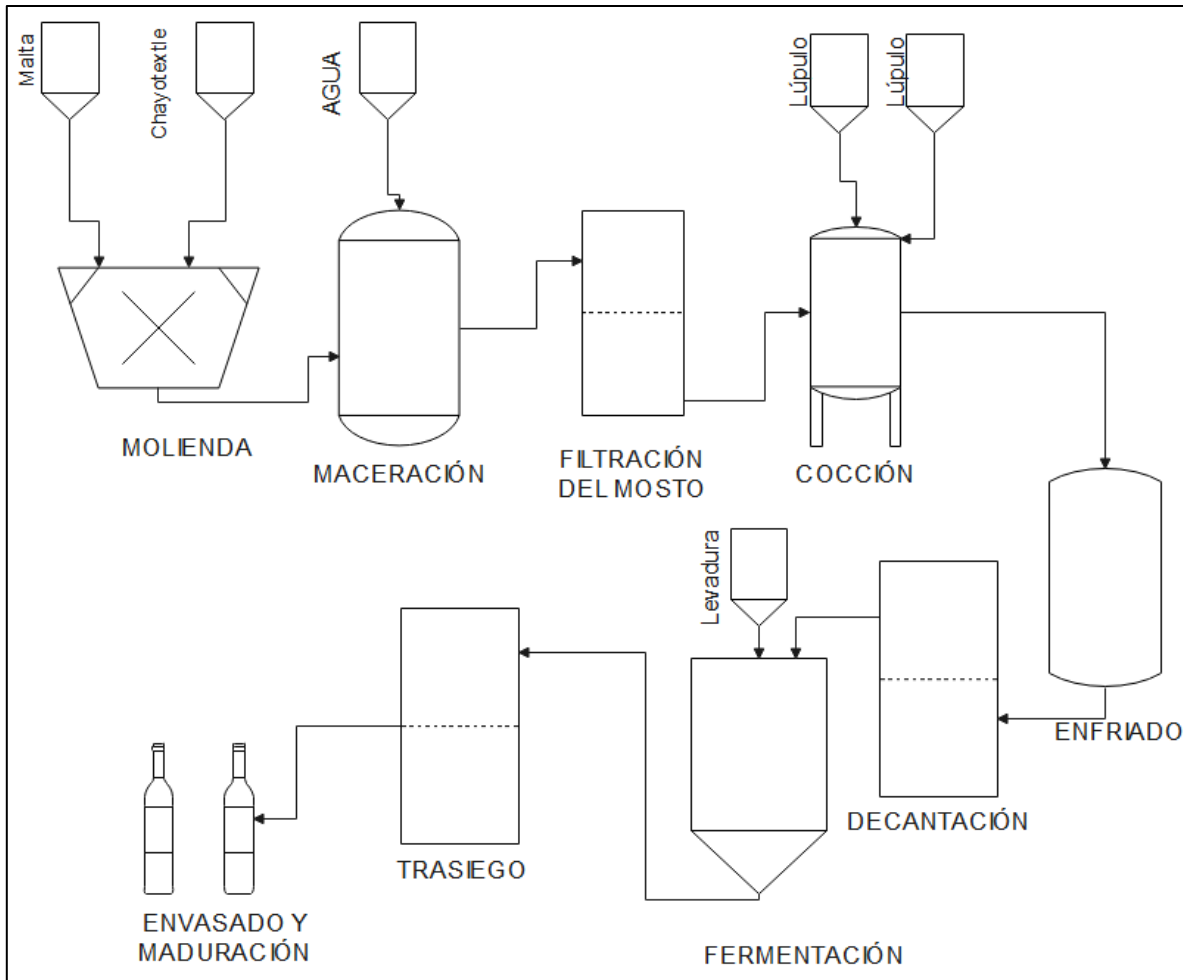


Diagrama 2. Elaboración de cerveza Vienna Lager, consiste en las siguientes etapas: Molienda, maceración, filtración del mosto, cocción, enfriado, fermentación, decantación, envasado y maduración. Fuente: Diseño del estudio.

7.7.1. Molienda

Se utilizó malta Vienna Weyermann y chayotextle (*Sechium edule*) como nuevo adjunto, los cuales fueron molidos en un molino de mano.

7.7.2. La cantidad de agua para elaborar la cerveza se calcula de la siguiente manera

$$Tvol = (Q) (1.2) + W + 0.5$$

Q= Volumen final de cerveza

W= Cantidad de agua que retiene la malta (1 kg de malta retiene 1lt de agua)

1.2 = 20% del agua se evapora en los calentamientos.

7.7.3. Maceración

7.7.3.1. Maceración Etapa Mash in

Es el primer paso de la maceración, la malta Vienna Weyermanen molida y el chayotextle en el caso de cada uno de los tratamientos se colocó dentro de una bolsa de maceración, la cual se introdujo dentro de una hielera. Se adicionó agua a una temperatura de 68 °C previa medición de la temperatura del grano molido por 60 minutos, se tomaron los siguientes cálculos:

Agua para maceración Mash in

$$M = (r) \text{ (kg)}$$

$$r = 2.66$$

kg= kilogramos de malta requerida

Temperatura de maceración Mash in

$$St = (0.12/2.66) (T2 - T1) + T2$$

St=Temperatura que debe tener el agua para la maceración en el Mash in

T2= temperatura que se desea tener para el Mash in = 68 °C

T1= Temperatura del grano molido

7.7.3.2. Maceración etapa Mash out

Una vez finalizada la etapa del Mash in, se procedió a incrementar la temperatura del macerado hasta 75°C, para ello se calculó el volumen de agua hirviendo que se debe agregar para ello se utilizó la siguiente fórmula para calcular el volumen de agua hirviendo.

$$Wa = [(T2 - T1) (0.2)(G) + Wn] / (tw - T2)$$

T2= 75 °C deseada

T1 = temperatura después de 60 minutos de maceración en el Mas in.

G = Masa de malta usada

Wn = Volumen actual

7.7.4. Filtración del mosto

Es un paso crucial en el proceso de elaboración de cerveza, ya que permite separar los sólidos no deseados, como la malta Vienna Weyermann y el chayotextle, del líquido azucarado resultante de la maceración. Para llevar a cabo este proceso, se retira la bolsa del macerado, contribuyendo significativamente a obtener un mosto claro y libre de impurezas.

7.7.5. Cocción

El objetivo de la cocción fue disminuir la carga microbiana el mosto, así como disolver e isomerizar lúpulos, concentrar el mosto y clarificar el mosto con ayuda del floculante WHIRLFLOC que es carragenina de alto peso molecular, extraído de las algas rojas marinas (*Rhodophyceae*) y manufacturado exclusivamente como un agente clarificante para mosto., el tiempo de cocción del mosto en ebullición fue 60 minutos. En la etapa de cocción de agrego el lúpulo Hallertau y Lúpulo Saaz.

7.7.5.1. Adición de Lúpulos

Se adiciono los lúpulos para dar aroma, amargor y sabor, se calcularon los IBUs para cada lúpulo con 12 de IBUs de un total de 24 IBUs

La escala de Unidades Internacionales de Amargor (IBUs) se utiliza para cuantificar aproximadamente el amargor real (no percibido) de la cerveza.

$$W = (Q)(Cg) \left[\frac{IBUs}{(v\%) * (A\%)(1000)} \right]$$

Dónde:

W = g de lúpulo a emplear

Q = Volumen final de cerveza a elaborar

Cg = Coeficiente de densidad si la densidad si es > 1.050

v% = Factor que depende del tiempo de ebullición del lúpulo (tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de alfa ácidos, para el cálculo de IBUs

Minutos	V%
90	0.34
60	0.27
30	0.19
15	0.15

Nota: A% = porcentaje de alfa ácidos

Se emplearon dos lúpulos, Hallertau, y Saaz, para obtener 24 IBUs de amargor, en una proporción de 50% de cada lúpulo y se agregó el lúpulo Hallertau al inicio del hervor.

7.7.5.2. Lúpulo Hallertau

Es una variedad alemana utilizado en la elaboración de cerveza por su perfil aromático suave y floral, con notas herbales y terrosas, contribuye al amargor y sabor equilibrado en las cervezas. Se agregó 12 IBUs al inicio de la ebullición, se utilizó la fórmula para calcular cuántos gramos se emplearon. La siguiente fórmula es la que se empleó para el cálculo de los gramos de IBUs adicionados

$$W = (Q)(Cg) \left[\frac{IBUs}{(v\%) * (A\%)(1000)} \right]$$

7.7.5.3. Lúpulo Saaz

El lúpulo Saaz se adicionó 12 IBUs, y se dividió en dos porciones una se agregó faltando 15 minutos para terminar el hervor y la otra porción faltando 5 minutos para que termine el hervor.

7.7.6. Enfriado del mosto

El mosto al terminar el proceso de cocción sale a una temperatura aproximada de 85-95°C, y tiene que disminuirse la temperatura para que adicionar la levadura, según el tipo de cerveza las Ale la temperatura oscila de 18-22°C, y las cervezas Lager oscilan de 7-13°C. Es importante hacer un enfriado rápido, debido a: una posible contaminación, la segunda para evitar turbidez, la cual ayudará a la precipitación de proteínas que causan turbidez, el mosto se enfrió a 14°C para su posterior fermentación, esto con la ayuda de un Baño María de circulación de la marca Witeg a donde se conectó las mangueras unidas al serpentín de cobre.

7.7.7. Decantación del mosto

Se utilizó un embudo que fue previamente lavado con jabón y luego desinfectado con el sanitizante Bio-sanisan. Esta medida aseguró que el mosto estuviera protegido de cualquier contaminación no deseada, creando las condiciones ideales para el proceso de fermentación.

7.7.8. Fermentación

La fermentación de la cerveza consta de tres fases distintas. La primera fase es la Fase Lag, que abarca las primeras 0-15 horas después de la inoculación, donde la levadura se adapta al entorno y comienza a multiplicarse. Le sigue la Fase de Crecimiento Exponencial, que va de 4 horas a 4 días, durante la cual la levadura comienza a consumir azúcares y produce alcohol y otros compuestos. Finalmente, se presenta la Fase Estacionaria, que tiene una duración de 3-10 días. En este estudio, se realizó la inoculación con levaduras lager (*Saccharomyces pastorianus*), conocidas por ser de baja fermentación. Estas levaduras trabajan óptimamente a temperaturas entre 7-12°C, lo que resulta en una fermentación que produce sabores más limpios, sin notas frutales.

Para llevar a cabo el análisis, se tomaron tres tratamientos diferentes y se midió la densidad inicial y final durante el proceso de fermentación. Además, se registraron el pH y el °Brix para evaluar los cambios químicos. El tiempo total de fermentación

fue de 15 días a una temperatura aproximada de 12-14°C, utilizando un refrigerador de la marca TORREY para mantener las condiciones controladas. Se emplearon fermentadores de vidrio con airlock, los cuales fueron previamente lavados y desinfectados con bio-sanisan para garantizar un ambiente óptimo para la fermentación.

7.7.9. Trasiego

El trasiego de la cerveza fue un paso crucial en el proceso de elaboración, donde el contenido fermentado se transfirió de un recipiente a otro limpio y desinfectado CON BIO-SANISAN, con el fin de separar el precipitado de levadura y otros sedimentos por decantación.

7.7.10. Envasado

Se lavaron las botellas con jabón y se desinfectaron con sanitizante BIO-SANISAN 250 ml BIOGAL, se adiciono 3 g de azúcar por cada litro de cerveza y levadura que son 80 g por cada 100litros. Se envaso en botellas de vidrio con rosca.

7.7.11. Maduración

Las botellas, se dejarán madurar por 15 días para después proceder para realizar los análisis microbiológicos y fisicoquímicos y microbiológicos.

7.8. Análisis fisicoquímicos

Se realizaron los análisis grado de alcohol, color pH, Densidad inicial, densidad final.

7.8.1. Gravedad original

La gravedad original (OG) es una medida del contenido de azúcar en el mosto antes de que comience la fermentación alcohólica para producir la cerveza. La cual se determinó con el uso de un densímetro, areómetro o hidrómetro el cual es un instrumento de medición que sirve para determinar la densidad relativa de los líquidos sin necesidad de calcular antes su masa y volumen. Los dispositivos

flotan en una muestra líquida y se lee una escala graduada para medir la densidad relativa o la gravedad específica de la solución en unidades apropiadas para la aplicación.

7.8.2. Gravedad final

La gravedad final (FG) es la cantidad de azúcar que queda en la cerveza cuando se completa la fermentación.

7.8.3. Determinación de ABV por fórmulas matemáticas

El ABV, o Alcohol By Volume, se refiere a la cantidad de alcohol presente en una bebida alcohólica expresada como un porcentaje del volumen total (Beer & Food Course, 2017), para calcular el alcohol por volumen (ABV) de una cerveza, como se describe en el libro de Papazian (1984), es la siguiente:

$$ABV = (OG - FG) \times 131.25$$

Dónde:

ABV = Alcohol por Volumen

OG = Gravedad Inicial

FG = Gravedad Final

Esta fórmula es una aproximación que funciona bien para cervezas con un ABV menor al 6% (Papazian, 1984). De acuerdo con Sutula (2017), el cálculo del alcohol por volumen se basa en restar la densidad inicial de la final y dividir el resultado entre 0.0075.

$$ABV = \frac{(OG - FG)}{0.0075}$$

7.8.4. Determinación de ABV por Método Gay Lussac

Se vertieron 250 mL de muestra a una temperatura de 20C°, enjuagando el matraz con agua destilada (50 mL) sobre una parrilla eléctrica la cual se fue incrementando la temperatura con incrementos de 50°.

Se calentó el matraz de destilación. El refrigerante se adapta al matraz con manguera y tubo con la punta biselada, el cual estuvo circulando agua fría (la cual también se controlará la temperatura).

El alcohol procedente de la destilación se colecto en el mismo matraz en el cual se vertió la muestra inicial, una vez recolectado el destilado se afora con agua destilada y se vierte a una probeta de 250 mL y se midió el grado de alcohol obtenido utilizando un densímetro Gay Lussac calibrado 15°C.

7.8.5. Determinación de pH en cerveza:

El análisis se basa en la determinación de la concentración de iones hidrógeno con un medidor de pH (potenciómetro) ajustado a 4,0 y a 7,0 con soluciones tampón. La cerveza se tempero a 20°C y se desgasifica por completo. Previamente enjuagados los electrodos, se introdujeron en la muestra de cerveza y se determinó el valor de pH (AOAC, 2017).

7.8.6. Determinación de color en cerveza

The Standard Reference Method (Unidades SRM) adoptado en 1958 por la American Society of Brewing Chemists (ASBC). Es una escala para medir la intensidad del color de una cerveza. Los granos bajos de SRM imparten un color pajizo pálido, mientras que los valores más altos significan que agregarán un color más oscuro al mosto.

Se elaboraron por duplicado los lotes de 7 litros de volumen empleando los valores promedio del perfil para una cerveza lager.

Se analizó el color por medió la absorbancia a una muestra de 1.5 ml de cerveza desgasificada a una longitud de onda de 430 nm en un espectrofotómetro marca Thermo Scientific Genesys 20, el contenido de SRM se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$SRM = 12.7 \times D \times A_{430}$$

Absorbancia de la muestra a 430 nm (A_{430}) y dilución de la muestra (D).

7.9. Determinación de análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos en la cerveza Vienna Lager sin chayotextle y las formulaciones 15% de chayotextle y 30% de chayotextle, se realizaron para determinar la presencia de Bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras y coliformes totales, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas.

7.10. Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de ANOVA de una sola vía utilizando el programa Minitab para comparar las medias de diferentes grupos y detectar diferencias significativas mediante el valor F. Si el valor F es mayor que el valor crítico, se concluye que existen diferencias significativas entre los grupos. Minitab ofrece resultados detallados, como el valor p y las medias de los grupos, para facilitar la interpretación de los resultados.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Obtención del chayotextle

El chayotextle fresco se seleccionó eligiendo los tubérculos que no presentarán daño físico o zonas en mal estado Figura 3. a), por lo que de 10.5 Kg se descartaron 1.92 kg quedando 8.58 Kg, los tubérculos seleccionados se lavaron y desinfectaron, los cuales se cortaron en rodajas de 2 a 3 mm y se colocaron en charolas para su deshidratación a 50°C, por 24 horas, figura 4. b), el porcentaje de humedad determinado fue del 80%, por lo que al final se obtuvo 1.716 Kg de chayotextle seco que es el 20% de masa seca que se almacenó en un recipiente hermético Figura 4. c).

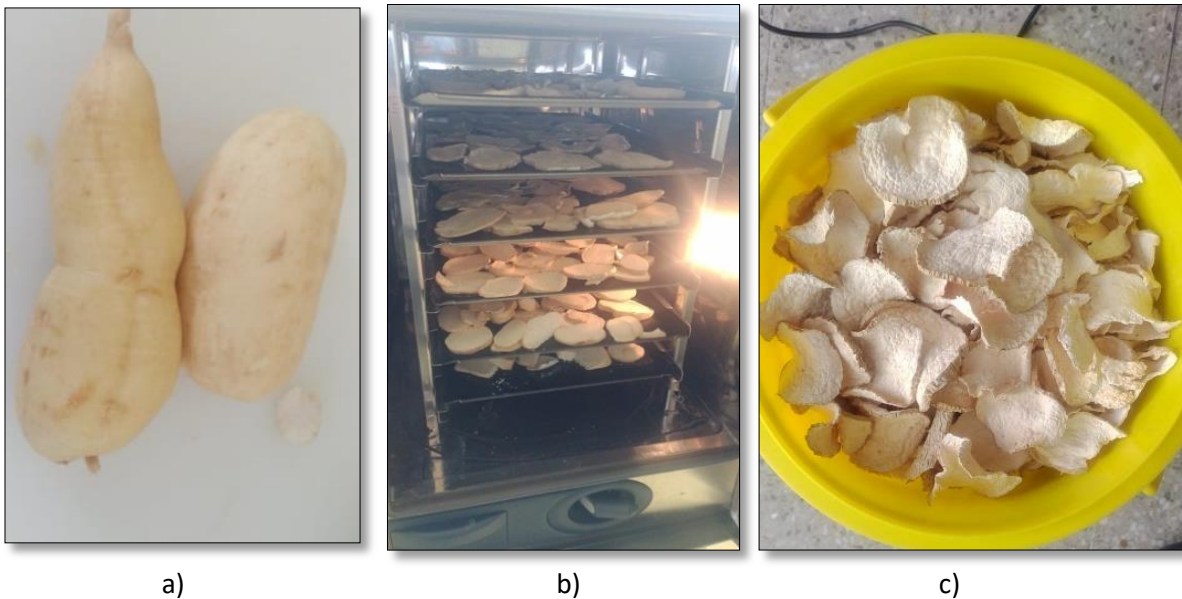


Figura 4. a) Chayotextle y b) Deshidratación del chayotextle, c) Chayotextle seco

8.2. Cálculo de insumos para la elaboración de Cerveza Vienna Lager

El resultado de los cálculos para determinar las cantidades necesarias de Malta, chayotextle y lúpulo para la elaboración de la cerveza Vienna Lager se muestran en la tabla 6 para cada uno de los tratamientos. Los cálculos se realizaron tomando en cuenta el obtener una densidad inicial de 1.049 y un amargor de 24 IBUs.

Tabla 6. Resultado de la cantidad de malta, chayotextle y lúpulo

Ingredientes	Tratamiento 1 (Control)	Tratamiento 2 (15% chayotextle)	Tratamiento 3 (30% chayotextle)
Malta Vienna Weyermann	1.6309 kg	1.3863 kg	1.1416kg
Chayotextle	0 kg	0.2446 kg	0.4892kg
Total	1.6309	1.6309	1.6309
Lúpulo			
Hallertau	6.042 g	6.042 g	6.042 g
Saaz	21.53 g	21.53 g	21.53 g

Nota: Se muestra la cantidad de malta y lúpulo a emplear para cada tratamiento.

8.3. Resultado del cálculo de la temperatura para maceración etapa Mash In:

Una vez pesada la malta y el chayotextle seco, se realizó la molienda en un molino de mano (figuras 5 y 6), para después llevar a cabo el proceso de maceración.



Figura 5. Malta Vienna Weyermann



Figura 6. Chayotextle (*Sechium edule*)

Se realizó el cálculo de que temperatura se debe tener al agua para llevar a cabo la maceración en la etapa de Mash in, la cual se calculó para llevarla a cabo a 66°C.

$$St = (0.12/2.66) (66-20) + 66$$

$$St = (0.045) (66-20) + 66$$

$$St = 68 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para ello se midió la temperatura del grano después de la moliendo como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Medición de la temperatura del grano después de la molienda.

El resultado de la temperatura del agua para la etapa Mash in, depende de la temperatura de la malta y el chayotextle seco. La malta molida se colocó dentro de la bolsa de maceración, la cual se colocó en el interior de una Hielera, como se muestra en la figura 7.

8.4. Cantidad de agua total a ocupar para preparar 7 litros de cerveza

La cantidad de agua para elaborar la cerveza para producir 7 L el resultado se determinó con la siguiente ecuación:

$$Tvol = (7) (1.2) + 1.630 + 0.5$$

$$Tvol = 10.53 \text{ L Agua}$$

Que es volumen total de agua a emplear para producir 7 litros de cerveza.

Para llevar a cabo la maceración en la etapa del Mash in se calcula el volumen de agua que debe tener una temperatura 68°C, por un tiempo de 60 minutos, mediante la siguiente ecuación, donde a un factor que tiene un valor de 2.66 se multiplica la cantidad malta molida y/o chayotextle, la malta molida y/o le chayotextle de acuerdo a cada tratamiento se mezcló con el agua a 68 °C y se inició el conteo del tiempo de 60 minutos de la etapa del Mash in como se muestra en la figura 8.

$$M = 2.66 (1.630 \text{ kg})$$

$$M = 4.3 \text{ Lt}$$

De tal manera que de los 10.53 litros de agua totales se toman 4.3 litros para llevar cabo el Mash in.



Figura 8. Mezcla de la malta molida y/o chayotextle con agua a 68° C.

Una vez transcurridos los 60 minutos del proceso del Mash in, se determinó la temperatura y con ello realizó el cálculo de la cantidad de agua hirviendo para alcanzar una temperatura de 75 °C para efectuar el proceso del Mash out. Resultado del cálculo agua para maceración etapa Mash out a 75°C, fue el siguiente:

$$W_a = [(75-60) (0.2) (1.630) + 4.28] / (96-75)$$

$$W_a = 9.17 / 21$$

$$W_a = 0.43 \text{ L}$$

El siguiente paso es la extracción donde el agua el mosto generado se trasladó a la olla de cocción y el agua restante alrededor de 5.8 litros, se agregó para obtener la mayor cantidad de carbohidratos del proceso de maceración como se muestra e la figura 9.



Figura 9. Proceso de extracción.

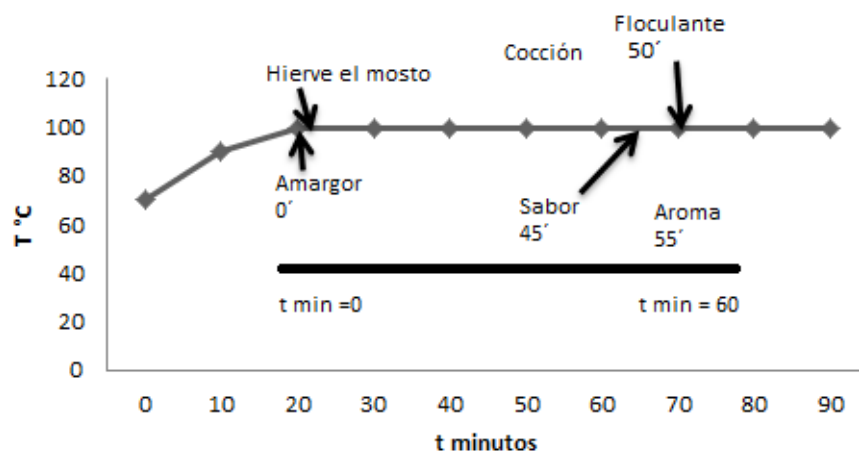
8.5. Resultado de la cocción

Una vez terminada la etapa de extracción la olla con el mosto se colocó en la estufa y se inició el proceso de calentamiento para llevar a ebullición al mosto como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Ebullición del mosto

En el momento que el mosto comienza a hervir, se incorporó el lúpulo Hallertau y ese es el tiempo 0' o de inicio de la ebullición a partir del cual se dejaron pasar 60 minutos, el objeto de agregar lúpulo al inicio de la ebullición es para proporcionar el sabor amargo de la cerveza. Posteriormente, se añadió lúpulo Saaz 15 minutos antes de finalizar la ebullición o 45' después de iniciada la ebullición del mosto esto aporta sabor, y faltando '5' minutos para el final de la ebullición o 55', se agregó lúpulo Saaz para aportar aroma a la cerveza como se muestra en la Gráfica 1, y Faltando 10' o al minuto 50 se agregó el floculante.



Gráfica 1. Adición del lúpulo. Fuente: Diseño del estudio.

8.6. Calculo de los Lúpulos

Los IBUs totales para cada uno de los tratamientos se calculó en 24 unidades, de tal manera que 12 IBUs, se utilizaron 6.042 gramos de lúpulo Hallertau 5.2% A.A.

$$W = (7)(1) \left[\frac{12 \text{ IBUs Hallertau,}}{(0.27)(0.052\%)(1000)} \right]$$

$$W = 6.042 \text{ g de Hallertau}$$

A los 45 minutos después de iniciado se utilizó 10.76 gramos de lúpulo Saaz 2.6% A.A. para alcanzar 12 IBUs, aplicando la fórmula correspondiente. Luego, faltando 5 minutos, se añadieron 10.76 gramos adicionales de lúpulo. Para de esta manera adicionar las 24 unidades de amargor.

$$W = (7)(1) \left[\frac{12 \text{ IBUs Saaz}}{(0.15)(0.026\%)(1000)} \right]$$

$$W = 21.53 \text{ g Saaz}$$

Una vez terminado el tiempo de cocción el mosto se enfrió, introduciendo un serpentín de cobre previamente lavado y sanitizado, por el cual se hizo circular agua a 5 °C con ayuda de un baño María de circulación como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Enfriado del mosto.

8.7. Fermentación

Previo al inicio de la fermentación se realizó la medición de la densidad inicial (OG) y la densidad final (FG) al término de la fermentación como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Gravedad inicial OG y gravedad final FG.

Se empleó 5.6 g de levadura de baja fermentación *Saccharomyces pastorianus* a una temperatura de 14°C. La primera fermentación se llevó a cabo durante 15 días Figura 13.



Figura 13. Fermentación.

Terminado el tiempo de fermentación para cada uno de los tratamientos se realizó envasado donde se realiza una carbonatación natural agregando levadura en la misma proporción que para la fermentación y 3 gramos de azúcar por litro de cerveza y una vez llenas y cerradas las botellas se dejaron madurar por 28 días a temperatura ambiente Figura 14.



Figura 14. Maduración

8.8. Resultados de análisis de los perfiles

A todas las muestras se les determinó el pH y el °Brix, obteniéndose un pH de 5.5 para los tres tratamientos. En cuanto al °Brix, el tratamiento 1 fue de 4.5, el tratamiento 2 de 3.75 y el tratamiento 3 de 4.75. Para el perfil de la cerveza se midió la Gravedad Inicial (OG), la Gravedad Final (FG), el Contenido de Alcohol por Volumen (ABV), el amargor de la cerveza (IBUs) y el color (SRM). El diseño de la cerveza se realizó de acuerdo al promedio del perfil BJCP (2008), y los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Variables obtenidas de los tres tratamientos

Variable	Perfil (BJCP, 2008)	Tratamiento 1 Control	Tratamiento 2 15% chayotextle	Tratamiento 3 30% chayotextle
OG	(1.046-1.052)= 1.049	1.038	1.036	1.041
FG	(1.010-1.014)= 1.012	1.008	1.009	1.013
ABV	(4.6-5.5)= 5.05	3.75	4.5	4.75
IBUs	(18-30)= 24	24	24	24
SRM	(10-16)= 13	11.05	8.14	9.78

8.8.1. Resultados y discusión del tratamiento 1 (Control)

Se obtuvo una gravedad original (OG) de 1.038, la cual indica la cantidad de azúcares presentes antes de la fermentación (Mosher, 2017; Kunze, 2004). Este valor es más alto que el de una cerveza ligera, pero aún se encuentra dentro del rango de las APA, aunque por debajo de las Vienna Lager.

En cuanto a la gravedad final (FG), representa la cantidad de azúcares restantes después de la fermentación, el resultado fue de 1.008. Este valor sugiere una cerveza moderadamente seca y está por debajo de una cerveza Vienna Lager. Unidades de Amargor Internacional (ABV) suele ser bajo en las cervezas, pudiendo aumentar con una mayor concentración de azúcar en el mosto (Schmidt y Hebbel, 1966). El resultado del ABV fue de 3.75, no cumpliendo con el perfil deseado para una Vienna Lager. El amargor se obtuvo de acuerdo a los cálculos matemáticos teniendo un resultado de 24 IBUs.

El color de la cerveza, medido por el Método de Referencia Estándar – Color (SRM), fue de 11.05, lo que se encuentra dentro del rango esperado para una Vienna Lager. Este perfil sugiere una cerveza con un cuerpo moderado, un nivel de amargor equilibrado y un color ámbar, características que se asemejan a una Vienna Lager según el Beer Judge Certification Program (BJCP, 2008).

En resumen, estos valores coinciden con las características generales de una Vienna Lager, la cual se distingue por su color ámbar rojizo, sabor equilibrado y suave con matices de malta tostada, aroma a caramelo y amargor moderado. Es una cerveza de fermentación baja, con cuerpo medio y carbonatación moderada (BJCP, 2008). Asimismo, los valores se asemejan a los de una cerveza British Bitter, con un perfil que incluye OG: 1.030 – 1.039, IBUs: 25 – 35, FG: 1.007 – 1.011, SRM: 8 – 14 y un ABV de 3.2 – 3.8% (BJCP, 2015), lo cual guarda bastante similitud con los resultados obtenidos de la tabla 7.

8.8.2. Resultados y discusión del Tratamiento 2 (15% chayotextle)

Los resultados del perfil, con un OG de 1.036 que indica la cantidad de azúcares presentes antes de la fermentación (Mosher, 2004), son relativamente bajos, lo cual es común en las cervezas ligeras. Por su parte, un FG de 1.009 sugiere una cerveza muy seca, característica de las lagers ligeras. El ABV de 4.5% es moderado, lo que también coincide con las lagers ligeras. En el análisis de ANOVA se concluye que no hay diferencias significativas entre las cervezas en cuanto a su contenido de alcohol. Es importante destacar que la mayoría de las cervezas tienen un contenido alcohólico de entre 3 y 7 grados, lo cual es común a

nivel mundial (Muñoz et al., 2020). El SRM fue de 8.14 sugiere un tono muy claro, similar al de las lagers ligeras. Además, el amargor moderado con un rango de IBUs de 18 a 30 y un cuerpo medio. Este perfil se asemeja a una cerveza ligera con un bajo contenido de alcohol y un color claro. Los resultados de este perfil también son similares a los de una American Pale Ale (APA), cuyo perfil es: OG: 1.038 – 1.054, IBUs: 15 – 28, FG: 1.008 – 1.013, SRM: 3 – 6, ABV: 3.8 – 5.5%, según las pautas del BJCP (2015). Estas cervezas tienen un pH de 5.5, que está dentro del rango típico para muchas cervezas, incluidas las lagers.

8.8.3. Resultados y discusión del Tratamiento 3 (30% chayotextle)

Este perfil sugiere una cerveza con un cuerpo más robusto que el perfil 2, pero aún dentro del rango de las cervezas ambarinas, ya que presentó como resultado un OG: 1.041, FG: 1.013, ABV: 4.75%, y SRM: 9.78.

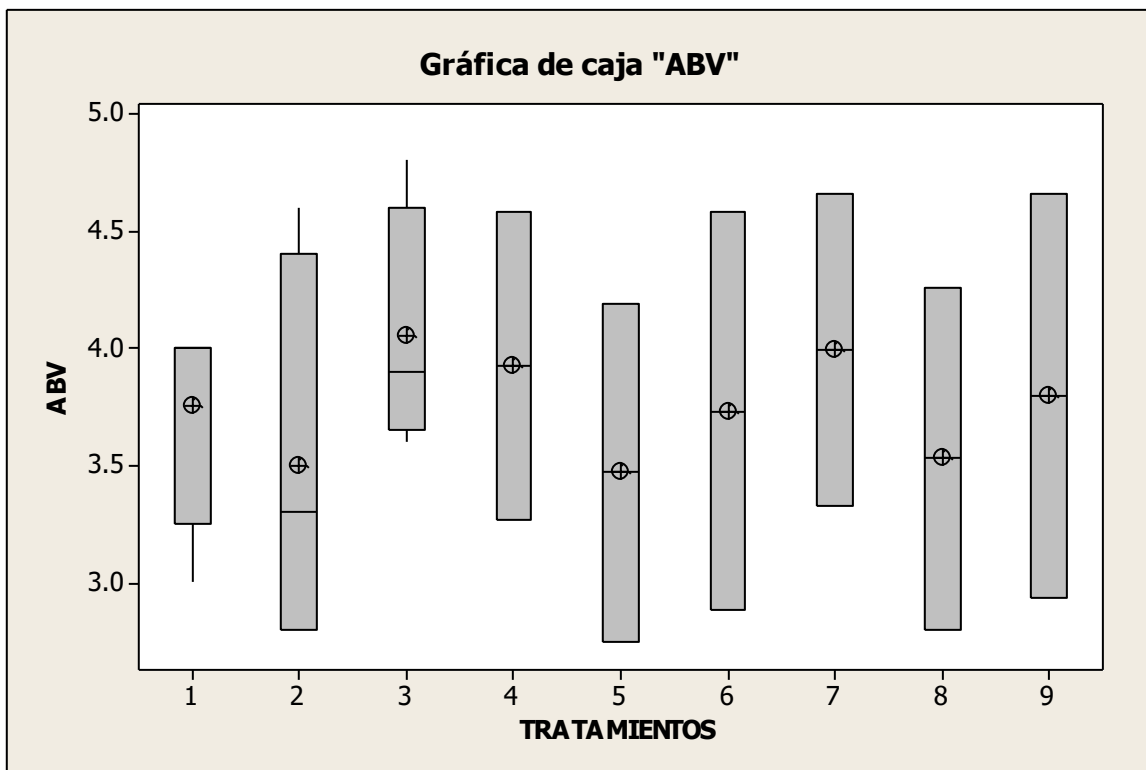
En resumen, el tratamiento 1 presentó un perfil de una Cerveza con cuerpo moderado y color ámbar, el tratamiento 2 con una Cerveza ligera y clara y el tratamiento 3 con una Cerveza con mayor cuerpo y tono ámbar.

8.8.4. Comparación de ABV mediante Gay Lussac y fórmulas matemáticas

La comparación del contenido de alcohol se realizó mediante dos métodos: el método de Gay Lussac y fórmulas matemáticas. Las fórmulas utilizadas fueron $ABV = (OG - FG) \times 131.25$ de Papazian (1998) y $ABV = (OG - FG) / 0.0075$ de Sutula (2017). En el análisis de ANOVA de un solo factor indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa, si se evalúa el ABV mediante análisis de Gay Lussac, o si se realiza mediante las fórmulas matemáticas de Papazian y Sutula, en resultado fue una $P > 0.05$, se obtuvo una P de 0.964. En otras palabras, no hay evidencia de que el factor tenga un efecto sobre la variable dependiente. El intervalo de confianza del 95% para cada media se muestra en la (Gráfica 2).

En conclusión, el ANOVA de un solo factor no ha encontrado un efecto significativo del factor sobre la variable dependiente. Esto significa que las medias de los tratamientos son iguales, los tratamientos fueron: 1:(Tratamiento 1-control,

se evaluó por el método de Gay Lussac), 2: (Tratamiento 15% Chayotextle – Método por Gay Lussac), 3: (Tratamiento 30% Chayotextle- Método por Gay Lussac), 4:(Control- Fórmula matemática de Papazian), 5:(15% Chayotextle- Fórmula matemática de Papazian), 6: (30% Chayotextle- Fórmula matemática de Papazian), 7:(Control-Fórmula matemática de Sutula), 8:(15% Chayotextle- Fórmula Matemática de Sutula) y 9: (30% Chayotextle- Fórmula matemática de Sutula). Por lo tanto, para determinar el contenido alcohólico (ABV), se puede emplear cualquiera de los tres métodos mencionados.



Gráfica 2. Se muestra diagrama de cajas de ABV, los tratamientos corresponden: 1: (Control-Gay Lussac), 2: (15% Chayotextle -Gay Lussac), 3: (30% Chayotextle-Gay Lussac), 4:(Control-Papazian), 5:(15% Chayotextle-Papazian), 6: (30%Chayotextle-Papazian), 7:(Control-Sutula), 8:(15% Chayotextle-Sutula) y 9: (30%Chayotextle-Sutula).

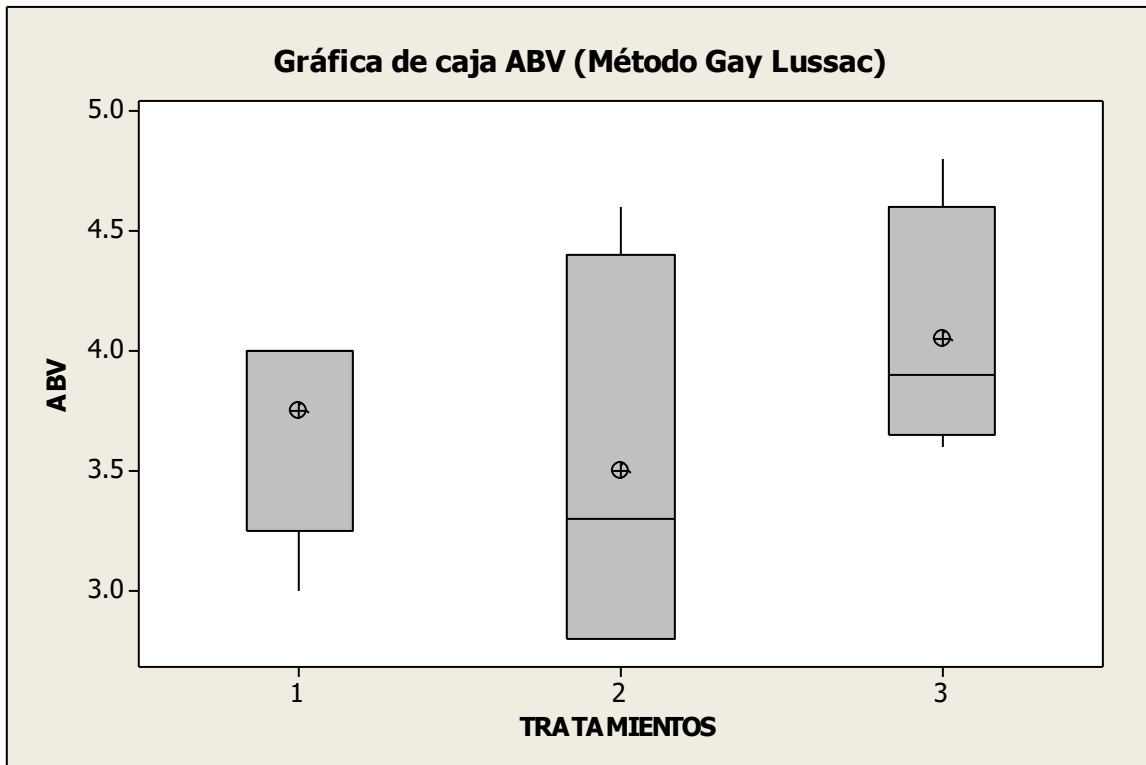
8.8.5. Evaluación de grado de alcohol por Gay Lussac

La determinación de los grados de alcohol se realizó mediante el método Gay Lussac (figura 15). Según los resultados del ANOVA, no se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos en relación a la variable grados de alcohol (ABV). Esto se debe a que el valor p de la prueba es 0.518, el cual es mayor que el nivel de significancia (α) usualmente establecido en 0.05 o menos. Por lo tanto, al no haber diferencias significativas ($P \geq 0.05$), se concluye que los tres tratamientos fueron iguales en cuanto a los grados de alcohol determinados por el método Gay Lussac.

En la gráfica 3, se observa que las medianas y los rangos intercuartílicos son similares para los tres tratamientos evaluados en relación al parámetro ABV.



Figura 15. Determinación de grados de alcohol por Gay Lussac



Gráfica 3. Gráfica de caja de ABV por el método de Gay Lussac: Tratamiento 1: (Control), Tratamiento 2: (15% chayotextle) y Tratamiento 3: (30% chayotextle).

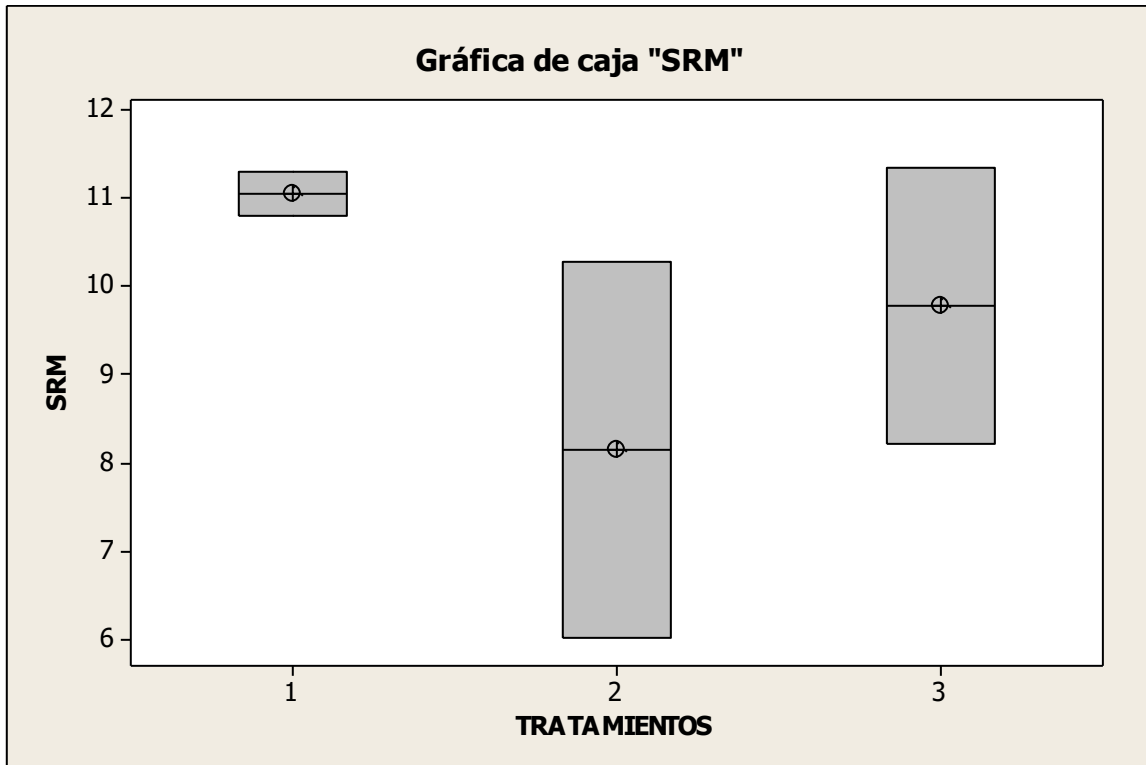
8.8.6. Evaluación de color

Según los resultados obtenidos en el espectrofotómetro Thermo scientific Genesys 20 (figura 16), el tratamiento 1 tuvo una media de 11.05 SRM, el tratamiento 2 una media de 8.14 SRM y el tratamiento 3 una media de 9.78 SRM. Estos valores están dentro del rango de SRM para una cerveza Vienna Lager, que es de 10-16.



Figura 16. Determinación de color

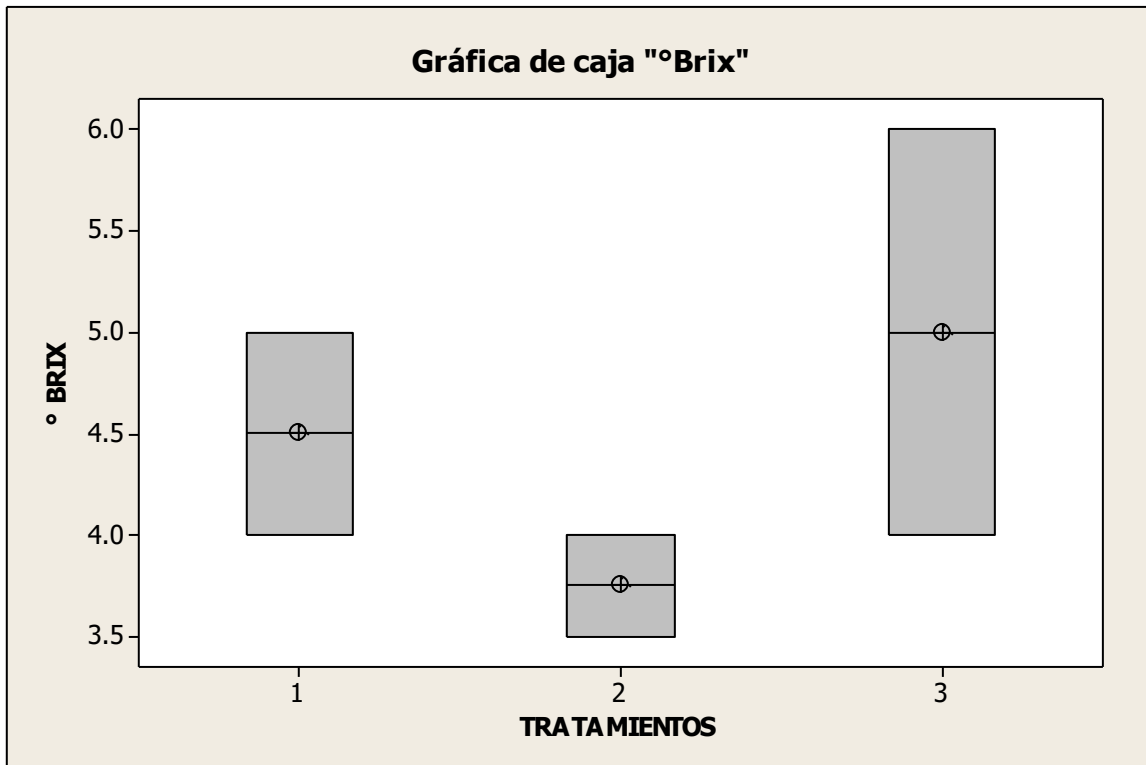
El análisis de ANOVA reveló que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos en términos de SRM (color), presentando un valor de $p = 0.494$ (ver gráfica 4).



Gráfica 4. Diagrama de caja para la determinación SRM, los tratamientos son 1: (control), 2: (15% chayotextle) y 3:(30% de chayotextle).

8.8.7. Grados Brix

Los resultados del análisis ANOVA de una vía muestran que no hay una diferencia significativa en los valores de °Brix entre los tratamientos ($F = 2.44$, $p = 0.143$). La media del tratamiento 1 es de 4.5000 con una desviación estándar de 0.5774, la media del tratamiento 2 es de 3.7500 con una desviación estándar de 0.2887, y la media del tratamiento 3 es de 4.7500 con una desviación estándar de 0.9574. Además, se presenta un diagrama de caja que muestra la distribución de los valores de °Brix para cada tratamiento (Gráfica 5).



Gráfica 5. Muestra el "Diagrama de cajas y bigotes" para la determinación de °Brix y no muestra ninguna diferencia significativa.

8.9. Resultados microbiológicos de los tres tratamientos

En cambio, los análisis microbiológicos arrojaron un resultado de bacterias mesófilas aerobias <math><10\text{ UFC/mL}</math>, lo cual es positivo ya que indica una baja carga bacteriana aerobia en la cerveza. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las bacterias acidolácticas, como el *Lactobacillus* y el *Pediococcus*, son las principales responsables de la mayoría de los casos de contaminación microbiológica en la cerveza, según estudios previos. Las bacterias pueden afectar la calidad organoléptica de la cerveza (Garofalo et al., 2015; Suzuki, 2011). El resultado de hongos y levaduras están dentro de un rango aceptable ya que las levaduras son esenciales para la fermentación de la cerveza, pero un exceso podría afectar su sabor y calidad.

Para coliformes totales no hubo crecimiento, es importante tener en cuenta que un contenido de alcohol por debajo del 3% puede aumentar la probabilidad de

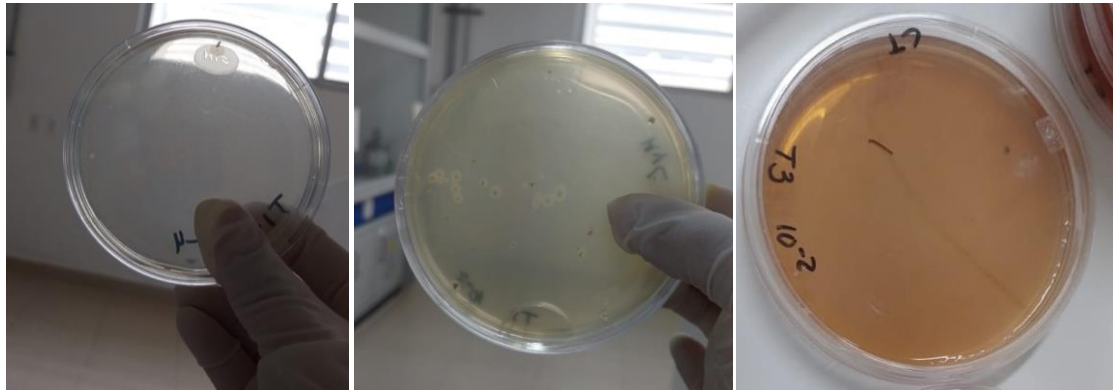
desarrollo microbiano, especialmente de bacterias BAL y coliformes (Lataza et al., 2020).

En resumen, los resultados indican que la cerveza tiene una baja carga bacteriana aerobia, una cantidad aceptable de hongos y levaduras, y está libre de coliformes. Esto sugiere que la cerveza está dentro de los estándares de calidad y seguridad.

Tabla 8. Análisis microbiológico de los Tratamientos

Análisis	Tratamiento 1 (Control)	Tratamiento 2 (15% Chayotextle)	Tratamiento 3 (30% Chayotextle)	Referencia
Bacterias Mesofilas Aerobias	<10 UFC/MI	<10 UFC/mL	<10 UFC/mL	Secretaría de Salud. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM 092-SSA1-1994
Hongos y Levaduras	14X10 ³ UFC/mL	60X10 ² UFC/mL	17X10 ³ UFC/mL	Secretaría de Salud. (1994). NOM-111-SSA1-1994.
Coliformes Totales	“No desarrollo de coliformes por mL”	“No desarrollo de coliformes por mL”	“No desarrollo de coliformes por mL”	Secretaría de Salud. (1994). NOM-113-SSA1-1994.

Fuente: Resultados de laboratorio.



Mesofilos aerobios

Hongos y levaduras

Coliformes totales

Figura 17. Análisis de microorganismos

Fuente: Resultados de laboratorio.

8.9.1. Resultados microbiológicos del tratamiento 1 (Control)

Los resultados obtenidos de la cerveza con 100% malta Vienna fueron los siguientes: para bacterias mesofilas aerobias el resultado fue <10 UFC/ml en agar cuenta estándar incubadas a 35°C durante 48 horas. En cambio, para hongos y levaduras se reportó 14×10^3 UFC/mL en agar papa dextrosa-acidificado, incubadas a 25°C durante 5 días. Y para el último análisis microbiológico-coliformes totales "No hubo desarrollo de coliformes por mL" en placa de agar rojo violeta bilis, incubadas a 35°C durante 24 horas (Tabla 8).

8.9.2. Resultados microbiológicos del Tratamiento 2

Los resultados de la cerveza con 85% malta Vienna Weyermann y 15% de chayotextle fueron los siguientes: <10 UFC/mL de bacterias mesofilas aerobias en agar cuenta estándar incubadas a 35°C durante 48 horas, 60×10^2 UFC/mL de hongos y levaduras en agar papa dextrosa-acidificado incubadas a 25°C durante 5 días, y "No hubo desarrollo de coliformes por mL" en placa de agar rojo violeta bilis incubadas a 35°C durante 24 horas para el análisis de coliformes totales (Tabla 8).

8.9.3. Resultados microbiológicos del Tratamiento 3

Los resultados obtenidos al utilizar una combinación de 70% de malta Vienna Weyermann y 30% de chayotextle en la cerveza son los siguientes: una concentración menor a 10 UFC/mL de bacterias mesófilas aerobias en una placa de agar incubada a 35°C durante 48 horas, una densidad de 17×10^3 UFC/mL de hongos y levaduras en una placa de agar papa dextrosa-acidificado incubada a 25°C durante 5 días, y la ausencia de coliformes por mililitro de cerveza en una placa de agar rojo violeta bilis incubada a 35°C durante 24 horas para el análisis de coliformes totales.

En todos los tratamientos realizados, se obtuvo una cantidad inferior a <10 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de bacterias mesófilas aerobias (Tabla 8), lo que demuestra el correcto cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura. Con relación a los hongos y levaduras, se observó crecimiento microbiano debido a que se adicionó una cantidad de 5.6 gramos de levaduras *Saccharomyces pastorianus* por cada 7 litros de cerveza envasados. Por último, en todos los tratamientos que fueron realizados por duplicado cada uno, se observó "no desarrollo de coliformes por mililitro", lo cual indica que se llevó a cabo un excelente proceso de elaboración de la cerveza como se muestra en la figura 17.

9. CONCLUSIÓN

En la presente investigación se logró diseñar y elaborar las formulaciones de los tratamientos (Tratamiento 1: control, Tratamiento 2: 15% de chayotextle y Tratamiento 3: 30% de chayotextle), con el objetivo de obtener cerveza tipo Vienna Lager. Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron que no se logró alcanzar el valor teórico del cálculo inicial de Gravedad Original de 1.049 en ninguno de los tres tratamientos. Este hallazgo será parte fundamental de la discusión en términos de los desafíos encontrados en el proceso de elaboración.

Además, se observó que los valores de pH se mantuvieron iguales en los tres estilos, registrando un valor de 5.5 en cada caso. En cuanto al porcentaje de alcohol en volumen, se identificó un aumento significativo en el tratamiento 3, el cual contenía un 30 % de Adjunto, alcanzando un valor de 4.75 en comparación con el 3.75 del control.

Por otro lado, los análisis microbiológicos revelaron la ausencia de coliformes en las muestras, lo que sugiere que las cervezas fueron elaboradas en condiciones adecuadas. Aunque se observó un bajo crecimiento de bacterias mesófilas aerobias y levaduras en los tres tratamientos, lo cual podría influir en el sabor y la apariencia de la cerveza.

Estos resultados ofrecen una perspectiva valiosa sobre el proceso de elaboración de cerveza tipo Vienna Lager y plantear nuevas áreas importantes para futuras investigaciones y mejoras en la calidad del producto final.

10. SUGERENCIAS

Incrementar el tiempo de maceración para lograr alcanzar la densidad inicial

Realizar análisis sensorial con las cervezas elaboradas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (1995). Color en la cerveza. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>. Fecha de consulta: 2 dic. 2022.
- AOAC. (2017). Official Method 945.10. pH en Cerveza. Fecha de publicación en el AOAC: 16 de jun. de 2017. <https://idoc.pub/documents/metodo-aoac-adeterminacion-de-ph-entre-otros-d47e9w7wqmn2> Fecha de consulta: 20 nov. 2022.
- Arroyo, J. (2019). Diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal de maracuyá (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4098>. Fecha de consulta: 11 nov. 2022.
- Bamforth, C. (2002). Standards of Brewing: A Practical Approach to Consistency and Excellence. Brewers Publications.
- Bamforth, C. (2006). Brewing: New Technologies. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. English Edition. 1.a ed. Woodhead Publishing.
- Barth, R. (2013). The Chemistry of Beer: The Science in the Suds, First Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- BJCP. (2008). Beer Judge Certification Program, Inc. Pautas de estilos para cerveza, hidromiel y sidra (Edición 2008). Disponible en: www.bjcp.org Fecha de consulta: 1 dic. 2022.
- BJCP. (2015). Beer Judge Certification Program (BJCP). Guía de estilos de cerveza, editada por Gordon Strong con Kisten England. Disponible en: <http://www.cervezaenterrios.cl/ciencia/BJCP-2015-Espa%C3%B1ol.pdf>. Fecha de consulta: 1 dic. 2022.

- Benítez, V., y Morales Rivas, C. (2018). Automatización del proceso de macerado de la malta para la producción de cerveza artesanal. *Epistemus*, 12(24), 53–61. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v12i24.68> Fecha de consulta: 3 dic. 2022.
- Calagione, S. (2011). *Extreme Brewing: An Enthusiast's Guide to Brewing Craft Beer at Home*. Adfo Books.
- Camacho, A., Giles G., Ortegón A., Palao R., Serrano y Velázquez. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. Disponible en: <https://docplayer.es/66963795-Tecnicas-para-el-analisis-microbiologico-de-alimentos-segunda-edicion.html> fecha de consulta: 16 ene. 2022.
- Cruz, R., Hernández, J. y Güemes N. (2016). Caracterización fisicoquímica de botanas horneadas por radiación de microondas a partir de harinas de Chayotextle (*Sechium edule*) y papa dulce (*Ipomoea batatas*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, (1), 658-662. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/8/114.pdf> Fecha de consulta: 16 nov. 2022.
- Daniels, R. (1998). *Designing Great Beers, La guía fundamental para la elaboración de estilos clásicos de cervezas*. Editorial: Brewers Publications.
- Diario Oficial de la Federación. (2019). Norma Mexicana PROY-NMX-V-013-NORMEX-2018, Bebidas alcohólicas-determinación del contenido alcohólico (por ciento de alcohol volumen a 20 °c) (% alc. vol.)-Métodos de ensayo (prueba). Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551813&fecha=05/03/2019#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 26 nov. 2022.
- Ferreira, L. (2014). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales (Tesis de pregrado)*. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Disponible en:

<https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreyra-.pdf> Fecha de consulta: 1/dic. 2023.

Frías Á., Ramírez G., Paz C., Herrero C., y Acosta Y. (2016). *Sechium edule* (jacq) sw: Potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. Medisur, 14(6). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2016/msu166b.pdf> Fecha de consulta: 15/feb. 2024.

Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Aquilanti, L., & Clementi, F. (2015). The Occurrence of Beer Spoilage Lactic Acid Bacteria in Craft Beer Production. *Journal of Food Science*, 80(M), M2845-M2852. doi:10.1111/1750-3841.13112. Fecha de consulta: 07 nov. 2023.

Gisbert Verdú, M. (2016). Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza. <http://hdl.handle.net/10251/73275>

González, G. Marcos, R. (2017). Principios de elaboración de cervezas artesanales. Primera edición. Editor. Lulu enterprises.-Lulu Press Inc- 860 Aviation Parkway, Suite 300. Morrisville, North Carolina. ISBN: 978-1-365-67284-2.

Hernández, M. (2021). Tesis- Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo de germinación sobre el poder diastásico de las maltas de maíz azul y rojo de la raza chalqueño, así como de la evolución de los compuestos volátiles durante el envejecimiento de cervezas producidas con estas maltas, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Disponible en: <https://bindani.izt.uam.mx/downloads/vm40xr80n?locale=zh>

Hornsey, I. S., & Barrado, A. M. (2002). Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología. ISBN: 84-200-0967-9.

INAH. (2016). Historia de la cerveza en México. Recuperado el 11 de mayo de 2016, Disponible en: <http://www.inah.gob.mx/es/boletines/849-historia-de-la-cerveza-en-mexico>. Fecha de consulta: 22 oct. 2022.

Institute of Brewing, Methods of Analysis, Vol. 1 – Analysis, January 1997.

Jackson, M. (1998). Beer, 1ra ed. Buenos aires: El Ateneo, 1999. Traducido de Ursula Maier. ISBN 950-028499-5

Krennmair, A. (2020). *Vienna Lager*. Independently Published.

Kunze, W. (2004). Technology brewing and malting (3rd international ed.). VLB Berlin.

Lataza Rovalletti, M., Bianchi, M., Sosa, G., & Benítez, E. (2020). Problemas en los procesos de postenfriamiento en la producción de cervezas artesanales, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342449213_PROBLEMAS_EN_LOS_PROCESOS_DE_POSTENFRIAMIENTO_EN_LA_PRODUCCION_DE_CERVEZAS_ARTESANALES. Fecha de consulta: 11 nov. 2023.

Morales-Toyo, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. Revista de Química PUCP, 32(1). Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/20105>. Fecha de consulta: 8 nov. 2022.

Morton, J. F., (1981). The chayote, a perennial, climbing, subtropical vegetable. Proc. Fla. State Hot. Soc. 94, 240-245.

Mosher, R. (2004). Radical Brewing: Recipes, Tales and World-Altering Meditations in a Glass. Brewers Publications.

Mosher, R. (2015). Mastering Home Brew: The Complete Guide to Brewing Delicious. California: Chronicle Books LLC.

Mosher, R. (2017). *Tasting beer an insider's guide to the world's greatest drink*. (2.a ed.). Storey Publishing. <https://www.storey.com>. Fecha de consulta: 20 oct. 2022.

- Muñoz Quintero, D., & Giraldo, S. (2020). Evaluación de condiciones de fabricación y calidad sensorial de cerveza artesanal tipo lager. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.46571/JCI.2020.1.1> Fecha de consulta: 25 abr. 2023.
- Oddone, S. (2020). *Matemática de la cerveza* (1.a ed.). Autores de Argentina. ISBN 978-987-761-448-0
- Palmer, J. J. (2006). *How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time* (3rd ed.). Brewers Publications.
- Palmer, J., & Kaminski, J. (2013). *Water: A Comprehensive Guide for Brewers*. Brewers Publications.
- Papazian, C. (1984). *The joy of homebrewing*. HarperCollins Publishers.
- Ramírez, R. K. (2012). *Caracterización del almidón modificado a partir del Chayotextle (Sechium edule Sw.): formación de complejos amilosa-lípidos*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Reyez, E. (2015). Estudio del chayote (*Sechium edule* (Jacq.)SW [Internet]. Orizaba-Córdoba: Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias; 2012. [cited 10 Abr 2015] Available from:<http://148.226.12.104/bitstream/123456789/35087/1/reyeshernandezelsa.pdf>. Fecha de consulta: 6 dic. 2022.
- Rojo-León L. (2018). Tesis-Elaboración de cerveza artesanal a partir de subproductos de cereal. Universidad de Valladolid, (Campus de Palencia)-E.T.S. DE INGENIERIAS Máster en calidad, Desarrollo e innovación de Alimentos. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37444/TFM-L470.pdf?sequence=1> Fecha de consulta: ago. 2023
- Román, J. Valls, V. Villarino, A. (2007). El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante en un grupo controlado de población. *Sociedad Española de Dietética y Ciencias de Alimentación (SEDCA)*. Facultad de medicina. Universidad de Valencia. Disponible en: <https://vdocuments.mx/> Fecha de consulta: 5 dic. 2022.

- Secretaría de Salud. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación, 12 de diciembre de 1995. Disponible en: <https://dof.gob.mx/>. Fecha de consulta: 1 dic. 2022.
- Secretaría de Salud. (1994). NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf> Fecha de consulta 10 Nov. 2022.
- Secretaría de Salud. (1994). NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. México. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0 Fecha de consulta: 10 Oct. 2022.
- Schmidt, A. & Hebbel, G. (1966). Química y tecnología de los alimentos. Editorial Salesiana. 313 p.
- Snyder, S. (2009). The brewmaster's bible: The gold standard for home brewers. HarperCollins e-books. (<https://www.harpercollins.com/products/the-brewmasters-bible-stephen-snyder>). Fecha de consulta: 29 oct. 2023.
- Sutula, D. (2017). Mild Ale: History, Brewing, Techniques, Recipes. Estados Unidos: Brewers Publications.
- Suzuki, K. (2011). 125th Anniversary Review: Microbiological Instability of Beer Caused by Spoilage Bacteria. Journal of the Institute of Brewing, 117, 131-155. doi:10.1002/j.2050-0416.2011.tb00454.x. Fecha de consulta: 10 nov. 2023.
- Vogel, W. (1999). Elaboración casera de cerveza (5ª ed., L. Serrahima Formosa, Trad.). Ed. Acribia.
- White, C. y Zainasheff, J. (2010). Levadura: Guía práctica para la fermentación de la cerveza. Brewers Publications.

12. ANEXOS

12.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Análisis microbiológico de bacterias mesófitas aerobias

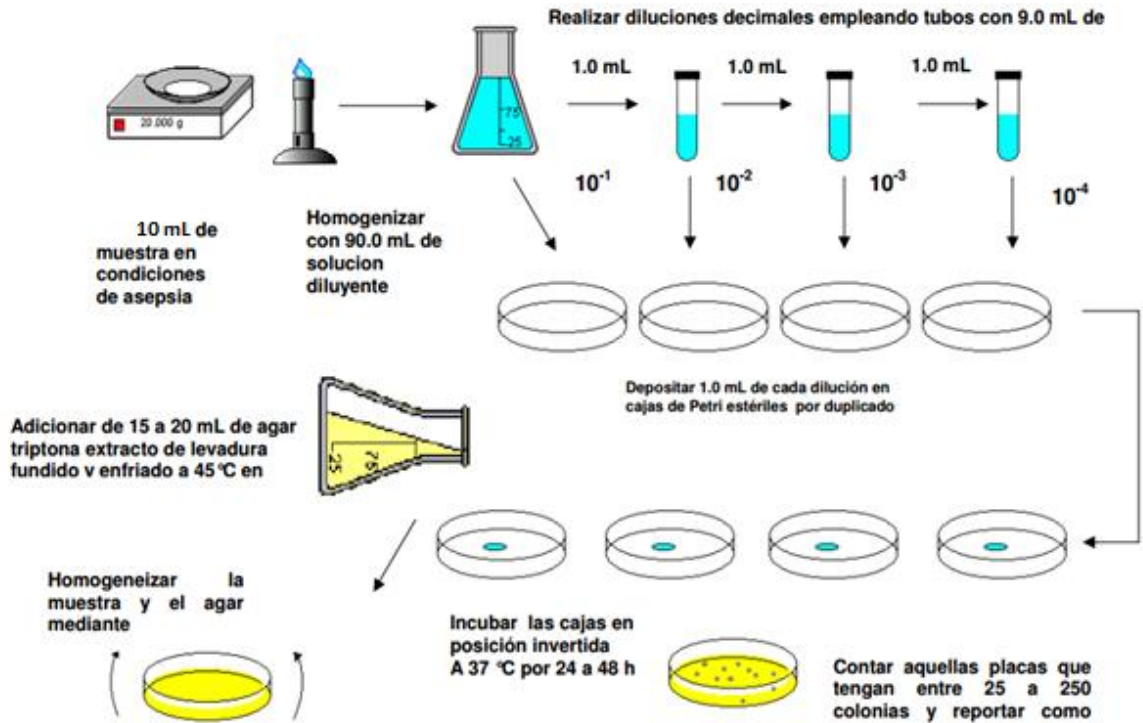


Figura 18. Técnica de vertido en placa para bacterias mesófilas aerobias. Fuente: (Camacho et al., 2009).

Análisis microbiológico de Coliformes totales

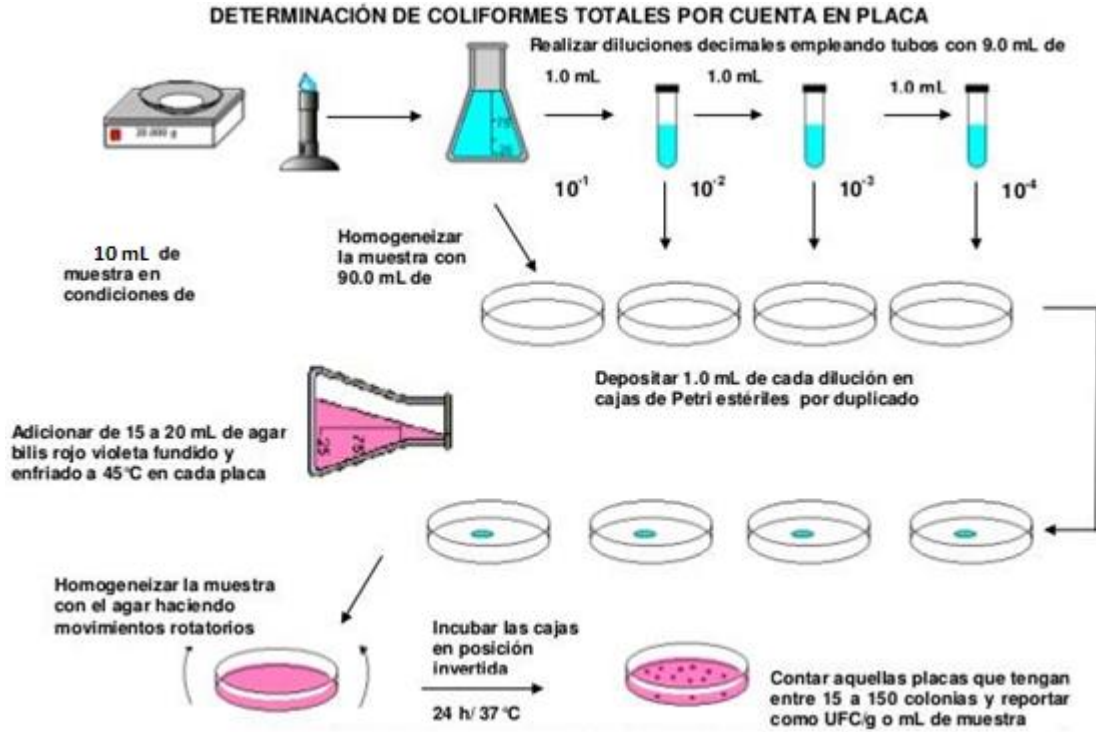


Figura 19. Técnica de vertido en placa para coliformes totales. Fuente: (Camacho et al., 2009).

Análisis microbiológico de Hongos y levaduras

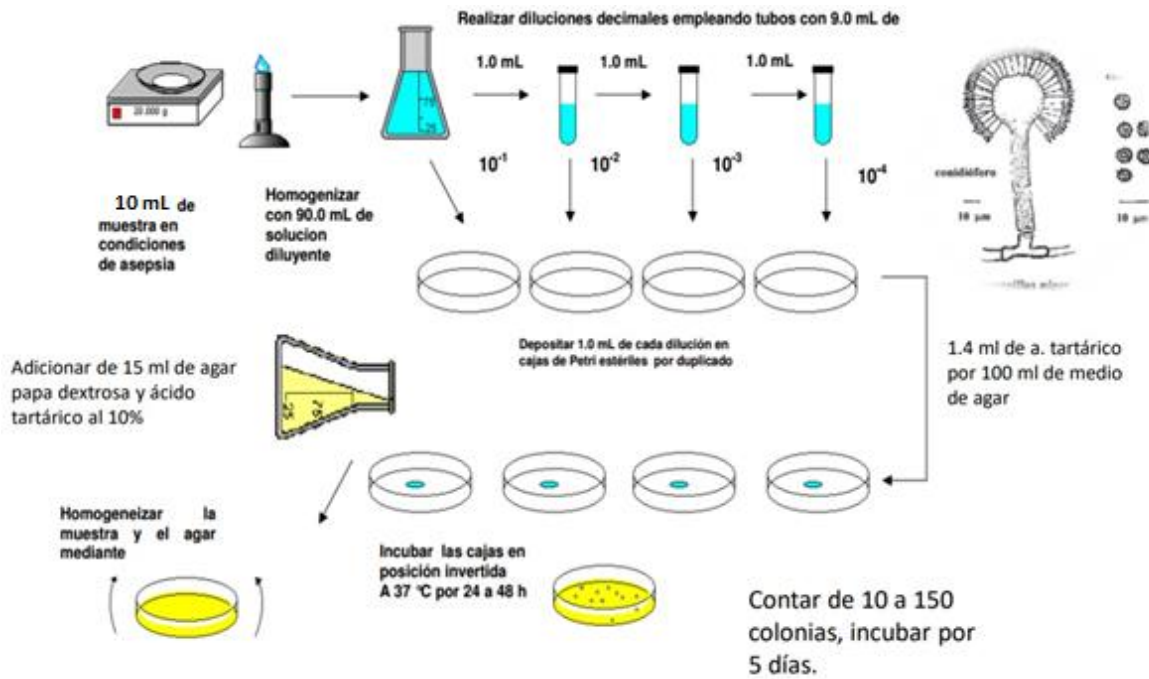


Figura 20. Técnica de vertido en placa para Hongos y levaduras. Fuente: (Camacho et al., 2009).

12.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN MINITAB

Comparación de ABV mediante Gay Lussac y fórmulas matemáticas

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTOS	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	8	1.489	0.1862	0.29	0.964
Error	27	17.433	0.6457		

Total 35 18.923

Resumen del modelo

	S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
	0.803536	7.87%	0.00%	0.00%

Medias

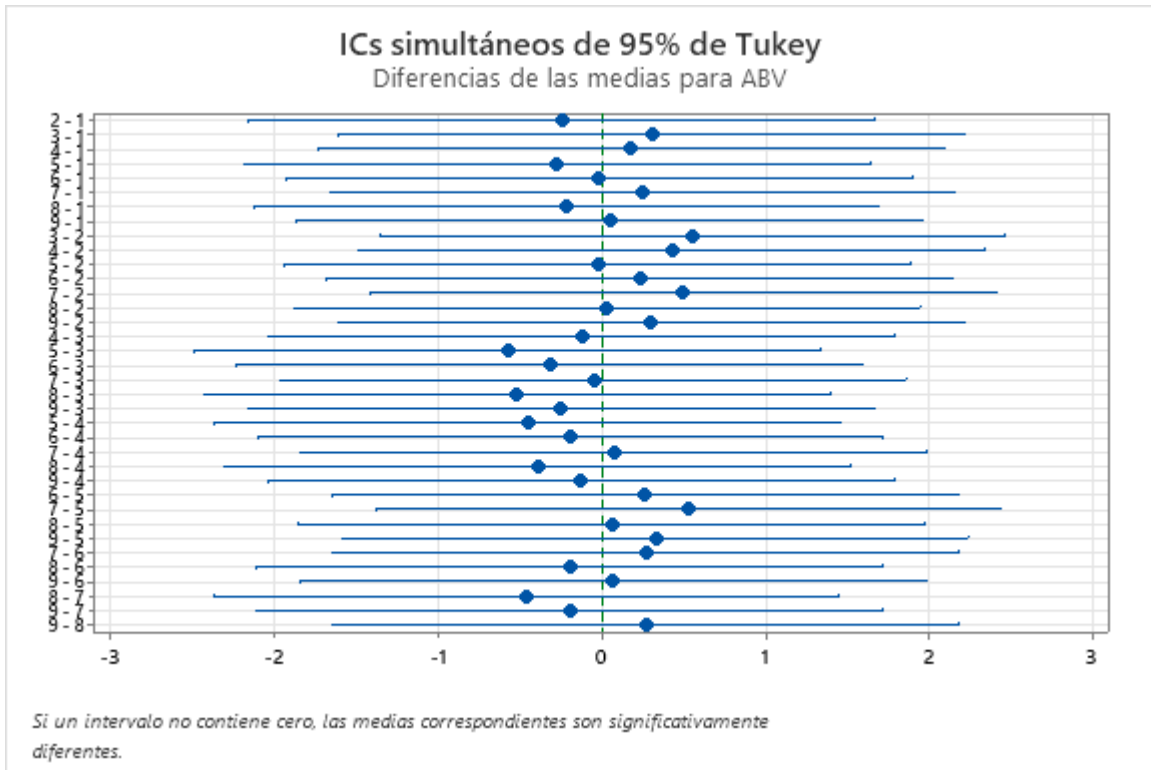
TRATAMIENTOS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	4	3.750	0.500	(2.926, 4.574)
2	4	3.500	0.872	(2.676, 4.324)
3	4	4.050	0.526	(3.226, 4.874)
4	4	3.925	0.756	(3.101, 4.749)
5	4	3.470	0.831	(2.646, 4.294)
6	4	3.730	0.981	(2.906, 4.554)
7	4	3.995	0.768	(3.171, 4.819)
8	4	3.530	0.843	(2.706, 4.354)
9	4	3.795	0.999	(2.971, 4.619)

Desv.Est. agrupada = 0.803536

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media Agrupación
3	4	4.050 A
7	4	3.995 A
4	4	3.925 A
9	4	3.795 A
1	4	3.750 A
6	4	3.730 A
8	4	3.530 A
2	4	3.500 A
5	4	3.470 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANOVA de ABV por método Gay Lussac

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
TRATAMIENTOS	3 1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	2	0.6067	0.3033	0.71	0.518
Error	9	3.8600	0.4289		
Total	11	4.4667			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.654896	13.58%	0.00%	0.00%

Medias

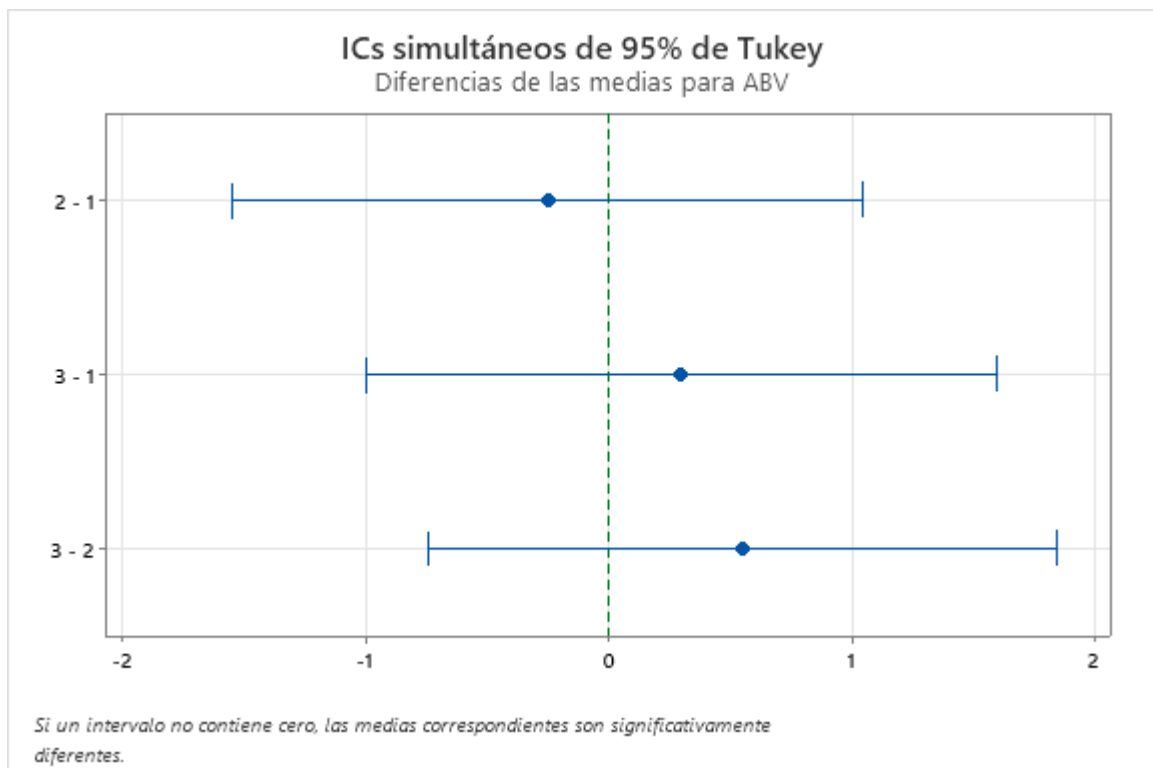
TRATAMIENTOS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	4	3.750	0.500	(3.009, 4.491)
2	4	3.500	0.872	(2.759, 4.241)
3	4	4.050	0.526	(3.309, 4.791)

Desv.Est. agrupada = 0.654896

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
3	4	4.050	A
1	4	3.750	A
2	4	3.500	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANOVA de SRM

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
TRATAMIENTOS	3 1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	2	8.511	4.256	0.90	0.494
Error	3	14.176	4.725		
Total	5	22.688			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2.17381	37.52%	0.00%	0.00%

Medias

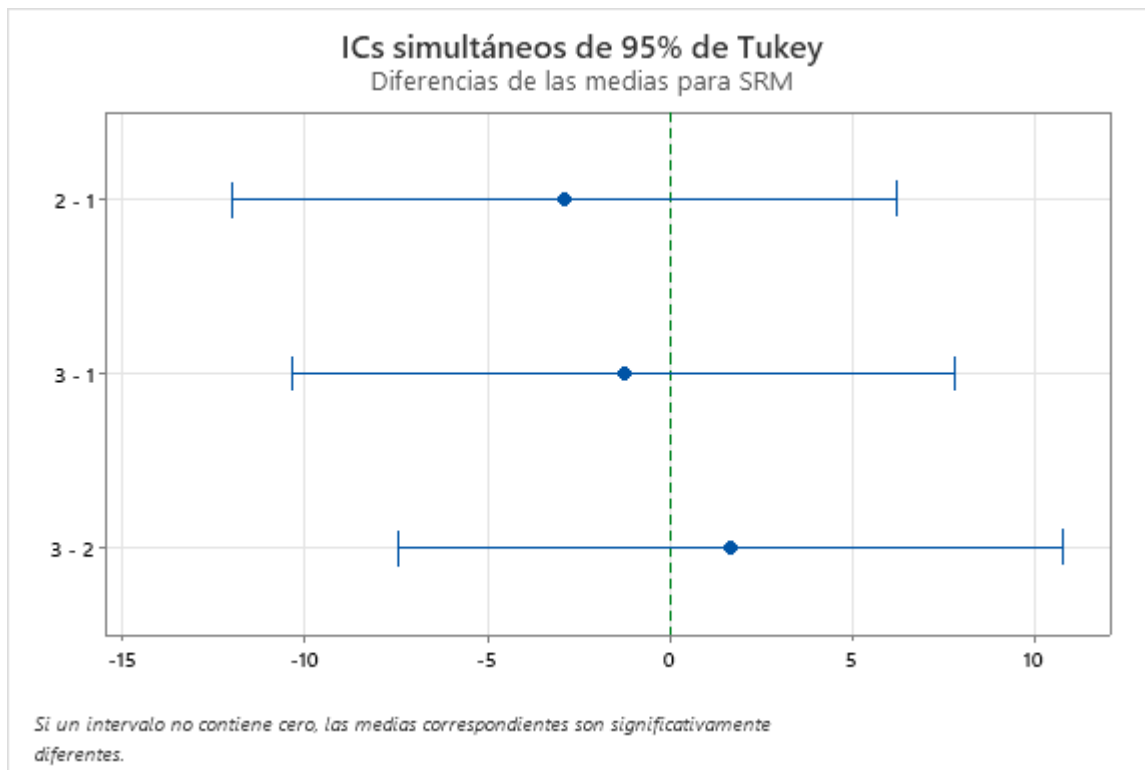
TRATAMIENTOS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	2	11.055	0.361	(6.163, 15.947)
2	2	8.14	3.02	(3.25, 13.04)
3	2	9.78	2.22	(4.89, 14.67)

Desv.Est. agrupada = 2.17381

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media Agrupación
1	2	11.055 A
3	2	9.78 A
2	2	8.14 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANOVA de un solo factor para la variable °BRIX

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
TRATAMIENTOS	3 1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

TRATAMIENTOS	2	3.167	1.5833	2.71	0.120
Error	9	5.250	0.5833		
Total	11	8.417			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.763763	37.62%	23.76%	0.00%

Medias

TRATAMIENTOS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	4	4.500	0.577	(3.636, 5.364)
2	4	3.750	0.289	(2.886, 4.614)
3	4	5.000	1.155	(4.136, 5.864)

Desv.Est. agrupada = 0.763763

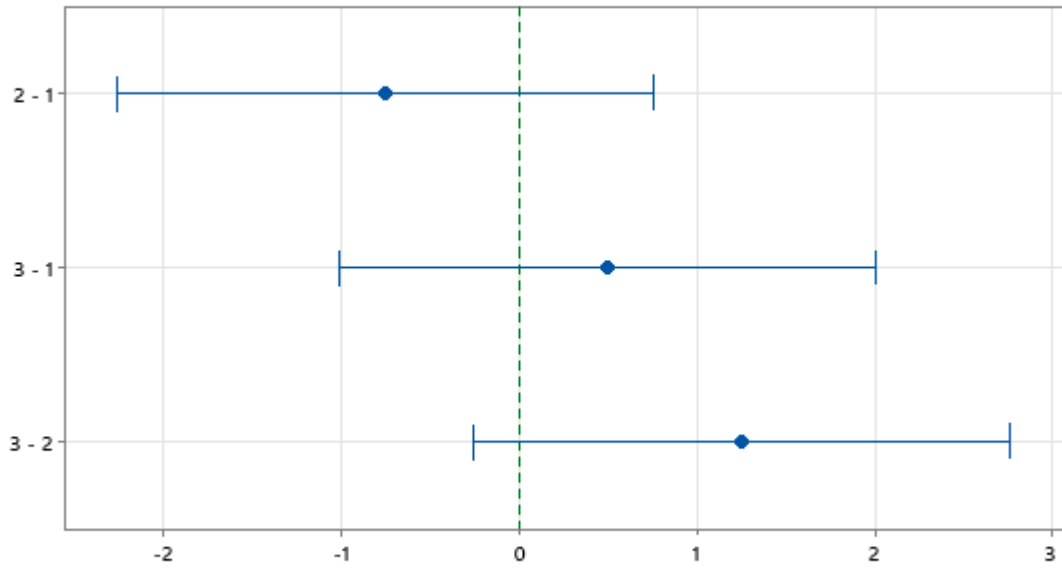
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
3	4	5.000	A
1	4	4.500	A
2	4	3.750	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey Diferencias de las medias para ° BRIX



Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.