



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**DESARROLLO DE UNA CERVEZA ARTESANAL SABOR JAMAICA  
DETERMINANDO LOS ATRIBUTOS SENSORIALES MEDIANTE EL  
USO DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A:**

**TANIA ALEJANDRA GONGORA CHICUELLAR**

**ASESOR: ING. ALBERTO SOLÍS DÍAZ**

**COASESOR: DR. JOSÉ FRANCISCO MONTIEL SOSA**

**CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Agradezco infinitamente el apoyo de mis padres y hermanos, de mi pareja Lesley y de mis amigos, por su comprensión y entendimiento continuo en la lucha de mis metas personales y profesionales.

---

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCION.....	2
1.	ANTECEDENTES .....	3
1.1	Historia y definición de la cerveza .....	3
1.2	Ingredientes para la elaboración de cerveza .....	4
1.2.1	Agua .....	4
1.2.2	Cebada y otros cereales.....	5
1.2.3	Lúpulo.....	6
1.2.4	Levadura .....	9
1.3	Proceso de elaboración de cerveza.....	11
1.3.1	Molienda.....	14
1.3.2	Maceración o braceado.....	14
1.3.3	Filtrado o <i>Lautering</i> .....	15
1.3.4	Cocción .....	15
1.3.5	Filtración.....	16
1.3.6	Enfriamiento .....	16
1.3.7	Fermentación .....	16
1.3.8	Maduración.....	17
1.3.9	Clarificación .....	17
1.3.10	Pasteurización .....	17
1.3.11	Envasado.....	17
1.4	Cerveza con jamaica.....	18
1.5	Evaluación sensorial en cerveza .....	19
1.6	Tipos de pruebas sensoriales.....	21
1.6.1	Pruebas afectivas .....	21
1.6.2	Pruebas discriminativas.....	22
1.6.3	Pruebas descriptivas .....	22
2.	METODOLOGIA.....	23
2.1	Objetivo General.....	23
2.2	Objetivo Particular 1.....	23

---

2.3 Objetivo Particular 2.....	23
2.4 Objetivo Particular 3.....	23
2.5 Cuadro Metodológico.....	24
2.6 Materiales y métodos.....	25
2.6.1 Selección de materia prima para elaboración de cerveza.....	25
2.6.2 Condiciones de proceso de elaboración de cerveza.....	25
2.6.3 Materiales para el proceso de elaboración de cerveza a nivel laboratorio.....	26
2.6.4 Diagrama de proceso.....	27
2.6.5 Descripción del diagrama de proceso.....	28
2.6.6 Métodos de análisis.....	36
2.6.7 Entrenamiento de jueces.....	38
2.6.8 Prueba sensorial descriptiva de las 3 concentraciones (5g/L, 7 g/L y 10 g/L) de cerveza artesanal sabor jamaica.....	44
2.6.9 Pruebas a consumidor.....	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
4. CONCLUSIONES.....	59
5. BIBLIOGRAFÍA.....	61
6. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	64
7. GLOSARIO.....	65
8. ANEXOS.....	68

---

## I. INTRODUCCION

Un sector importante que hace un amplio uso del análisis sensorial son las grandes cervecerías, donde han incorporado esta herramienta de gran importancia para dar un panorama amplio del producto con respecto al consumidor, mediante pruebas sensoriales de aceptación; así mismo como un punto importante para determinar la calidad del producto ya que funge como un punto importante del aseguramiento de la calidad, ((ASTMS), 2010) esto mediante pruebas sensoriales descriptivas, del cual se emplean como una herramienta de control de calidad de la cerveza, obteniendo así un perfil sensorial del producto (PIGGOTT, 2012). Las pequeñas cervecerías en México no cuentan con análisis sensorial como uno de sus puntos de proceso de calidad ya que muchos desconocen esta área o no tienen a su disposición los materiales necesarios para implementar un análisis sensorial descriptivo en sus productos. Es por ello que en este proyecto se enfocará en el análisis sensorial para tomarlo como apoyo para las microcervecerías, generando información del proceso para desarrollar un análisis sensorial descriptivo y afectivo de una cerveza artesanal. De tal modo se empleará una cerveza artesanal producida en el laboratorio bajo condiciones controladas (temperatura, tiempo de fermentación, pH) para tener un punto de referencia más apegado a lo que los pequeños productores de cerveza artesanal nos ofrecen al mercado mexicano. En los últimos años el crecimiento de las microcervecerías ha ido en auge, provocando una mayor exigencia por los consumidores y la búsqueda de nuevas alternativas en las cervezas mexicanas (ACERMEX, 2012). Las microcervecerías mexicanas se han visto a la tarea en crear nuevas recetas, usando como base estilos europeos como es el estilo Weizen, entre otros, en conjunto con la adición de ingredientes del consumo popular mexicano, dejando el toque tradicional e innovador como son chiles secos, tamarindo, orégano, etc. (ACERMEX, 2012). Para este proyecto se propone desarrollar una cerveza artesanal con flor de jamaica estilo Weizen, tomando en cuenta que la jamaica tiene alta popularidad, bajo precio y accesibilidad, (Galicia-Flores, 2007) obteniendo de esta manera un producto nuevo y original. Hoy en día el consumo de cerveza de los mexicanos va de 7.2 litros percapita (INEGI, 2013) , siendo un mercado amplio, que hoy está dispuesto a probar nuevos estilos de cerveza, sin dejar de lado que ambos productos (cerveza y flor de jamaica) son muy consumidos por los mexicanos y tienen una gran aceptabilidad, teniendo como resultado que la combinación de ambos productos pudieran llegar a tener una buena respuesta por parte del consumidor y así ser una nueva opción para los consumidores. Sabiendo además que tanto el estilo Weizen como el uso de la jamaica dentro de la cerveza que comercializan Grupo Modelo y Cuauhtémoc Moctezuma, no es común y complementa muy bien al mercado de las cervezas artesanales mexicanas.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Historia y definición de la cerveza

La cerveza es una bebida fermentada a base de cereales, básicamente cebada malteada, aunque también se emplean granos adjuntos como son el trigo, maíz, arroz, glucosa azúcar y sustitutos de malta. Además pueden ser empleados como adjuntos miel, frutas, especias, hierbas y otros alimentos, etc. (OFFICE, 2013)

Existen cerca de cientos de estilos de cervezas diferentes alrededor del mundo, muchas de ellas se pueden introducir en un estilo clasificado que se han desarrollado a lo largo del tiempo en varios países y regiones distintas. Dependiendo esto en el tipo de proceso empleado, si es de fermentación alta o baja, y por las materias primas utilizadas (diversos granos, jarabes, etc.). (PREDDY, 2009)

A pesar de la gran diversidad de estilos de cervezas que existen, gran parte de ellas, han quedado rezagadas en el desconocimiento por influencia cultural o por la misma globalización. Muchas de las cervezas más antiguas se originaron desde hace más de 200 años y gran parte de ellas tuvieron un inmenso auge primordialmente en Europa, por lo que hoy en día aún prevalecen ciertos estilos como lo son las *trappist*, *lambics*, *witbier*, *weizen*, etc. En el caso de las tradicionales cervezas de trigo alemanas Weizen o también llamadas Weissbier, proveniente de Bavaria y otras regiones de Europa, son cervezas de alta fermentación como su elaboración tradicional, del cual poseen un bajo contenido en volumen de alcohol de entre 4.3-5.6%. Teniendo un sabor y aroma afrutados, refrescante y de apariencia pálida; por lo que la hace ideal para su consumo en verano. (LUTZFEN, 1994)

En nuestra sociedad moderna el tema de la cerveza se ha visto en un adelanto tecnológico significativo por lo que se sabe que la elaboración de cerveza puede llegar a ser más compleja que el proceso de elaboración del vino ya que encontramos la extracción de azúcares mediante granos y otras fuentes de almidón, donde previamente el grano es seleccionado, malteado y macerado, donde esto tiene lugar a clasificar las diferentes variedades de cerveza y a diferencia del vino, la uva no se somete a un tratamiento específico previo a su proceso convencional. Gran parte de su complejidad radica en la misma materia prima, siendo: agua, malta de cebada y adjuntos, lúpulo y levadura. Es por ello que a continuación se explicará a grandes rasgos cada uno de los ingredientes. (GARCIA, 2002)

## 1.2 Ingredientes para la elaboración de cerveza

### 1.2.1 Agua

El agua es el principal ingrediente de la cerveza ya que conforma el 90% del proceso y más del 94% del producto terminado. El contenido de minerales del agua tiene grandes efectos en las propiedades de la cerveza, dando una importante contribución en el sabor del producto terminado por lo que una gran cantidad de agua es empleada para elaborar cerveza (“licor” es el nombre dado al agua usada para el proceso de elaboración de la cerveza). (HOUGH, 1990)

Por lo anterior debe existir un tratamiento específico para el agua a utilizar para la elaboración de cerveza, esto con base al estilo de cerveza que se desee elaborar; este tratamiento consta de la adición o remoción de sales minerales, para dar a dicho licor, propiedades similares a las condiciones más adecuadas, para obtener la cerveza adecuada con respecto a su sabor y cuerpo. (PREDDY, 2009) Además en el caso de las sales inorgánicas encontradas en la cerveza que provienen del agua de licor y/o de la malta; puede llegar a tener tanto un efecto positivo como negativo en la calidad final del producto, dependiendo así de la concentración y naturaleza de estas sales. Es por ello que es importante tener un conocimiento de la composición del agua a emplear al momento de elaborar una cerveza ya que de esto pueden depender los resultados deseados o quizás indeseables de la cerveza a elaborar. (Bamforth W. C., Beer a quality perspective, 2009)

A continuación en la tabla 1 se observa de manera más detallada la composición de ciertos compuestos inorgánicos de la cerveza que dependerá de la concentración de alguna de estas sales para tener un impacto directo en el sabor, cuerpo o calidad de la cerveza.

**Tabla 1. Compuestos inorgánicos de la cerveza, modificada**

Compuestos inorgánicos	Concentración (mg/L)
<i>Potasio</i>	200-450
<i>Sodio</i>	20-350
<i>Calcio</i>	25-120
<i>Magnesio</i>	50-90
<i>Cloruro</i>	120-500
<i>Sulfato</i>	100-430
<i>oxalato</i>	5-30
<i>Fosfato</i>	170-600
<i>Nitrato</i>	13-43
<i>cobre</i>	0.01-1.55

Fuente: (Preddy, 2009)



La cerveza principalmente es rica en magnesio, potasio, sodio y calcio (cationes) y cloruros, sulfatos, nitratos y fosfatos (aniones) (Véase Tabla 1). Por lo que para obtener las condiciones adecuadas del agua para la cerveza es importante medir previamente el pH y hacer uso de algunas sales para modificar el valor de pH del agua empleada como licor. Ya que el valor del pH es muy importante durante el proceso porque a diferentes puntos de la producción tiene lugar de ciertas reacciones únicamente a determinados valores de pH, ya que una gran cantidad de iones son liberados de la malta durante el macerado, provocando que estos iones reaccionen con los iones del agua que terminan alterando el valor del pH. (Bamforth C. W., 2006) Por todo lo anterior lo que se recomienda principalmente es que siempre se debe recordar que al utilizar agua para la producción de cerveza, ésta debe ser potable, pura, y libre de patógenos, lográndolo mediante análisis químicos y microbiológicos, para obtener un producto deseado de buena calidad (PREDDY, 2009).

### 1.2.2 Cebada y otros cereales

Usualmente se utiliza cebada (*Hordeum vulgare* de la familia de las *Gramineae*) después del agua es el segundo ingrediente más importante en la cerveza., este cereal tiene la capacidad de crecer en condiciones adversas. La cebada se puede dividir de 2 hileras y de 6 hileras, lo que refiere a la morfología de la espiga. Las espigas de 2 hileras tienen dos hileras paralelas de granos maduros, mientras que las de 6 hileras tienen seis hileras de granos maduros. (Maltear, 2009)



La cebada de 6 hileras tiene una producción exclusiva en México y además se ha optado por emplear más esta variedad en la mayor parte de Estados Unidos, en general tienen un mayor contenido de proteínas y fuerza enzimática, significando una mayor degradación del almidón por parte de las enzimas fosforilasa,  $\alpha$ -glucosidasa,  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, y enzimas desramificadoras, y la prevalencia de las enzimas (españoles, 2013). La cebada de 6 hileras tiene una mayor utilización para cervezas de tipo Ale por la cantidad de enzimas que puede aportar para la producción del mosto. (HOUGH, 1990)

Figura 1. Cebada de 2 y 6 hileras respectivamente. Fuente: (españoles, 2013)

Normalmente para producir 1hl de cerveza se recomienda usar de 15-20kg de malta de cebada, por lo que este ingrediente es el mayor proveedor de algunos componentes importantes en la cerveza como lo son las proteínas, lípidos, carbohidratos, polifenoles, teniendo estos últimos grandes impactos durante el proceso de elaboración de cerveza, ya que pueden influir en el color, espuma, sabor y turbidez de la cerveza. (BAXTER, 2001) Además de otros granos como son el trigo, arroz, cebada sin maltear también son indicados para el proceso; por lo que usualmente se pueden emplear almidones, sacarosa, glucosa, y algunos jarabes como adjuntos. Cabe destacar que tanto la malta de cebada como los adjuntos son fuentes de varios constituyentes presentes en la cerveza como son los compuestos nitrogenados y vitaminas. (PREDDY, 2009)

La selección del adjunto dependerá del lugar de origen y estilo de cerveza a preparar. Un ejemplo claro es el uso de la malta de trigo, que tiene un papel trascendental en la elaboración de la cerveza de origen alemán Weizen debido a que representa un 50% de los cereales totales utilizados. Además cabe destacar que la temperatura de gelatinización del almidón de trigo es a 65°C tal como la de la cebada. De tal modo que gracias al uso del trigo malteado, se tiene una cerveza muy característica en tanto a su espuma, color, sabor y aroma. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

### 1.2.3 Lúpulo

Conocido como *Humulus lupulus L*; se encarga de aportarle el típico amargo y aroma a la cerveza y se adiciona en el proceso para preservar los efectos de aroma y sabor. Este ingrediente contiene sustancias activas como el efecto soporífico que induce al sueño. Generalmente se cultiva en Alemania y E.U mayormente y únicamente se emplean las plantas femeninas y se desarrollan los conos de las flores para la producción de lúpulo. (Bamforth C. W., 2006) La composición del lúpulo consta de tres grupos de sustancias que tienen gran interés para la elaboración de cerveza siendo las resinas, los agentes de sabor, y de polifenoles.

Por lo que las resinas del lúpulo constituyen cerca del 10-20% del peso seco del lúpulo; representando principalmente todas las sustancias que le aportan el amargor. También se considera que los componentes más importantes son los  $\alpha$ - y  $\beta$ -ácidos que se transforman en iso- $\alpha$ -ácidos durante la cocción. Estos iso- $\alpha$ -ácidos y sus derivados tienen un gran papel en el potencial amargor, por otra parte los  $\beta$ -ácidos tienen baja solubilidad en el mosto y la cerveza, en su caso ellos contribuyen ligeramente al amargor. Por otro lado en el caso de las resinas, éstas incrementan la digestibilidad fisiológica, la estabilidad de espuma y la naturaleza bacteriostática del mosto y la cerveza, así mismo pueden repercutir en aportar un mayor o menor potencial de amargor. (PREDDY, 2009) Además el

lúpulo posee aproximadamente de 0.4-0.2% en peso seco de agentes de sabor, éstos son aceites esenciales que son responsables del aroma en el lúpulo y el bouquet y se tiene más de 300 compuestos volátiles identificados en el lúpulo hasta ahora. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003) Mientras tanto los polifenoles (1-14% del peso seco del lúpulo) tienen un gran impacto en la calidad de la cerveza. Por lo tanto la cantidad de polifenoles depende de la variedad de lúpulo, área de cultivo y condiciones climáticas. (Bamforth C. W., 2006)

Es por ello que existe una gran variedad de lúpulos, denominándolos por su función como lo son por aroma, sabor y de doble propósito (sabor y aroma). Teniendo una gran gama de variedad en lúpulos y en diferentes presentaciones (pellet, flor, conos), debido a su presentación tiene diversas funciones dentro del proceso, lo que puede llegar a facilitar su uso dentro del proceso. En el caso del pellet este es fácil de pesar, compacto y de fácil almacenamiento. (HOUGH, 1990) Por lo que hoy en día la variedad y tipo de presentación de los lúpulos se ha ampliado, debido a los intereses de los productores de cerveza, ya que cada estilo de cerveza emplea lúpulos diferentes, esto a razón de la característica sensorial que se requiera obtener en cada cerveza. (Véase la tabla 2)

**Tabla 2. Tipos de lúpulo según su contenido de Alfa ácidos y variedad**

Tipo de lúpulo	% de Alfa ácidos	Ejemplos de variedades americanas de lúpulo
Súper Alto Alfa	12 – 19% A.A.	<i>Apollo, Super Galena, Tomahawk, Zeus</i>
Alto alfa	10 – 14 % A.A.	<i>Chinook, Galena, Nugget.</i>
Doble propósito	5 – 11% A.A	<i>US. Centennial, Cluster, US Fuggle</i>
Aroma	2 – 8% A.A	<i>Cascade, Willamette, Tettnang</i>

Fuente: (Palmer, 2006)

Un claro ejemplo es la cerveza Weizen que utiliza un lúpulo de propósito de aroma teniendo el *Hallentauer, Tettnang, Willamette, Cascade*, etc. Teniendo como ejemplo claro de propósito de aroma la variedad de lúpulo *Tettnang*, del cual posee un aroma agradable y especiado, suele emplearse para cervezas alemanas de trigo tipo Weizen, teniendo un rango de A.A de 3-6% originario de Alemania y Estados Unidos. (LUTZFEN, 1994)

Lo más importante al momento de escoger un lúpulo, éste debe poseer frescura, un olor fresco, especiado, a hierbas, y de color verde claro.

Además de contar con un buen lúpulo para obtener un buen aroma y sabor, se tiene un método muy importante para obtener los resultados deseados; esto es mediante las unidades internacionales de amargor (IBUs). Ya que son las unidades que establecen la cantidad de alfa ácidos isomerizados y realmente disueltos en la cerveza. La ecuación para la *International Bitterness Units* (IBUs) toma la cantidad de lúpulo en AAU (Unidades alfa ácidos) y aplica factores para la gravedad específica del hervido, volumen, y tiempo de hervido. Los IBUs son independientes de la variedad de lúpulo, a diferencia de las AAU. (Bamforth C. W., 2006) De esta manera se puede predecir la intensidad de amargor que puede obtener una cerveza con base al tipo de lúpulo, cantidad de lúpulo y tiempo de utilización durante el proceso. Esto es dependiendo el estilo de cerveza que se esté manejando ; ya que encontramos estilos que tienen 50 IBUs (Stout) y otros como la Weizen que tiene 10-15 IBUs , y es por ello la gran diferencia que existe entre ambas en cuestión al amargor. (PALMER, 2006)

Normalmente el lúpulo se agrega en el proceso de cocción, donde se hierve por 30-90min para isomerizar los alfa ácidos, los aceites aromáticos del lúpulo tienden a evaporarse con el hervor, dejando poco sabor a lúpulo, y nada de aroma. Para asignar un sabor característico a la cerveza normalmente se adiciona el lúpulo entre 40-20 min antes del final del hervor, siendo el tiempo más común de 30 min. (SERNA, 2001) Las resinas del lúpulo actúan como aceite en el agua. Utilizan el hervido del mosto para isomerizarse, lo que significa que la estructura química de los componentes de los alfa ácidos es alterada para que las moléculas de agua puedan mezclarse y estos componentes puedan disolverse dentro del mosto. El porcentaje del total de alfa ácidos que son isomerizados y prevalecen en la cerveza terminada, es llamado la "utilización". (PALMER, 2006)

La utilización es influenciada por el vigor del hervido, la gravedad específica total del mismo, el tiempo de hervido y varios otros factores menores. La gravedad específica del hervido básicamente nos habla de los azúcares de la malta disueltos en el mosto y entre más alto sea éste, menor será el espacio para los alfa ácidos isomerizados.

Los factores más altos de amargor son la suma total de alfa ácidos agregados al mosto, y el tiempo de hervido para isomerización. Se entiende entonces por que la mayoría de las ecuaciones de IBUs funcionan con estas tres variables (gravedad, cantidad y tiempo). (PALMER, 2006)

Por una tabla de utilización se compara la utilización con tiempo y gravedad del hervido. Por lo que permite estimar en qué medida cada agregado de lúpulo entre diferentes estilos de cerveza. Básicamente se dice la eficiencia de la isomerización de los alfa ácidos como una función del tiempo. En las tablas se

encuentra la utilización de la gravedad específica del hervido entre los valores dados, simplemente hay que interpolar los valores basándose en la cifra real de la gravedad específica en el tiempo dado. (Véase anexo C)

Por ejemplo 10 AAUs en una Pale Ale la harán bastante amarga, mientras que 10 AAUs apenas se notarán en una Stout.

Para el cálculo, el primer paso es calcular las unidades de alfa ácidos (AAUs)

$$\text{AAU} = \text{Peso del lúpulo (g)} \times \% \text{ alfa ácidos (total, sin decimales)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Por ejemplo al someter 42.52g de lúpulo a 60 min de hervido con 6.4% A.A se tiene:

$$\text{AAU(60)} = 42.52\text{g} \times 6.4 = 9.6\text{AAUs}$$

Normalmente los lúpulos de amargor se hierven por una hora, y los de aroma durante los últimos minutos 10-20min.

Para calcular el amargor final que se le dará a la cerveza, se aplican factores para el volumen de la receta (V), gravedad específica y tiempo del hervido. El tiempo y gravedad específica se expresan como utilización (U). La ecuación para IBUs es:

$$\text{IBU} = \text{AAU} \times \text{U} \times 75 / \text{V} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

- AAU= Unidades alfa ácido
- U= Utilización
- 75 es una constante para la conversión de unidades inglesas al sistema métrico.

Las medidas reales para IBUs son miligramos por litro, así que para convertir las onzas por galón se necesita un factor de 10. (PALMER, 2006)

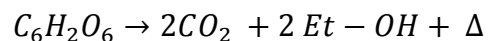
#### 1.2.4 Levadura

Es un organismo unicelular que se produce por gemación, es el más importante organismo responsable de la fermentación de varias bebidas alcohólicas, y en este caso de la cerveza. Hoy en día existen dos diferentes técnicas de elaborar cerveza, siendo lager y ale, donde la ale es el tipo más antiguo alrededor del mundo y usualmente en este tipo se deja fermentar al mosto a una temperatura de 20-25°C, donde la levadura tiende a permanecer en suspensión durante la fermentación, hasta que al final del proceso las células se adhieren a las burbujas de CO<sub>2</sub> ascendentes y son llevadas a la superficie del fermentador, además la fermentación está lista a los pocos días (2-3 días). (BAXTER, 2001)

Teniendo que una de las cepas más utilizadas en la industria de cerveza es la *S. cerevisiae* (ales). La levadura metaboliza durante la fermentación casi todos los carbohidratos (hexosas, disacáridos y trisacáridos) para convertirlos así en etanol y dióxido de carbono. (Bamforth C. W., 2006) Es por ello que lo que se busca de una levadura para los cerveceros, está relacionado con el bouquet y aroma de la cerveza, de un modo adecuado para poder establecer una especificación por elemental que sea. Es un tanto difícil porque tanto el bouquet y el aroma se ven influidos de un lado, por las materias primas y las técnicas de elaboración y, de otro, por el metabolismo de las levaduras. Así por ejemplo, las tasas de diacetilo que imparten a la cerveza un bouquet y un aroma a mantequilla, se ven influenciadas por las materias primas, los métodos de producción del mosto, las levaduras, las condiciones de fermentación y post-fermentación y la infección de la cerveza por diversas bacterias y levaduras salvajes. (HOUGH, 1990)

Del mismo modo se busca que la levadura tenga un buen crecimiento con un factor de multiplicación de 3 a 5 durante la fermentación, por lo que sí existe un menor factor de multiplicación puede crear dificultades técnicas, y en el caso contrario a una excesiva, puede acarrear la incorporación a la biomasa de la levadura de cantidades de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) que debían transformarse en etanol, obteniendo así un bajo contenido alcohólico. (BAXTER, 2001)

La expresión más simple de la fermentación es la siguiente:



Esta ecuación, denominada de Gay-Lussac muestra que la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) rinde pesos casi iguales de  $CO_2$  y etanol ( $Et - OH$ ), además de energía ( $\Delta$ ) para su utilización en las actividades celulares. Desgraciadamente no toda la energía se utiliza para las actividades de la levadura, y se pierde en forma de calor, se debe tomar en cuenta que la levadura puede estar multiplicándose y produciendo otros metabolitos, como es el ácido láctico, glicerol, y ácido succínico, si bien en cantidades relativamente bajas. (HOUGH, 1990) En el caso de la producción de etanol y  $CO_2$  le pueden conferir un cuerpo, calidez y livianez al producto final, y como ya sabemos estos dos no son los únicos productos de la fermentación, por lo que también podemos hallar ésteres, alcoholes superiores, aldehídos, diacetilo y compuestos sulfurados. Por ejemplo, los ésteres son el grupo más importante derivado de la fermentación responsables de dar sabor, ya que pueden impartir un sabor frutal, floral, y de solvente tanto en aromas como en sabores de la cerveza. Los ésteres de mayor impacto es el acetato de etilo (solvente o afrutado), isoamilo de acetato (dulce y banana) isobutilo de acetato (frutal y banana), etc. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

En el caso de los alcoholes superiores se han identificado cerca de 40 diferentes en la cerveza, siendo el más importante para el sabor el n-propanol, isobutanol, 2-metilbutanol y 3-metilbutanol, se consideran los más importantes análogos al etanol, impartiendo también una sensación de calor “alcohólico” en el sabor y aroma de la cerveza. La formación de aldehídos durante la fermentación procede a la producción de alcoholes superiores y los aldehídos son mucho más activos en sabor en comparación a los alcoholes pudiendo contribuir un sabor desagradable en la cerveza. Como es el ejemplo del acetaldehído que confiere un aroma a manzana verde (Véase tabla 3 y 4). (Bamforth W. C., Beer a quality perspective, 2009)

**Tabla 3. Compuestos volátiles de la cerveza Ale.**

Clase de compuestos volátiles	Nombre de los compuestos	Cerveza Ale (mg/L)
<i>Alcoholes superiores</i>	Etanol	27-32(g/L)
	Isopentanol	47-61
	n-Propanol	31-48
	Isobutanol	18-33
	2-Metilbutanol	14-19
<i>Esteres</i>	Etilacetato	14-23
	Isopentilacetato	1.4-3.3
<i>Diketonas</i>	Diacetil	0.06-0.30
	Pentano-2,3-diona	0.01-0.20
<i>Compuestos Sulfurados</i>	Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	0.0015-0.008
	Dimetil sulfuro (DMS)	15+(µg/L)

Fuente: (Preddy, 2009)

### 1.3 Proceso de elaboración de cerveza

Para poder entender un poco mejor el proceso de elaboración de la cerveza a continuación se explicará a grandes rasgos los componentes de mayor interés.

*Compuestos nitrogenados:* Estos se hallan en la cerveza en un rango del 0.3-1.0 g/L y se componen de aminoácidos, péptidos y polipéptidos, fragmentos de ácidos nucleicos, aminas y compuestos heterocíclicos que provienen de la reacción de *Maillard* durante el secado de la malta posterior a la germinación. En el caso de las cervezas fuertes como Stouts y Porter y también particularmente las que no se encuentran filtradas, pueden contener cerca de 2000mg/L de nitrógeno equivalente a 1.26% de proteína; 80-85% de este nitrógeno son derivados de la malta (y el 10-15% provenientes de la levadura). (BAXTER, 2001)

Es por ello que durante la maceración, las proteínas como péptidos de la malta son convertidos mientras se lleva a cabo la degradación enzimática, dando así

como resultado que el nivel de compuestos nitrogenados se hallen disponibles para la levadura durante la fermentación, derivando en su multiplicación y la producción de alcoholes superiores que tienen un gran papel en el sabor de la cerveza. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

Por lo que además la degradación de las proteínas de la malta se ven degradadas por enzimas proteolíticas durante la maceración, logrando las pequeñas unidades que se obtienen, para que la levadura los metabolice y los tome como sustrato. Por lo que se ha estudiado además que gran parte de estos compuestos tienen acción en la estabilidad de espuma y cuerpo de la cerveza. (PREDDY, 2009)

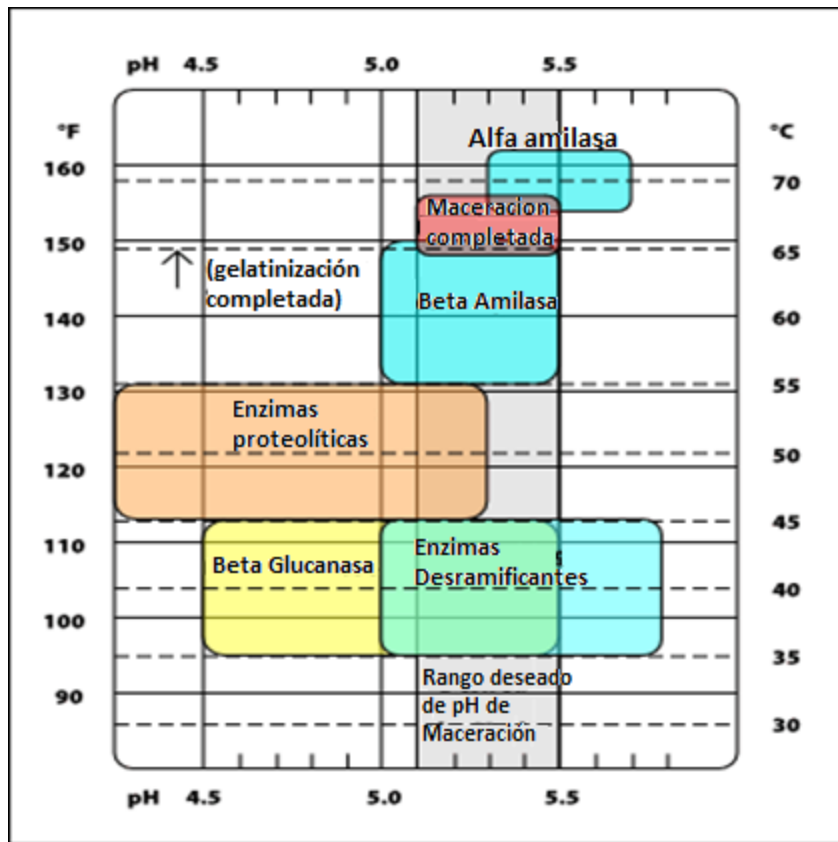


Figura 2. Reacciones enzimática durante la maceración. Fuente: (Baxter, 2001)

En la figura 2 se puede apreciar las reacciones amilolíticas (por las  $\alpha$ -amilasa y la  $\beta$ -amilasa) actuando coordinadamente degradando la amilosa y la amilopectina para liberar azúcares fermentables y dextrinas no fermentables a una temperatura de 62-67°C en un pH de 5.7 para la  $\alpha$  y un pH de 4.7 para la  $\beta$ , en el caso de las reacciones proteolíticas se dan mediante exoenzimas<sup>1</sup> cuya

<sup>1</sup>Exoenzimas: Enzima que no funciona en el interior de las células a partir de las cuales se segrega.



temperatura óptima es de 50°C, incluso a 65°C a un pH de 5.3-5.7. (HOUGH, 1990)

*Lípidos:* Estos provienen principalmente de la malta de cebada y ácidos grasos, digliceraldehidos y trigliceraldehidos, sabiendo que la cebada contiene aproximadamente 3% en peso seco del grano en lípidos, hallados en la parte del embrión y la capa de aleurona del grano, pero únicamente una pequeña porción de grasas se halla en la cerveza siendo tan baja teniendo una concentración menor de 0.1%. Cabe destacar que la presencia de lípidos tiene un efecto negativo en la vida de la cerveza particularmente por algunos ácidos grasos como lo son el trans-2-nonenal. Siendo un potente componente del sabor, detectándose al menos a 1µg/L en la cerveza; y es muy conocido por los *sommeliers* de cerveza ya que es considerado el responsable del sabor a cartón en las cervezas viejas. (Bamforth W. C., Beer a quality perspective, 2009) Es por ello que el proceso es de gran interés para la erradicación de varios de estos componentes, mediante filtración, clarificación y la misma fermentación como consecuencia del metabolismo de la levadura. (PREDDY, 2009)

*Carbohidratos:* La mayor parte del azúcar del mosto es fermentado y convertido en etanol gracias a la fermentación que lleva a cabo la levadura, aunque algunos de estos azúcares pueden continuar presentes aún después del proceso de fermentación, casi en un porcentaje estimado del 1-6%. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003) Los azúcares en la cerveza se hallan en la unidad más simple (glucosa) y son llamados dextrinas no fermentables o  $\alpha$ -glucanos (conformados en un 90%), siendo remanentes de la hidrólisis enzimática del almidón y algunos otros compuestos polisacáridos provenientes de las paredes celulares del endospermo almidonoso del grano. (LU, 2006)

En el caso de los  $\beta$ -glucanos remanentes de la cerveza pueden tener una buena influencia en el cuerpo y espuma de la cerveza, teniendo a la vez cuidado de no tener una alta concentración para no repercutir en el sabor de la cerveza. (PREDDY, 2009) Mientras que el almidón se considera el más importante de los carbohidratos, ya que para fines de la industria, resulta preciso degradarlo enzimáticamente, y para ello es necesario gelatinizarlo previamente por la acción del calor; para la cebada su almidón gelatiniza a 52-59°C, del cual éste consiste en amilosa (20-25%) y amilopectina (75-80%) que son  $\alpha(1,4)$  cadenas glucosídicas de moléculas de glucosa. (HOUGH, 1990) A continuación se dará una descripción breve de los componentes del almidón:

- Amilopectina: De mayor complejidad que la amilosa y puede absorber agua fácilmente en la estructura macromolecular y lograr una mayor degradación enzimática.
- La amilosa no se aglutina y se dificulta más la degradación enzimática. (HOUGH, 1990)

Con lo anterior se prosigue a la descripción de la elaboración de cerveza paso por paso:

### **1.3.1 Molienda**

Tiene como objetivo triturar la malta. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que, en cambio, el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho, la cascarilla no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto a partir de la masa. Por otra parte la cascarilla rota libera más sustancias tánicas de las deseables. En cuanto a la trituración del endospermo, es preciso que las partículas del mismo se hidraten bien y liberan fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente. Desde este punto de vista serían ideales partículas de tamaño muy reducido, pero estas tienden a empaquetarse demasiado y forman un lecho impermeable, que libera lenta e incompletamente el mosto. La finura del mosto depende, por ello, del tipo del equipo utilizado para la recuperación del mosto. (SERNA, 2001)

### **1.3.2 Maceración o braceado.**

Es la parte enzimática de todo el proceso, la malta molida se mezcla con agua, donde comienzan a interactuar las enzimas para degradar los azúcares complejos a más simples. Durante la maceración la mezcla de malta molida y agua se agita cuidadosamente para una mejor solubilización de la malta y exponer los adjuntos al ataque enzimático. (Bamforth C. W., 2006)

La mayor parte de las industrias cerveceras del mundo utilizan el sistema de doble extracción, pero algunas lo terminan elevando la temperatura de 67 a 72°C en una sola decocción. Otras usan, sin embargo la programación de temperaturas; entre estas se cuentan algunas de las más grandes de la gran Bretaña. Se mezcla en una caldera la malta triturada y agua consiguiendo una temperatura inicial de 45-55°C y, mediante serpentines colocados en la base o en las paredes de la caldera, se eleva la temperatura de la pasta, de acuerdo con un programa predeterminado, linealmente o a saltos. Así se facilita la actividad proteolítica y la degradación del almidón, antes de transferir la pasta a una cuba filtro a unos 72°C. (HOUGH, 1990)

El parámetro más importante es el “*hot water extract*” que se mide por el total de materia que puede ser solubilizado de la malta durante el macerado. Aquí se

refleja cuanto endospermo es solubilizado durante la germinación, donde aún la fracción insoluble libera enzimas durante el macerado. Es importante que se mantenga en agitación constante evitando la sobre-oxigenación, todo esto durante todo el proceso de maceración. Finalmente la porción de líquido es filtrada y se mide la gravedad específica. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

### **1.3.3 Filtrado o *Lautering***

Después del macerado pasa el mosto o material soluble de la cascarilla a un tanque donde se separa del bagazo en un recipiente denominado cuba filtro, siendo un tanque separador con sistema espacial de agitación y doble fondo con piso de malla se parece a las calderas de extracción del proceso de maceración. Para estimular el drenaje del mosto hay que recurrir al rascado. Las paletas encargadas de llevar a efecto esta operación van montadas sobre un eje vertical concéntrico impulsado por un motor eléctrico; aunque a veces la aspersion continua frecuentemente se efectúa solo en los momentos en que se detienen las aletas de rascado. (PREDDY, 2009)

### **1.3.4 Cocción**

Esta suele durar alrededor de 60-90 min y efectuada generalmente a presión atmosférica. Se añade una pequeña proporción de lúpulo.

Efectos principales de la cocción del mosto:

- Detención de la actividad enzimática,
- Esterilización del mosto,
- Coagulación de proteínas y taninos,
- Precipitación más intensa del fosfato cálcico y, por consiguiente disminución del pH,
- Destilación de productos volátiles,
- Evaporación de agua y, por tanto, concentración del mosto,
- Producción de color por caramelización de azúcares, formación de melanoidinas y oxidación de taninos (reacciones que generan también aromas a *toffe*, a nuez y a quemado),
- El mosto adquiere un sabor amargo, a consecuencia de la isomerización de las resinas del lúpulo,
- Se reduce la tensión superficial, por influjo de aceites y resinas,
- Se añaden aceites esenciales y en ocasiones taninos,
- Los iso-ácidos alfa mejoran la espuma de la cerveza, pero los aceites suelen reducir su estabilidad.

En la caldera se pueden añadir varios otros productos, además del lúpulo, y entre ellos cabe citar los azúcares o jarabes de cereales. (Bamforth C. W., 2006)

### **1.3.5 Filtración**

En esta etapa se separa el *trub*, y otros residuos sólidos de la cocción del mosto. Se emplea un Whirlpool que es un tanque cilíndrico de 5 metros de diámetro aproximadamente, donde se bombea el mosto tangencialmente sobre 0.5m a 1 metro sobre la base, el mosto sigue un flujo rotacional que fuerza al *trub* ir al centro de la base del tanque de forma cónica. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

### **1.3.6 Enfriamiento**

Aquí se somete a un shock térmico de baja temperatura alcanzando los 15°C aproximadamente, mediante un sistema de refrigeración de placas que constan de numerosas placas de acero inoxidable moldeadas por presión mecánica, de modo que entre cada dos placas quede una cavidad, el mosto pasa de la primera cavidad a la tercera; de esta a la quinta y así sucesivamente. Teniendo como refrigerante agua helada o glicol, por ejemplo en contracorriente de la última cavidad a la penúltima, y así sucesivamente. Por cavidades que alternan con aquellas por las que circula el mosto que entra, por ejemplo entra el mosto a 65°C y sale a 15°C. Esta operación separa el lúpulo de la cerveza, si no tendría un sabor amargo persistente. La separación se realiza haciéndolo pasar por un colador de fondo ranurado; además las proteínas se insolubilizan de tal manera que el mosto es refiltrado o recentrifugado antes de pasar a los tanques de fermentación. (SERNA, 2001) Inmediatamente después del enfriado y previamente a la fermentación se introduce oxígeno que será requerido para el crecimiento sano de la levadura (8g O<sub>2</sub> /L). (HOUGH, 1990)

### **1.3.7 Fermentación**

La transformación del mosto aromatizado a cerveza es efectuada mediante la fermentación; la operación se realiza en tanques especiales de fermentación provistos con equipos de refrigeración adecuados (ej. Camisas de enfriamiento). El equipo tradicionalmente se lleva en recipientes de acero inoxidable de 3.5m de altura con base circular o cuadrada que tiene una capacidad de sellarse herméticamente. El mosto se inocula con 1.5-2.5 g de levadura comprimida /L. durante el proceso de fermentación primaria, la levadura se multiplica por gemación por un factor de 4-5 veces. Las propiedades organolépticas y el carácter de la cerveza dependen en gran parte del tipo de levadura y de la manera en que se conduce la fermentación. Esta es una de las operaciones más críticas de la cerveza. (BAXTER, 2001)

Cabe destacar que se realiza este proceso en dos etapas. La fermentación primaria se efectúa en taques cerrados a una temperatura de 3-5 días con un perfil de temperatura de 17-25°C para levaduras ale. La segunda etapa es el tiempo de guarda o maduración. (SERNA, 2001)

#### **1.3.8 Maduración**

Se lleva cabo en tanques cerrados durante dos a seis semanas adicionales. La concentración de oxígeno es menor de 0.2ppm y aquí es donde la cerveza adquiere su bouquet y aroma, principalmente debido a complejos cambios químicos como son de la generación de diacetilo, dimetilsulfuro y sulfuro de hidrogeno. (HOUGH, 1990)

El progreso de la fermentación es cuantificado mediante un sacarómetro que mide la densidad de la cerveza. La densidad original del mosto es de 1.040 g/cm<sup>3</sup> y el del producto terminado de 1.008- 1.010 g/cm<sup>3</sup>. Entre mayor sea la cantidad de alcohol generado menor será la lectura en el sacarómetro. (Bamforth W. C., Beer, Tap in to the art and science of brewing, 2003)

#### **1.3.9 Clarificación**

Mediante una centrifugación la levadura es recuperada, generalmente por centrifugación continua. La cerveza muestra turbidez debido a factores biológicos y no biológicos, el primer paso de la clarificación es la remoción de la levadura, por centrifugación y por filtración a través de filtros de celulosa, carbón activado y o tierras diatomeas. (HOUGH, 1990)

#### **1.3.10 Pasteurización**

Mediante flujo continuo, utilizando un intercambiador de calor. Se eleva la temperatura y la mantiene durante unos segundos a 75°C; es difícil asegurar que toda la cerveza alcanza realmente esa temperatura, entre otras cosas, el obstáculo que representa la tendencia de dióxido de carbono a insolubilizarse. Es preciso proteger a la cerveza de infecciones posteriores a la pasteurización, lo que exige su envasado en recipientes estériles. (PREDDY, 2009)

#### **1.3.11 Envasado**

La cerveza es enfriada, filtrada y pasteurizada en flujo continuo, puede transferirse a grandes tanques estériles de, por ejemplo 8hl o a barriles (de 25 a 50L). Los barriles suelen ser de acero inoxidable. Las botellas son de dos tipos; retornables y de un solo uso. Las retornables exigen, para posteriores usos, el lavado, el aclarado y el escurrido antes de su relleno, cierre, pasteurización y etiquetado. Las desechables, como las latas, solo requieren ser sometidas a un chorro, primero de aire estéril a presión y luego de agua esterilizada. (HOUGH, 1990)

#### 1.4 Cerveza con jamaica

Cabe destacar que hoy en día la industria cervecera está creando nuevos productos, como es el caso desde hace años de las cervezas artesanales, particularmente las cervezas de sabor a base de frutas y/o especias, Tomando en cuenta que actualmente el consumo de cerveza en México está por arriba de los 8,195,749 miles de litros al año (INEGI, 2013), lo que ofrece un mercado potencial para los nuevos productos que ofrecen las cerveceras artesanales o cerveceros caseros.

Dentro de los consumidores potenciales de cerveza hay una población masculina (53.6%) y una tercera parte de la femenina (29.3%) como consumidores de cerveza en México. Por lo que la predilección de la cerveza coloca a México como uno de los principales consumidores de cerveza en el mundo, pues ocupa el sexto lugar con un consumo anual de 7.2 litros por persona, después de España (7.6 litros), Estados Unidos (8.5 litros), Inglaterra (10.3 litros), Alemania (13.1 litros) y República Checa (18.9 litros). (PROFECO, 2013)

Se tiene además de acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2008. Las familias desembolsan en promedio en este producto \$4,685 al año, por lo que México además de ser uno de los principales consumidores de cerveza, también es uno de los principales productores ya que del 2010 al 2012 la producción se incrementó un 8% al pasar de 79 millones 916 mil hectolitros a 86 millones 649 mil hectolitros, según cifras de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) de INEGI. De la cerveza que se produce en México, la marca más vendida es Corona, pues ocupa la posición número cuatro en el mundo, sólo por debajo de Bud Light, Budweiser y Heineken, de acuerdo con el *BrandZ Top 100 Most Valuable Brands 2012* que publica la compañía Millward Brown especialista en investigación de mercados. Lo anterior refleja la calidad y preferencia de esta cerveza no sólo en nuestro país sino alrededor del mundo.

Es por ello que hoy en día se abren nuevas opciones al consumidor, debido a la falta de variedad en cuanto estilos de cerveza que se presenta en esta industria específicamente en México, ya que existen más de 56 marcas de cerveza a la venta en México, en las que se incluyen nacionales y extranjeras. De tal modo que el desarrollo de nuevas ideas que conlleven a nuevos productos dentro de esta rama del mercado es de suma importancia, por lo que se debe tomar en cuenta para la producción de cerveza, insumos que sean de fácil acceso tanto en costos y su obtención. (PROFECO, 2013)

El hecho de idear una cerveza con flor de jamaica, ésta es una cerveza que maneja un insumo común y popular en la población mexicana ya que por parte de

la flor de jamaica se tiene que las principales entidades productoras son Guerrero y Oaxaca, cuyo volumen de producción durante el 2010 y el 2011 representó 82% y 84%, respectivamente, del total que fue, para esos mismos años, del orden de las 5,640 toneladas. Por lo que se tiene que la jamaica es una flor que se cultiva en gran proporción y que tiene una gran facilidad de obtención para su uso. La parte que más se aprovecha de la planta de jamaica es el cáliz o flor que en México se utiliza para la elaboración de bebidas, mermeladas, concentrados, agua embotellada, té, licor, dulces y diferentes tipos de salsas. Su cultivo se realiza en el ciclo de primavera-verano, cuya siembra se comienza en inicio de temporada de lluvias y se cosecha en los meses de octubre y noviembre, mientras su comercialización, por lo general, se realiza entre los meses de diciembre a marzo. (Galicia-Flores, L. A. 2007)

En el estado de Guerrero se comercializa en las diferentes centrales de abasto (\$55.00/kg). Los cálices deshidratados de jamaica (*Hibiscussabdariffa L.*) son apreciados comercialmente porque a partir de estos pueden obtenerse extractos concentrados de color rojo con aplicación en la industria alimenticia y farmacéutica. Las antocianinas son los compuestos responsables de esta coloración. Es por ello que por su color rojo brillante y su sabor ligeramente ácido, hace a la jamaica un producto con gran potencial dentro de la industria alimenticia ya que cumple con las exigencias de los consumidores hacia alimentos que, además de buen sabor, aportan beneficios a la salud. (Galicia-Flores, L. A. 2007)

Gracias a la mayor cantidad de información que se tiene de la flor de jamaica hoy en día se puede apreciar que su uso tiene grandes efectos en la salud, tanto como en el gusto de la población mexicana, por lo que esta popularidad es una de las razones para desarrollar una cerveza con jamaica, ya que además de implementar una cerveza fuera de lo convencional, podemos ver que es un insumo de fácil acceso y económico; también sabemos que el uso de la flor de jamaica en este producto no es común dentro de la cerveza que comercializan Grupo Modelo S.A.B. de C.V y Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma Heineken S.A. de C.V. Donde además se plantea introducir ésta flor durante el proceso y no como un extracto o jarabe en el producto final, que comúnmente la gente está habituada a consumir cervezas con sabor por este modo. Dando como resultado que la gente se adentre un poco más en la gama de cervezas que ofrecen las cervezas artesanales como ésta y tenga así el consumidor una opción más para consumir cerveza.

### **1.5 Evaluación sensorial en cerveza**

La prueba sensorial es una disciplina científica usada para recordar, medir, analizar e interpretar reacciones a aquellas características de los alimentos y de los materiales cuando son percibidos por los sentidos de la vista, oído, gusto y

tacto. (F. Xavier Castañé, 2002) Es por ello que las cervecerías emplean hoy en día una variedad de pruebas sensoriales como control para asegurar la calidad del sabor de sus cervezas. (Bamforth C. W., 2006)

Las pruebas sensoriales se aplican a las siguientes funciones:

- Desarrollo y reformulación de productos,
- Reducción de costos,
- Seguimiento de los productos de la competencia,
- Control de calidad y aseguramiento de la calidad,
- Especificación de las materias primas,
- Especificación sensorial de un producto,
- Estabilidad en el almacenamiento.

De manera tradicional, la evaluación sensorial ha estado dividida en metodologías analíticas, las cuales trabajan con individuos seleccionados y entrenados que evalúan objetivamente las características sensoriales de los productos y metodologías afectivas, que trabajan con consumidores y evalúan la percepción del producto de acuerdo a sus propios criterios. (Cuánto les gusta, si es el preferido, si lo comprarían, etc.) Si bien en la industria cervecera las características sensoriales de una cerveza son un aspecto clave a considerar para plantear modificaciones o crear nuevos productos. (SÁNCHEZ, 2012)

Todo esto dio pauta a desarrollar metodologías cualitativas como cuantitativas, que ayudaran a obtener información trascendental de los productos de la industria cervecera, ésta se vio a la necesidad de un vocabulario universal y estandarizado que facilitara la comunicación y descripción precisa de productos en relación al olor y sabor de las cervezas, en los años 70, la *American Society of Brewing Chemist and the Master Brewers Association of the Americas* desarrolló un sistema de terminología sensorial internacional para el análisis sensorial de cervezas. El sistema se basa en una amplia lista de características de *flavor*, objetivas e identificadas con un nombre, y agrupados en función de su similaridad. (SÁNCHEZ, 2012) (Véase en anexo e para ver la rueda de sabor de la cerveza)

Con base al sistema de terminología que se desarrolló para la cerveza es posible obtener un lenguaje que proporcione información tan detallada del producto como lo es el perfil sensorial, esto les aporta a los cerveceros una pauta para el control de proceso, a continuación se desglosa en la tabla 4 que impacto tiene en el sabor del producto final el uso de la terminología con relación a *flavores* producidos a diferentes puntos de proceso y el uso de algunas materias primas:



**Tabla 4. Puntos de proceso donde pueden ser controlados los sabores de la cerveza durante su producción.**

Punto de proceso o área de riesgo	Ejemplos de sabores
<i>Materia prima</i>	Astringencia, amargo, quemado, caramelo, chocolate, DMS, acetaldehído (pasto recién cortado), ac. isovalerico, lupuloso, maltoso, salado, ahumado, vainilla.
<i>Fermentación</i>	Acetaldehído, alcohólico, acetato de etilo, butirato de etilo, acetato de isoamilo, ácido, dulce, H <sub>2</sub> S.
<i>Condicionamiento y final del proceso</i>	Acetaldehído, caprilico, carbonatación, diacetilo, mercaptano, levadura.
<i>Empaque</i>	Ninguno- el proceso debe ser neutral para el sabor de la cerveza
<i>Distribución de la cerveza y almacenamiento</i>	Astringencia, miel, cuero, zorrillo, metálico, cartón, tabaco.
<i>Higiene</i>	Acetaldehído, acético, Ácido butírico, diacetilo, DMS, láctico, fenólico, plástico.
<i>Contaminación</i>	Alcalino, bromofenol, clorofenol, terroso, mohoso.

Fuente: (Bamforth C. W., 2006)

Cabe destacar que el *flavor* representa uno de los principales atributos de calidad en la cerveza y tiene una gran importancia en la preferencia de los consumidores. Nos podemos dar cuenta que la calidad de la cerveza y su aroma depende tanto de la materia prima (agua, levadura, malta, lúpulo), como del proceso de elaboración. (Juan José Rodríguez-Bencomo, 2012) Además, el perfil aromático de la cerveza, puede verse modificado durante el proceso por distintas condiciones como temperatura, pH, gravedad específica, etc. (Collin, 1994) Del mismo modo puede verse impactado el *flavor* por el estilo que maneje cada cerveza ya que puede proceder de una alta o baja fermentación y poseer un *flavor* más complejo por la producción de ácidos orgánicos, entre otros compuestos derivados de la fermentación. (Delvaux, 1997)

## 1.6 Tipos de pruebas sensoriales

### 1.6.1 Pruebas afectivas

Son pruebas de consumidores o ensayo hedónico, se utilizan para evaluar la respuesta personal (preferencia y/o aceptación) por los consumidores reales o potenciales. La prueba se puede realizar con 100 o 500 consumidores. (Kilcost, 2010)

### 1.6.2 Pruebas discriminativas

Estas pruebas se utilizan para determinar si existe una diferencia perceptible entre dos o más alimentos y en algunos casos, la magnitud de esta diferencia. Estas pruebas comprenden juicios comparativos, tienen que ser muy sensibles a fin de determinar pequeñas diferencias entre alimentos. Normalmente se emplean estas pruebas cuando se requieren hacer cambios en el proceso a innovar en algún producto nuevo. (F. Xavier Castañé, 2002) Por ello existen varias pruebas de diferencias como lo son la comparación de pares, la triangular y las dúo-trío y se encuentran en las más comúnmente utilizadas en la industria de alimentos, para medir la diferencia de *flavor* de alimentos y de los productos alimentarios. (Kilcost, 2010)

### 1.6.3 Pruebas descriptivas

Estas pruebas son las más usadas en la industria de la cerveza, algunas de las pruebas son el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), el perfil de sabor cuantitativo (QFP), método de libre elección de perfil (FCP) y el método de espectro. (Bamforth C. W., 2006)

Los cerveceros necesitan tener claro especificaciones relevantes de sus productos. Esto puede ser parcialmente logrado mediante parámetros analíticos como contenido de alcohol, pH, color, etc. Teniendo también como parámetro el del perfil sensorial del producto, este es generado por un panel de expertos que proveen un gran panorama del sabor del producto. (Bamforth C. W., 2006)

Estas pruebas describen el *flavor* de un producto o las diferencias (atributos) entre dos productos. No se pueden usar cuando no hay evidencia de la diferencia de las muestras o cuando se requiere probar una hipótesis. Para definir los atributos se recurre a un perfil descriptivo del *flavor* y con ello definir las especificaciones sensoriales de un producto concreto. Esta descripción puede ser cualitativa o cuantitativa según el tipo de escalas que usemos para ello. (SÁNCHEZ, 2012)

## 2. METODOLOGIA

**2.1 Objetivo General.** Desarrollar una cerveza artesanal sabor jamaica estilo Weizen bajo condiciones controladas de proceso (temperatura, tiempo), variando tres concentraciones de jamaica para realizarle pruebas sensoriales descriptivas y de preferencia al consumidor.

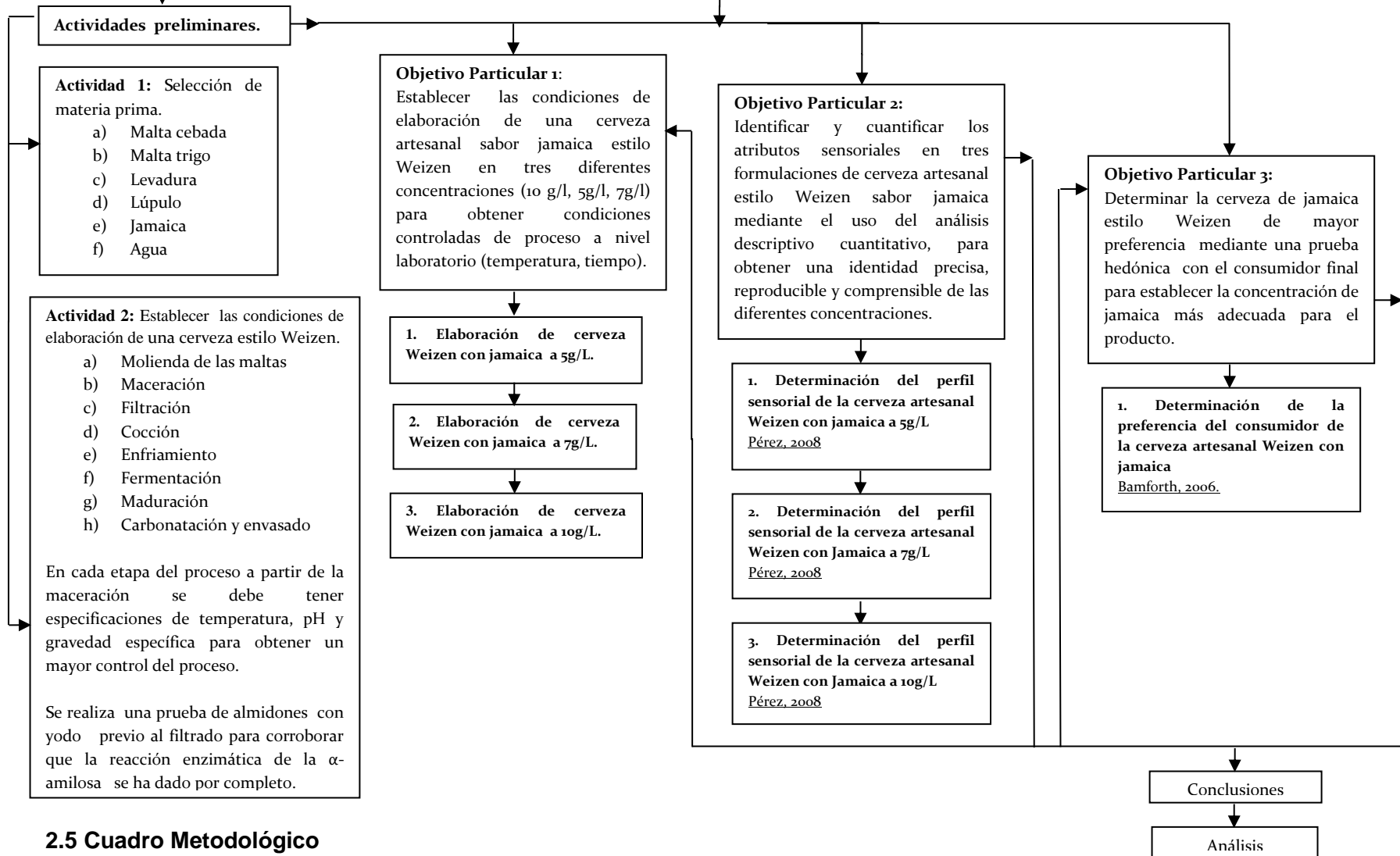
**2.2 Objetivo Particular 1.** Establecer las condiciones de elaboración de una cerveza artesanal sabor jamaica estilo Weizen en tres diferentes concentraciones (10 g/l, 5g/l, 7g/l) para obtener condiciones controladas de proceso a nivel laboratorio (temperatura, tiempo).

**2.3 Objetivo Particular 2.** Identificar y cuantificar los atributos sensoriales en tres formulaciones de cerveza artesanal estilo Weizen sabor jamaica mediante el uso del análisis descriptivo cuantitativo, para obtener una identidad precisa, reproducible y comprensible de las diferentes concentraciones.

**2.4 Objetivo Particular 3.** Determinar la formulación de cerveza de jamaica estilo Weizen de mayor preferencia mediante una prueba hedónica con el consumidor final para establecer la concentración de jamaica más adecuada para el producto.

**Problema.** Cuantificar los atributos sensoriales de una cerveza artesanal estilo Weizen con jamaica mediante un análisis descriptivo y determinar la preferencia de esta cerveza con el consumidor I mediante una prueba hedónica.

**Objetivo General.** Desarrollar una cerveza artesanal sabor jamaica estilo Weizen bajo condiciones controladas de proceso (temperatura, tiempo), variando tres concentraciones de jamaica para realizarle pruebas sensoriales descriptivas y de preferencia al consumidor.



## 2.5 Cuadro Metodológico

## 2.6 Materiales y métodos

### 2.6.1 Selección de materia prima para elaboración de cerveza

- Se obtuvo la malta de cebada de 6 hileras mediante una donación de 25kg de Extractos y Maltas.
- La levadura, malta de trigo y lúpulo *Tettnang* se compró en una tienda dedicada a la venta de insumos de cerveza (“Haz Chela”).
- La flor de jamaica china se compró directamente de la central de abastos de Tultitlan, y la flor de jamaica mexicana deshidratada procedente de Guerrero, se compró en un supermercado (“Mega Comercial Mexicana”).
- El agua potable la proporcionó el laboratorio de tecnología de cereales (“Pureza Aga”)

### 2.6.2 Condiciones de proceso de elaboración de cerveza

Se elabora la cerveza a nivel laboratorio a condiciones controladas de temperatura para los procesos de:

- Maceración (escalonamiento de temperaturas 45- 70°C.),
- Cocción (Temperatura de ebullición a 98°C),
- Enfriamiento (reducción de temperatura hasta 20°C),
- Fermentación y maduración (18-25°C),
- Envasado (25°C).

Del mismo modo se lleva el proceso a tiempos controlados para los siguientes procesos:

- Maceración (escalonamiento de las temperaturas a diversos tiempos 45°C/20min; 45-70°C/25 min; 70°C/60min),
- Cocción (30 min),
- Fermentación y maduración (7 días para cada etapa),
- Envasado (15 días).

Debido a que se sometió el proceso de elaboración de cerveza a un nivel escala (laboratorio), se tuvo que adecuar el proceso con respecto a la capacidad de trabajo del laboratorio. Por lo que cada parte del proceso tuvo una modificación relativa con respecto al proceso a nivel industria. Con base a la literatura y a la experiencia de algunos productores de cerveza artesanal se logró proponer un proceso para elaborar esta cerveza a nivel laboratorio.

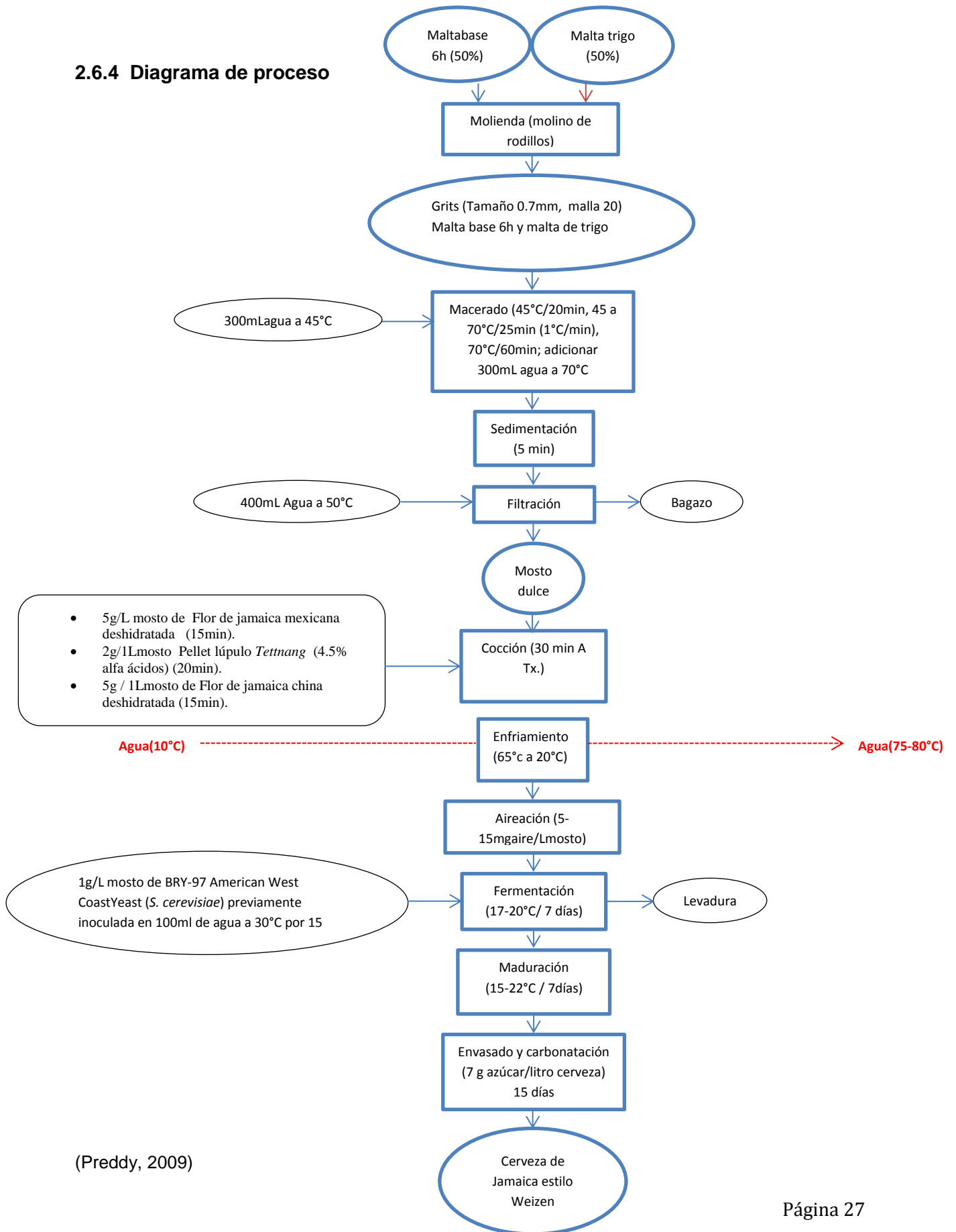
Es por ello que los materiales empleados para la elaboración de cerveza fue equipo de laboratorio, teniendo los siguientes a continuación:

### 2.6.3 Materiales para el proceso de elaboración de cerveza a nivel laboratorio

- 3 Vaso de precipitado de 1L,
- Matraz kitazato de 500mL,
- Manta de cielo,
- 2 Embudo de vidrio 58,
- 2 Vaso de precipitado de 100mL,
- Termómetro de 0-100°C,
- Potenciómetro,
- Refractómetro de 0-50,
- Cronómetro,
- Pesa muestras,
- Agitador de vidrio,
- Servitoallas,
- *Blow-off/airlock* o corcho de plástico con agujero y mangueras de plástico de grado alimenticio,
- Parafilm,
- Parrilla eléctrica,
- Matraz de vidrio Erlenmeyer de 500mL.

A continuación se describe el diagrama de proceso para la cerveza artesanal de jamaica en la siguiente página:

2.6.4 Diagrama de proceso



(Preddy, 2009)

### 2.6.5 Descripción del diagrama de proceso

a) **Insumos:** Se emplea una malta de cebada de 6 hileras, se obtuvo por parte de extractos y maltas, así mismo se emplea una malta de trigo clara Briess con una relación de 5:5 respectivamente.

Se procedió a emplear la relación 5:5 ya que para elaborar el estilo Weizen de acuerdo a la ley alemana, al menos el 50% del total de granos a utilizar debe ser de trigo malteado, aunque algunas versiones usan hasta el 70%; el resto es usualmente malta de cebada. (Beer Judge Certification Program, 2008)

b) **Molienda:** Se procede a pesar los granos e inmediatamente se hacen moler en un molino para café marca Braun por 8 s, esto para reducir el tamaño de partícula para permitir la fácil liberación del extracto y así moler finalmente en un molino de cuchillas, se hace pasar por la malla 20, obteniendo se así los *grits*. De este modo las partículas lograran una buena hidratación y le será más fácil liberar sus enzimas y otros constituyentes celulares que pueden degradarse rápidamente. (HOUGH, 1990). La cantidad de grano usar estuvo referida a la maceración escala de Jian Lu, 2005. En las siguientes imágenes se puede apreciar el proceso de molienda.

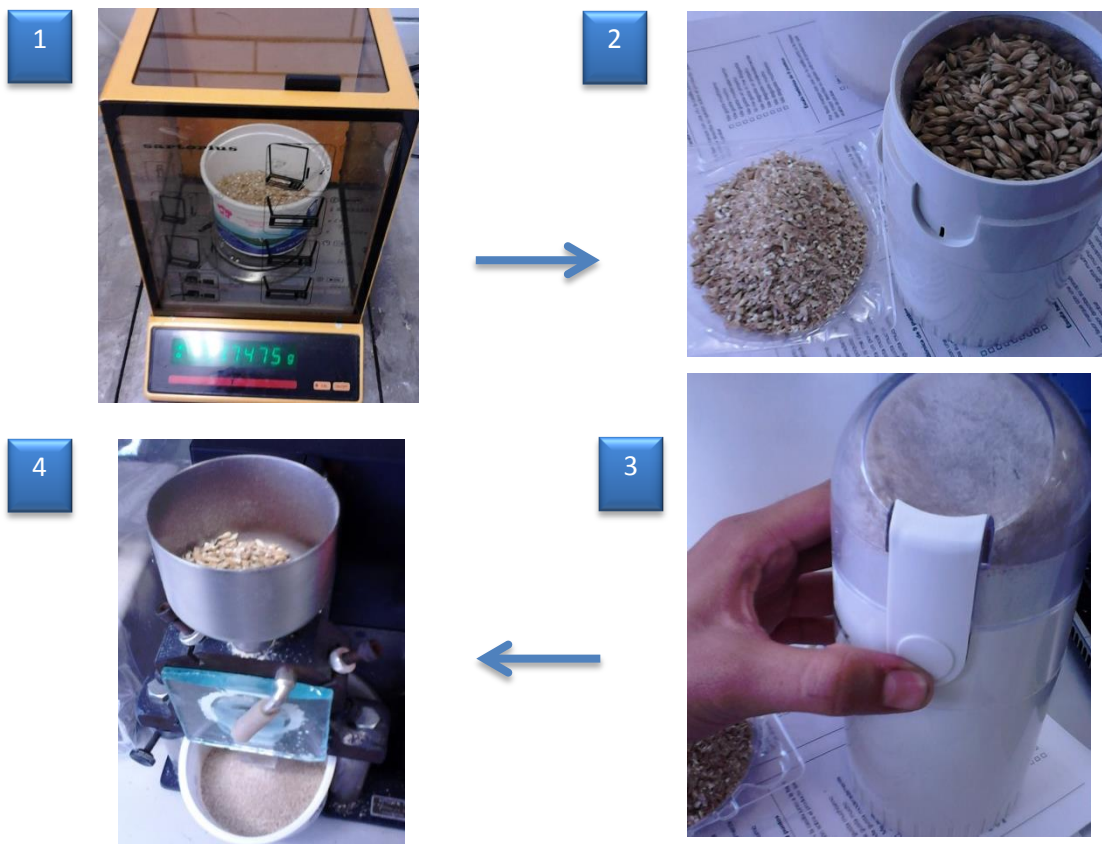


Figura 3. Diferentes etapas de la molienda (1.pesado, 2-3. triturado y 4.molienda)



- c) Macerado:** Se deja acondicionar a 45°C 300mL de agua potable, posteriormente se agregan los *grits* lentamente y se agita lentamente, una vez incorporado todos los *grits* se mantiene la temperatura a 45°C durante 20 min. Ya pasado los 20 min se incrementa la temperatura 1°C por minuto hasta llegar a los 70°C durante 25 min continuando con la agitación constante y lenta evitando el burbujeo. Finalmente ya alcanzado los 70°C se adicionan 300mL de agua potable a 70°C y se deberá mantener constante la temperatura del macerado (+-0.05°C) durante 60 min con agitación constante y lenta para evitar la oxigenación del mosto. (LU, 2006)

En este proceso se tuvo que realizar varias pruebas con la parrilla eléctrica debido a que se debía tener un mayor control de la temperatura con respecto al tiempo, así mismo para obtener una temperatura lo más constante posible. Por ello se sometió a calentar previamente agua a diferentes velocidades de calentamiento, y así poder establecer parámetros de velocidad y temperatura. No se debe permitir romper los escalones a temperatura constante por más de 10 min ya que esto puede provocar que las reacciones enzimáticas a diversas temperaturas, no se realicen de la manera más óptima y por ende no se obtengan los mejores resultados para obtener azúcares fermentables y aminoácidos libres como nutrientes para la levadura durante la fermentación.



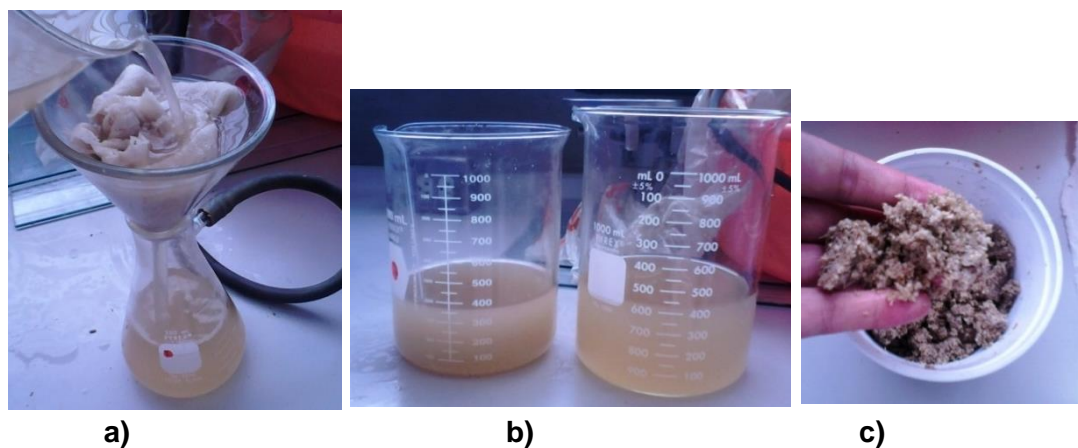
**Figura 4. Maceración de los *grits*.**

Después de macerar se procede a hacer la prueba de yodo (Método oficial del AOAC 935.24 método de reacción de yodo) esto para observar que se ha desdoblado el almidón del mosto. Se procede a tomar el pH con un potenciómetro (Método Oficial del AOAC 945.10).

- d) Sedimentación:** Se deja el macerado a temperatura ambiente durante 5 minutos. Esto para facilitar el filtrado y para evitar una posible oxidación, siendo que el mosto se halla a una temperatura donde el oxígeno se vuelve soluble, puede provocar que exista una oxidación de los lípidos provenientes del grano, ocasionando así sabores enrarecidos y aromas como cartón húmedo. (PALMER, 2006)
- e) Filtración:** Se hace pasar el macerado a través de una manta de cielo para retener la mayor cantidad de sólidos de gran tamaño, esto con ayuda de un matraz kitazato y vacío. Una vez terminado el filtrado se hacen varios lavados con agua potable a 50°C, para terminar de solubilizar los azúcares que hayan quedado retenidos en el bagazo. Se puede hacer una segunda filtración para retener una mayor cantidad de sólidos del mosto. Al finalizar esta etapa se habrá obtenido el mosto dulce.

En esta etapa del proceso se intentó previamente hacer la filtración mediante papel filtro pero se terminó optando por usar manta de cielo, debido a la cantidad de sólidos de gran tamaño que posee el mosto, por lo que dificultaba la rapidez del filtrado llegando a tener tiempo de filtrado de hasta 1h, en comparación con los 25 min que toma el filtrado mediante la manta de cielo.

Al finalizar el filtrado se toma la gravedad específica que posee el mosto debido a que se sugiere que el mosto previo a la cocción tenga un valor mayor a 1.040 (esto dependerá del tipo de cerveza que se desee realizar con base al estilo)

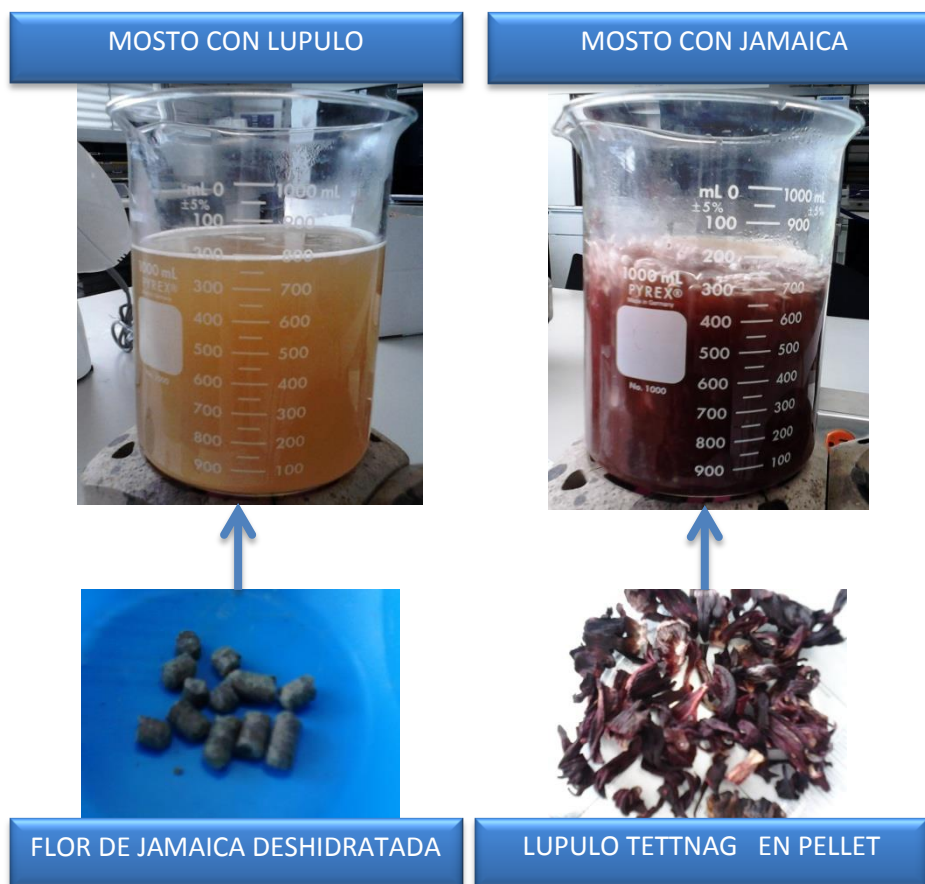


**Figura 5. Filtración del mosto a) Filtración, b) mosto filtrado, c) bagazo.**

**f) Cocción:** Se coloca el mosto obtenido del filtrado en la parrilla eléctrica y se procede a calentar hasta llegar a temperatura de ebullición (Tx), una vez alcanzado Tx se toma el tiempo establecido para esta etapa (30 min). Después de 10 min se adiciona el lúpulo para que tenga un tiempo de 20 min en cocción. Así mismo pasado 15 min se adiciona la flor de Jamaica. (Nota: Al incorporar cada uno de los ingredientes en la cocción se debe bajar la temperatura y agitar suavemente para evitar que el mosto se desborde del vaso, esto debido a que ocurre el *Hot break* debido a las proteínas del mosto, que coagulan provocado por el movimiento giratorio del hervor, y seguirá haciendo espuma hasta que las proteínas sean lo suficientemente pesadas como para hundirse en el recipiente y esto dependerá de la cantidad de proteína que contenga el extracto (PALMER, 2006). Una vez transcurrido el tiempo se retira del calor y se tapa inmediatamente para proceder a su enfriamiento.

Es importante que durante el hervor no se tape debido a que al dejarlo destapado pueden liberarse así componentes sulfurosos que se volatilizan con las altas temperaturas; si de lo contrario estos compuestos prevalecen en el mosto pueden formar dimetil sulfuro que le da un sabor a la cerveza a verduras cocidas. (PALMER, 2006) La parte que tuvo más complicación de esta etapa fue definir los tiempos de adición de lúpulo y de la flor de jamaica y la manera en cómo se adicionaría la flor de jamaica; ya que debido a lo que Galicia-Flores, L. A., 2007 nos comenta en su artículo, que el tiempo de ebullición para los cálices de Jamaica tiene un efecto negativo en relación las antocianinas que son responsables del color y actividad antioxidante de la jamaica por lo que a tiempos mayores de 15 min en ebullición se tiene el riesgo de perder una mayor cantidad de antocianinas. Es por ello que se definió agregar la jamaica por un tiempo de 15 min dentro de la cocción. Para la formulación de cerveza de 10g jamaica /L se manejó la jamaica previamente precocida debido a la alta acidez que presentaba esta misma sin precocer.

En el caso del lúpulo se procedió a hacer el cálculo de IBU's con respecto al % de alfa ácidos del lúpulo, volumen y gravedad específica del mosto; teniendo un tiempo de cocción no mayor a 20 min debido a la variedad de lúpulo de propósito de aroma que posee el lúpulo *Tettnang*; evitando así que la no perdamos una gran cantidad de aceites responsables del aroma del lúpulo por altas temperaturas. En la siguiente figura 6 se muestra el lúpulo en pellet y la flor de jamaica antes y posterior a su incorporación en el mosto.



**Figura 6. Cocción del mosto (adición de lúpulo y flor de jamaica)**

- g) Enfriamiento:** Se incorpora el mosto tapado a una tina con agua y hielos para lograr un choque térmico en el mosto bien conocido como *Cold Break*, donde precipitarán las proteínas en conjunto con las resinas del lúpulo por la reducción de la temperatura. Ya colocado el mosto en la tina se toma el tiempo y la temperatura. Se toma la temperatura cada 15 min para asegurar que ha alcanzado ya los 20°C. (Nota: se debe evitar agitar el mosto cuando aún se encuentra por arriba de 40°C, ya que se debe evitar una probable oxigenación.)

Si el mosto ya alcanzó los 20°C se trasvasa este en el matraz Erlenmeyer de 500mL previamente sanitizado con ayuda de un embudo y manta de cielo para retener los sólidos y parte del  *trub* (sedimentos de proteínas y lúpulo). (Nota: Evitar que los sedimentos caigan dentro del mosto a fermentar)

En esta etapa del proceso se procedió al enfriamiento de dos maneras, sumergiendo el mosto contenido en el vaso de precipitados directamente a hielos y una vez alcanzado una temperatura de 35 °C se introdujo al congelador con una temperatura de -20°C por lo que se logró reducir la temperatura hasta 20°C en un menor tiempo. Una vez que se enfríe el mosto se toma una pequeña muestra para determinar la gravedad específica del mosto para proceder al cálculo de % alcohol (v/v) del producto final.

- h) Pitching:** Se debe pre-inocular previamente 1g/L de levadura en 100 mL de agua potable a 30°C con agitación durante 15 min. (Nota: se debe evitar la contaminación del pre-inóculo, por ello se debe tapar con *parafilm* el vaso para que no caiga ningún tipo de espora contaminante).

Terminado el tiempo de pre-inoculación se adiciona el pre-inoculo al mosto y se debe airear éste (5-15mg aire/ L mosto) mediante agitación o adición directa de O<sub>2</sub>(8mgO<sub>2</sub>/L mosto), por lo que se recomienda que se puede usar un embudo para llenar el fermentador lo que provoca una turbulencia en el mosto lupulado y así una oxigenación. Se coloca el *airblow* para dejar salida al CO<sub>2</sub> y mantener las condiciones anaeróbicas en la fermentación.

Se determinó llevar a cabo la fermentación en un matraz Erlenmeyer de 500mL debido a que se debe dejar un tercio del recipiente de fermentación libre para que se tenga oportunidad que se forme el *krauzen* espumoso, donde esta espuma está formada por levaduras y proteínas del mosto, y es de color crema claro, con islas de manchas marrón del cual tienden a adherirse en los costados del fermentador. Estas sustancias están compuestas por proteínas del mosto, resinas del lúpulo y levadura muerta. Estos compuestos son muy amargos, y si se revuelven e integran con el mosto producirán un sabor desagradable. La ventaja de la naturaleza de estos compuestos es que son insolubles, y tienden a adherirse a las paredes del fermentador a medida que el sedimento se sumerge. (PALMER, 2006)



**Figura 7. Preparación del matraz para la fermentación del mosto lupulado.**

- i) **Fermentación:** Se coloca el mosto ya pre-inoculado en un sitio oscuro y se debe mantener una temperatura ambiente de 17-20°C para llevar a cabo la fermentación primaria durante 7 días. (Nota: se debe evitar el contacto con la luz, aire y temperaturas mayores a 25°C o menores de 15°C)

Se sugiere tener un termómetro integrado en el fermentador para lograr medir la temperatura sin necesidad de abrir el fermentador, en nuestro caso tomamos la temperatura día a día con un termómetro infrarrojo, para tener un control continuo de la temperatura de la fermentación. En la figura 7 se muestra como se coloca el mosto ya pre-inoculado en el matraz Erlenmeyer con el *airblow*.

Se debe tener un control de la temperatura debido a que en esta etapa también conocida como atenuativa, se ven involucradas etapas como la fase de adaptación o *lag time* y la fase primaria o de atenuación, donde sabiendo que la levadura no finaliza la fase 1 antes de comenzar la fase 2, los procesos ocurren en paralelo. Lo que ocurre inmediatamente después de ser activada la levadura, comienza a ajustarse a las condiciones del mosto y pasa a un periodo de gran crecimiento, donde utiliza todo el oxígeno disponible en el mosto para su crecimiento, esta etapa puede tardar hasta 12 horas, entonces la levadura se habrá reproducido para dar lugar a más células; una vez que el oxígeno se ha terminado da lugar a la etapa de atenuación, donde la levadura utiliza el metabolismo anaeróbico donde aquí los azúcares se convierten por parte de la levadura en alcohol, dejando además de reproducirse la levadura tan eficientemente como durante la fase de adaptación. (PALMER, 2006)

j) **Maduración:** Una vez transcurrida la fermentación primaria se trasvasa mediante sifón y succión mediante un émbolo, a un nuevo matraz previamente sanitizado evitando que tenga el mínimo contacto con  $O_2$ , (Nota: Se recomienda sanitizar el lugar donde se trasvasa, así como el sifón y el émbolo, también se puede emplear un campo estéril). Se deja en la fermentación secundaria a una temperatura de 15-22 °C durante 7 días evitando que se exponga a la luz y en este caso no se empleará un *airblow*, tan sólo se sellara herméticamente el matraz.

Se planteó inicialmente tener un tiempo de maduración de 7 días pero, posteriormente se manejó 14 días, esto debido a que en la fase secundaria tiene lugar una reducción lenta de los remanentes fermentables, ya que la levadura ha consumido la mayoría de los azúcares fácilmente fermentables, y ahora comienza a dirigirse a los azúcares pesados como la maltotriosa. Es recomendable retirar el fermento de la levadura inactiva que queda en el fondo después de la fermentación primaria ya que esta comienza a excretar más aminoácidos y ácidos grasos y puede resultar en sabores aguados y llegar a producirse una autólisis que produce sabores y aromas a levadura o a goma, grasas o carne.

k) **Envasado y Carbonatación:** Para esta etapa se debe tener todo el material previamente sanitizado y contar con una botella de vidrio ámbar de 355mL, corcholatas y un sellador de botellas.



**Figura 8. Preparación del *priming* (solución de azúcar estandar)**

Para carbonatar la cerveza se utiliza azúcar estándar, éste se debe diluir en agua y someter a ebullición para sanitizarlo, posterior a esto se debe de tener en un lugar limpio y tapado como se muestra en la figura 8. Consultar la tabla de *priming* en el anexo b para obtener la cantidad adecuada de azúcar conforme al volumen

deseado de espuma. Una vez sanitizado el *priming* se acondiciona a temperatura ambiente y se adiciona a la botella vacía y se procede a trasvasar la cerveza mediante sifón procurando que no burbujee para evitar una oxigenación.

Se llenan las botellas dejando una pulgada de *headscape* y se sella con la corcholata empleando el sellador. Se colocan en un lugar limpio y fresco, evitando el contacto directo con la luz, debe prevalecer en estas condiciones durante 15 días (Nota: Se puede manejar más de 15 días de guarda para obtener un mayor tiempo de envasado)

La carbonatación es inducida por una fermentación que se da en botella ya que debido a la levadura suspendida, al azúcar agregado y al oxígeno que se encuentra en el *headscape*, tiene lugar esta fermentación; por lo que se produce CO<sub>2</sub> a través de la fermentación, además resultará en perfiles de esteres diferentes al producto del fermentador principal. Se tuvo previamente varios problemas con la carbonatación, esto debido a la cantidad de azúcar que se manejó ya que no se logró tener un buen sellado de la botella, por ello se definió la cantidad de azúcar como se mencionó a través de un nomograma encontrado en el anexo b. Y además se utilizaron botellas de 355ml con una boquilla tipo corona como se muestra en la figura 9.



**Figura 9. Botella ámbar para cerveza tipo corona de 355mL.**

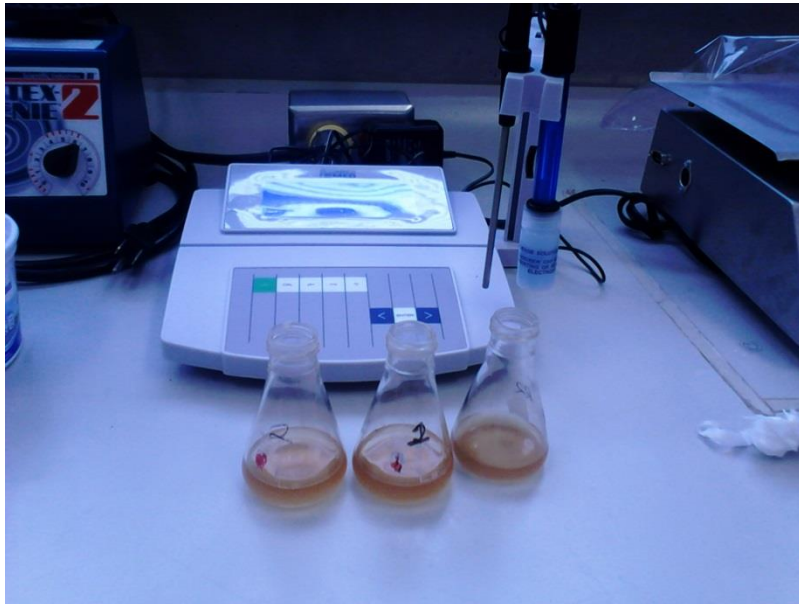
#### **2.6.6 Métodos de análisis**

Se procedió a realizar los siguientes métodos de análisis para obtener la información necesaria para complementar el proceso de elaboración de cerveza y el perfil sensorial del producto.



**I. Determinación de pH de la cerveza por método de potenciómetro (Método Oficial AOAC 945.10)**

Determinar el pH de la muestra diluida como se muestra en la figura 10, usando un sistema de electrodo de referencia pH. Seguir las instrucciones de la empresa manufacturera para usar el potenciómetro. Medir el pH antes y después de usar con un estándar de un buffer ácido de oftalato de potasio, reportar resultados cercanos 0.05pH.



**Figura 10. Determinación de pH mediante potenciómetro.**

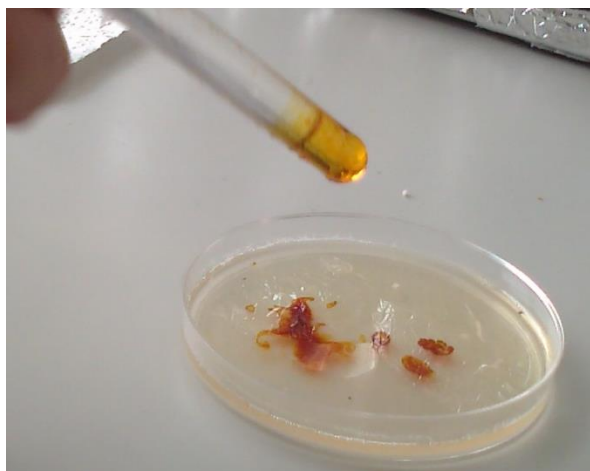
**II. Método para almidón no convertido en azúcares (Método Oficial AOAC 935.24)**

Procedimiento:

a) Para cervezas claras: llenar un frasco de 15mm de diámetro y 2.5 cm de altura con las muestras de cerveza ya preparada. Cuidadosamente adicionar 0.02M de yodo, gota a gota para formar una capa por arriba de la cerveza. Observar una vez mediante un haz de luz, el color que obtiene la superficie. Reportar si es azul indica que existe presencia de almidón; morado indica amilopectina y rojo eritrodextrina. Y determinar los resultados acorde a la intensidad de color.

b) Para cervezas oscuras (también se puede aplicar a cervezas claras); en un tubo de ensayo adicionar 5mL de muestra de cerveza ya preparada con 5mL y agregar 25mL de alcohol, agitar suavemente ; dejarlo en posición vertical.

Se decanta y la parte decantada en 5mL de agua y se adicionan gotas de yodo (Véase figura 11) al 0.02N. Interpretar los datos como el paso a).



**Figura 11. Determinación de almidones no convertidos empleando el método con yodo.**

#### **2.6.7 Entrenamiento de jueces**

##### **1. Selección de jueces:**

Para la caracterización sensorial de las cervezas se requiere de jueces analíticos quienes posean una sensibilidad sensorial específica y deseada para el estudio. Estos deben desarrollar y interpretar el vocabulario específico. Por lo que se seleccionó de un universo de 100 personas a 22 individuos basándose en una encuesta general. En esta encuesta general, se revisa la disponibilidad de tiempo, edad, salud, habilidad verbal, hábitos, comportamiento frente a productos alimenticios, intereses y motivaciones, así como su conocimiento en el área y aptitudes.

##### **2. Entrenamiento**

Una vez seleccionados los candidatos, estos se someten a pruebas sensoriales semejantes a las que se emplean en la prueba definitiva con el objetivo de que cada individuo se familiarice con los procedimientos. Teniendo una serie de reglas a seguir:

- No mascar chicle o tomar cualquier alimento por lo menos 30 minutos antes de las pruebas.
- No participar en las pruebas si están enfermos.
- Evitar el uso de perfumes y pintura de labios.
- Evaluar siempre las muestras de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás.

- Enjuagar la boca con agua antes de que comience la degustación y entre la prueba de cada muestra.
- Hacer una pausa entre la prueba y cada muestra.
- Entrar en silencio al lugar de evaluación y no hablar con los demás jueces durante la prueba.
- Avisar al coordinador de la prueba que han concluido la evaluación.

### 3. Identificación de los términos

Terminando cada etapa de entrenamiento, el grupo de jueces genera y acuerda en sesión abierta una serie de términos que definen al producto en estudio. Es en esta búsqueda donde se pretende generar el mayor número de descriptores posibles hasta que los jueces hayan agotado su vocabulario en relación al producto. Después el coordinador ira descartando algunos de los términos utilizando criterios para reducir la lista. Las características para la elección de descriptores son: discriminante, no redundante, relacionado con la aceptación o rechazo del consumidor, singular, consenso en el significado, no ambiguo, fácil de obtener una referencia, comunicativo y conocido previamente.

### 4. Implementación del material de referencia para los términos:

El coordinador suministrara material de referencia que ejemplifique cada uno de los descriptores generados anteriormente. Diseño de hojas de respuesta: el coordinador debe diseñar las hojas de respuestas que debe indicar en forma clara, sencilla y directa el procedimiento que el juez debe seguir para evaluar las muestras. Así mismo se emplearan estándares para simular un sabor, aroma o cuerpo en la cerveza, se pueden emplear kits de descriptores de distintas empresas como *Flavor Active*, *Siebels Institute*, *Sigma Aldrich*, etc.

### 5. Sesiones de entrenamiento

*Sesión 1.* Introducción a la evaluación sensorial: dar una breve explicación de lo que es la Evaluación sensorial, los tipos de prueba y su aplicación. Así mismo que aplicación tiene esta en la industria cervecera. (40 min por sesión)

*Sesión 2.* Identificación de sabores básicos: dar una breve explicación de los tipos de cerveza, de los sentidos del gusto, he identificar cada uno de los sabores básicos (salado, dulce, acido, amargo y umami). Se les puede proporcionar muestra de los sabores individuales para que los identifiquen. (40 min por sesión)

*Sesión 3.* Identificación de aromas. Se pueden presentar tiras olfativas con diferentes bases relacionadas al producto y los deben relacionar identificándolos en una hoja de respuestas.(40 min por sesión)

*Sesión 4 a 6.* Pruebas de ordenamiento de características básicas. Se ordena de mayor a menor una serie de soluciones con diferentes concentraciones de los sabores básicos; dulce, salado, ácido y amargo. (Ej. Soluciones de azúcar, sal, cafeína y glutamato monosódico) (40 min por sesión)

*Sesión 7 a 8.* Pruebas de diferencia: se pueden realizar pruebas dúo-trío o triangulares, explicando previamente el objetivo y los pasos a seguir. El objetivo es detectar la capacidad de cada individuo para detectar diferencias con la variación de un ingrediente o de proceso. (40 min por sesión)

*Sesión 9 a 29.* Análisis secuencial: Pruebas de diferenciación durante 20 sesiones consecutivas empleando descriptores del producto, para comprobar la habilidad de cada individuo y de esta manera saber si es aceptado o rechazado para ser juez discriminativo o si puede continuar con su entrenamiento bajo observación. Los jueces que muestren capacidad en estas pruebas pueden pasar a realizar pruebas descriptivas. (40 min por sesión)

*Sesión 30.* Introducción a diferentes estilos básicos de cerveza: Una breve explicación de la diferencia que existe entre algunos estilos básicos con respecto a descriptores olfativos, sabor, y apariencia. (40 min por sesión)

*Sesión 31-38.* Pruebas de ordenamiento por intensidad de atributos en cerveza: Se ordena de menor a mayor una serie de soluciones con diferentes concentraciones de los descriptores propuestos. (50 min por sesión)

*Sesión 39.* Se comprueba el rendimiento del reconocimiento de atributos y la relación con el producto por parte de los jueces, así mismo se refuerza la etapa de descripción verbal de cada juez; se presentan los descriptores ya vistos en orden aleatorio para que los jueces los acomoden conforme a su nombre y referencia en el cuestionario. (60 min por sesión)

*Sesión 40.* Pruebas descriptivas: se comprueba el rendimiento en las pruebas sensoriales descriptivas, se presentan a cada juez diferentes productos y se les pide que identifiquen las características sensoriales de cada uno. (30 min por sesión)

Para decidir si una persona puede resultar un buen juez para estas pruebas hay que considerar lo siguiente:

- Número de descriptores anotados.
- Variedad de términos.
- Tipos de descriptores empleados.
- Disposición para contribuir a las discusiones de grupo.

- Capacidad verbal.
- Disposición para escuchar.
- Identificación de términos (parte crítica).

#### 6. Sesión abierta:

Donde se le presenta a cada juez una muestra de la cerveza y se definen todos los términos a utilizar, a su vez los jueces también proponen material de referencia que ejemplifica cada uno de los términos acordados.

#### 7. Diseño de hojas de respuestas:

Las hojas de respuestas incluye de forma clara y sencillas las instrucciones que se debían seguir para llevar a cabo la prueba, así como la serie de términos que caracterizan a la cerveza según sea el estilo que se manejará (Beer Judge Certification Program, 2008), para que cada uno de ellos sea calificado según su intensidad en escalas de 0 a 5 donde 0 es ausencia del atributo, 1 muy débil, 2 débil, 3 moderado, 4 fuerte y 5 muy fuerte.

Finalmente se toma un valor promedio por atributo y se realiza un gráfico de telaraña para obtener el perfil del producto. (Piggot, 1988)

#### 8. Terminología del *flavor*

Se deben proponer los descriptores a emplear mediante el sistema de terminología que fue desarrollado en 1974-1979 por EBC, MBAA y ASBC. Tomando en cuenta el estilo de cerveza a evaluar (Beer Judge Certification Program, 2008) y la rueda de sabores que muestra los términos conforme al siguiente orden (Anexo d) (PEREZ, 2008):

- a. El sistema consta de 14 clases.
- b. Hay tres clases de descriptores
- c. El sistema muestra como pueden ser percibidos la mayoría de los términos,
  - aroma (O), sabor (T), sensaciones en la boca (M), calentamiento (W), y retrogusto (Af).

En la tabla 5 se muestra los descriptores propuestos en conjunto con los estándares a emplear y que percepción sensorial tienen, esta es una parte importante para el entrenamiento de los jueces con respecto a los descriptores de interés.

**Tabla 1. Descriptores y defectos propuestos empleando la terminología de la rueda de sabor de la cerveza.**

DESCRIPTORES	COMPUESTOS	AROMA	SABOR	SENSACION EN BOCA	RETROGUSTO
<i>WARMING</i>	ETANOL/PROPANOL			X	X
<i>SWEET</i>	VAINILLA		X		X
<i>FRUTAL</i>	ISOAMIL ACETATO	X	X		
<i>ACIDO</i>	AC. CITRICO		X		
<i>PICANTE/CLAVO</i>	EUGENOL	X		X	
<i>FLORAL</i>	GERANIOL	X			
<i>ASTRIGENTE</i>	ACIDO TANICO			X	X
<i>ESMALTE</i>	ETIL ACETATO	X			
<i>AMARGO</i>	CAFEINA		X		X
<i>MANZANA VERDE</i>	ACETALDEHIDO	X			
<i>MALTOSO</i>	ETIL PIRIDINA	X	X		
<i>CUERPO</i>	CARBOXIMETIL CELULOSA			X	
OFF-FLAVORS	COMPUESTOS	AROMA	SABOR	MOUTHFEEL	AFTERTASTE
<i>VEGETAL</i>	DMS	X	X		
<i>BUTTERSCOTCH</i>	DIACETILO	X	X	X	
<i>LACTICO</i>	AC. LACTICO	X	X	X	
<i>ACETICO</i>	AC. ACETICO	X	X	X	
<i>METALICO</i>	SULFATO FERROSO			X	X
<i>TERROSO</i>	ETIL FENCHOL	X			
<i>PLASTICO</i>	ESTIRENO	X			

Fuete: (Meilgaard, 1993)

### 9. Preparación de estándares para los atributos propuestos.

Se consideró para la preparación de los estándares, 4 concentraciones donde tuvieran una respuesta sensorial de muy débil, débil, moderado, fuerte y muy fuerte. (Meilgaard, 1993) Esto para facilitar la memorización de los descriptores por parte de los jueces evitando así probables sesgos y fatiga en la evaluación por la saturación de concentraciones.

**Tabla 2. Concentración de los compuestos empleados como descriptores y defectos. Fuente: (Meilgaard, 1993)**

DESCRITORES	COMPUESTOS	RANGOS	CONCENTRACIONES			
			1	2	3	4
<i>WARMING</i>	ETANOL/PROPANOL	15-30g/L	15	20	25	30
<i>SWEET</i>	VAINILLA	7-905µg/L	232	455	680	905
<i>FRUTAL</i>	ISOAMIL ACETATO	7-113mg/L	7	34	65	100
<i>ACIDO</i>	AC. CITRICO	0.05-0.20%	0.05	0.09	0.13	0.2
<i>PICANTE/CLAVO</i>	EUGENOL	2.2-18µg/L	2.5	8.5	14.5	18
<i>FLORAL</i>	GERANIOL	18-1130µg/L	20	400	800	1100
<i>ASTRIGENTE</i>	AC. TANICO	0.9-1810mg/L	1	605	1200	1800
<i>ESMALTE</i>	ETIL ACETATO	7-113mg/L	7	45	75	113
<i>AMARGO</i>	CAFEINA	1.5-45mg/L	1.5	17	30	45
<i>MANZANA VERDE</i>	ACETALDEHIDO	7.1-452mg/L	7.1	155	300	452
<i>MALTOSO</i>	ETIL PIRIDINA	7-905µg/L	7	307	600	905
<i>CUERPO</i>	CARBOXIMETIL CELULOSA	0-0.05%	0	0.016	0.032	0.05
<b>OFF-FLAVORS</b>	<b>COMPUESTOS</b>	<b>rangos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>VEGETAL</i>	DMS	0.9-57µg/L	0.9	20	38	57
<i>BUTTERSCOTCH</i>	DIACETILO	18-2260µg/L	18	766	1514	2260
<i>LACTICO</i>	AC. LACTICO	18-550mg/L	18	195	372	550
<i>ACETICO</i>	AC. ACETICO	18-550mg/L	18	195	372	550
<i>METALICO</i>	SULFATO FERROSO	7.1-57mg/L	7.1	24	41	57
<i>TERROSO</i>	ETIL FENCHOL	0.35-23µg/L	0.35	8	15.45	23
<i>PLASTICO</i>	ESTIRENO	35-1100ng/L	35	390	745	1100

### 2.6.8 Prueba sensorial descriptiva de las 3 concentraciones (5g/L, 7 g/L y 10 g/L) de cerveza artesanal sabor jamaica.

Se emplearon 10 jueces semi-entrenados. La cerveza siempre se presentó en vasos de vidrio tipo caña (pinta) (véase figura 12). Las distintas formulaciones de cerveza con jamaica se presentaron en el siguiente orden: cerveza A (5g jamaica/litro), cerveza B (7g jamaica/litro), cerveza C (10g jamaica/litro).



**Figura 12. Vaso tipo caña (pinta)**

Se evaluaron las cervezas en los aspectos de aroma, sabor y sensación en boca. Teniendo 15 descriptores a evaluar, bajo condiciones aisladas donde los jueces no tuvieran interacción entre sí (véase figura 13):

Descriptores:

- Aroma: frutal (plátano), vainilla, clavo, maltoso, floral, jamaica.
- Sabor: ácido, amargo.
- Sensación en boca: cuerpo, alcohólico.

Defectos:

- Aroma: Vegetal, plástico, mantequilla, láctico, acético.
- Sensación en boca: metálico, astringente,

(Beer Judge Certification Program, 2008)

Se empleó una escala de 0-5, teniendo: 0= Ausencia; 1= Muy débil; 2= Débil; 3= Moderado; 4= Fuerte; 5= Muy fuerte.

Finalmente se determina la calidad de la cerveza con una escala de 1-5, teniendo: 1= Pésima; 2= Baja; 3= Media; 4= Buena; 5= Muy buena

Se toma en cuenta 3 factores de la cerveza que son: que tanto se apega al estilo base ej. Weizen, cuan balanceada se encuentra en *flavor* y si se haya libre de defectos. (Saison, 2011)

Para interpretar los resultados de la degustación en el análisis descriptivo, cada descriptor debe ser examinado por análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para



establecer si las formulaciones propuestas varían significativamente entre sí y si la respuesta de los jueces fue reproducible y consistente.



**Figura 13. Prueba sensorial descriptiva de las cervezas de jamaica con jueces entrenados**

#### **2.6.9 Pruebas a consumidor**

El objetivo de la evaluación a consumidor fue obtener información de que tanto les gusta a los consumidores, evaluación de atributos, estimación de compra, esto con respecto a las 3 cervezas de Jamaica a diferentes concentraciones (5, 7 y 10 g /L). Para saber que formulación es la de mayor preferencia por el consumidor. (Stone, 1993)

1. Se encuestó a 112 personas en total, dividido en 2 días.
2. El tiempo estimado por encuesta fue de 15 min.
3. Evaluaron 3 cervezas de jamaica a diferentes concentraciones (5, 7 y 10 g /L).
4. Se evaluaron con los siguientes códigos para cada formulación respectivamente 5g/L, 7g/L y 10 g/L con KSP, FBC y JCT en forma aleatoria.
5. Se llevó a cabo las encuestas a consumidores frecuentes de cerveza artesanal, a condiciones habituales de consumo por lo que se aplicó en el bar taberna "The Beerbox Izcalli". (véase figura 14)

A continuación se presentan las preguntas y opciones de respuesta que se aplicaron a los consumidores:

1.- En general, ¿Qué tanto TE GUSTA o DISGUSTA el sabor de esta Cerveza?

- Me disgusta
- Me disgusta poco
- Ni me gusta ni me disgusta
- Me gusta poco
- Me gusta

2.- ¿Qué tan apropiado consideras el sabor para esta Cerveza?

- Nada apropiado
- Poco apropiado
- Moderadamente apropiado
- Muy apropiado
- Extremadamente apropiado

3.- ¿Para ti esta cerveza es...?

- Muy mala
- Mala
- Ni buena, Ni mala
- Buena
- Muy buena

4.- ¿Qué tan dispuesto(a) estarías en COMPRAR esta cerveza si estuviera a la venta donde sueles comprarla?

- Definitivamente NO lo compraría
- Probablemente NO lo compraría
- Tal vez si tal vez no lo compraría
- Probablemente SI lo compraría
- Definitivamente SI lo compraría

5.- A continuación elige todas las palabras que describan el sabor de la cerveza que acabas de evaluar (Puedes seleccionar más de una)

- Amarga
- Alcohol
- Astringente
- Dulce
- Frutal
- Defectuosa
- Metálica
- Acida
- Jamaica

6.- Comentarios.



**Figura 14. Evaluación sensorial a consumidor, pruebas hedónicas de las cervezas de jamaica.**

Para el tratamiento estadístico de datos de la prueba a consumidor se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía donde se utilizó el Software JMP® de SAS.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En cada formulación se midieron grados brix previo a la cocción y la fermentación, así mismo al producto final, del mismo modo se midió el pH previo a la fermentación y en el producto final para así explicar la producción de ciertos sabores relacionados a ciertos ácidos orgánicos que repercuten en el pH previo a la fermentación y del producto final. A continuación se muestran los resultados en la tabla 7.

**Tabla 3. Resultado de los Grados Brix, pH ,IBU's, % vol. alcohol, tiempo en botella de cada formulación de cerveza y % atenuación aparente (5g/L, 7g/L y 10g/L)**

Formulación	IBU's	Grados Brix y pH del mosto previo a la fermentación	Grados Brix y pH de la cerveza	% vol. alcohol	Tiempo en botella (días)	Atenuación aparente (%)
5 g jamaica/litro	12.9	11.9°;4.69	4.9 °; 4.95	4.1	20	58.82
7g jamaica/litro	13.4	10.1°; 3.93	4.5°;3.42	3.06	20	55.44
10g jamaica/litro	13.3	13°; 3.39	4.3°;3.32	5.1	20	66.92

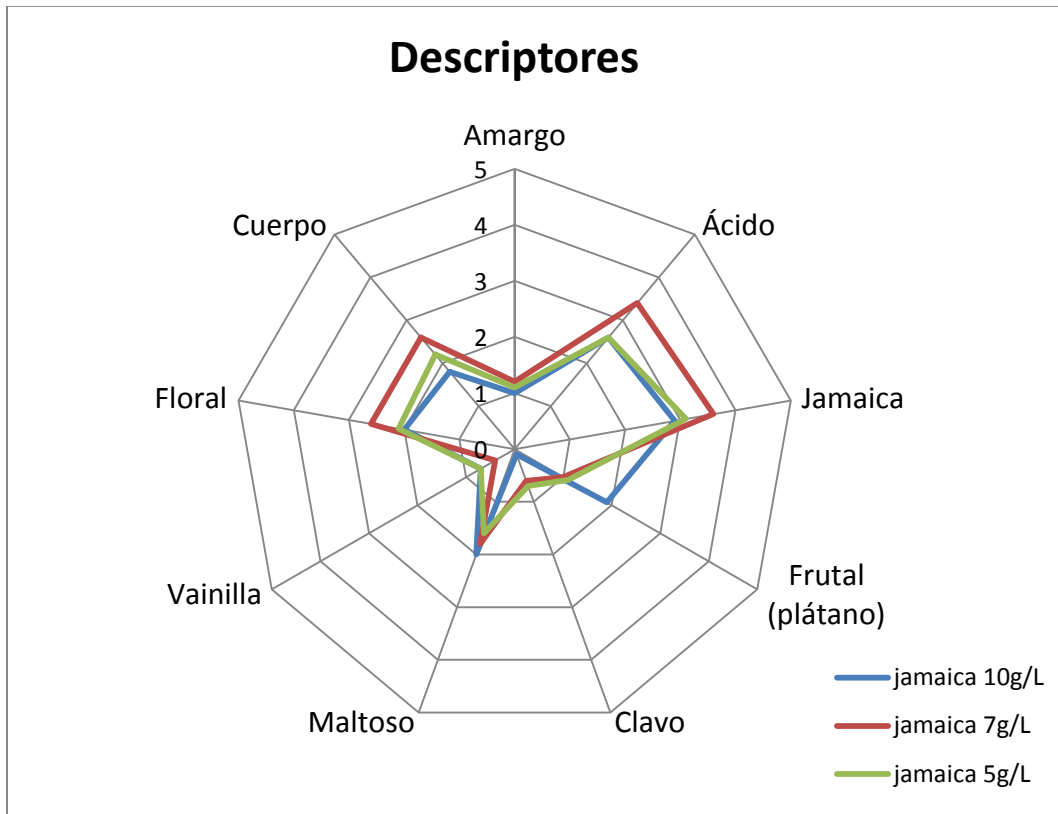
Todos estos parámetros ayudaron a poder predecir el % vol. de alcohol final mediante la diferencia de grados brix; además a través de la diferencia de grados brix se pudo obtener la atenuación aparente de la fermentación, significa que dependiendo de la atenuación se es posible predecir si durante la fermentación la levadura pudo tener la oportunidad suficiente de fermentar todos los azúcares fermentables en el mosto. Ya que conforme va transcurriendo la fermentación habrá una disminución de nutrientes y niveles altos de alcohol, lo que provoca que algunas levaduras floculen ocasionando que se ralentice su metabolismo y los haga bajar a la parte inferior del fermentador donde no tienen tanto contacto con los azúcares del mosto, por lo que se pierde la oportunidad de fermentar hasta el último rastro de azúcar en el mosto. El resultado de los azúcares fermentables que quedan, juegan un papel importante en el carácter de la cerveza terminada. (Braukaiser, 2009) Además cabe destacar que existe una variación en los grados brix previos a la fermentación, esto se puede argumentar debido a los sólidos solubles a causa de los azúcares de la malta posterior a la maceración, y

probablemente por azúcares solubles a causa del aumento en la concentración de jamaica.

En el caso del pH, se puede apreciar una reducción del éste al final de la fermentación, esto es el resultado de la secreción de ácidos orgánicos por parte de la levadura y lo más importante una bomba de protones que se mueve iones  $H^+$  desde la célula de levadura hacia la cerveza. Al hacerlo la levadura también eleva su pH interno. Esta bomba de protones es muy importante para la levadura teniendo que el gradiente de pH resultante a través de la pared celular de la levadura facilita la absorción de nutrientes como la maltosa. (Braukaiser, 2009)

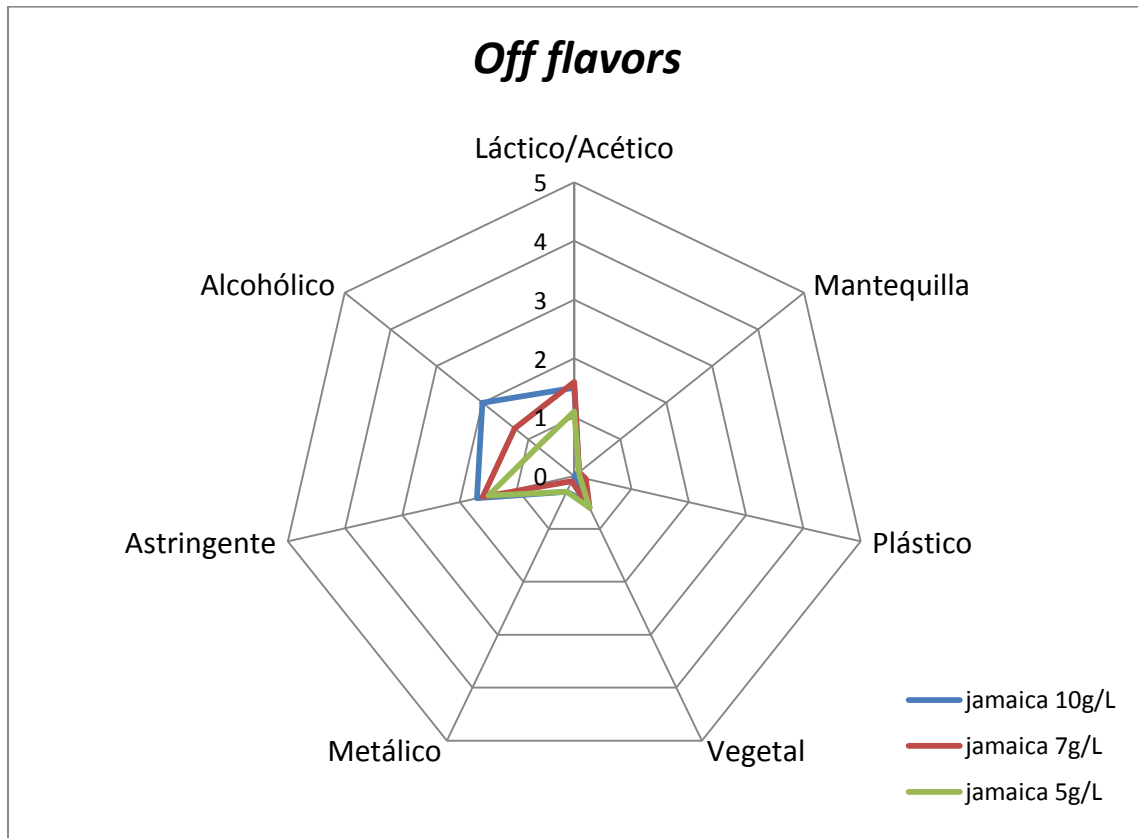
A continuación se analizan los resultados obtenidos del QDA (véase la figura 15) empleando un análisis de varianza de dos vías, mediante un intervalo de confianza del 95% donde se reportan las medias de cada descriptor por formulación, los efectos significativos no son totalmente claros porque la variabilidad de los jueces no es eliminada en estos intervalos de confianza.

**Figura 15. Gráfico de radial del perfil sensorial de las 3 formulaciones de cerveza con Jamaica (5g/L, 7g/L y 10 g/L)**



Se puede observar en la Figura 15 que los descriptores que tienen una mayor presencia en las tres formulaciones son ácido, jamaica, floral y cuerpo, teniendo para cada formulación (10g/L, 7g/L y 5g/L) valores de sus medias respecto al descriptor de ácido de 2.6, 3.4 y 2.6 respectivamente; para jamaica con medias de 2.9, 3.6 y 3.1; para floral con medias de 2.0, 2.6 y 2.1; y en cuerpo de 1.8, 2.6 y 2.2 respectivamente; de modo que gran parte de estos descriptores es por la presencia de la jamaica, porque en cuanto al descriptor ácido, la jamaica posee una significativa cantidad de ácidos orgánicos (ácido cítrico, ascórbico, málico, esteárico, etc.) (Alicia-Flores, 2008), teniendo una repercusión notable en este descriptor. El descriptor floral se atribuye a la variedad del lúpulo empleada *Tettnang* que es un lúpulo noble de origen Alemán de propósito de aroma que imparte notas florales y especiadas que otorgan la variedad de aceites del lúpulo como la humulona y el mirceno. En el caso del descriptor de cuerpo este tiene lugar debido a los azúcares fermentables y no fermentables presentes en la cerveza, teniendo que la malta de trigo empleado, aporta un nivel significativo de arabinosa y  $\beta$ -glucanos, siendo éstos azúcares no fermentables (LU, 2006)

**Figura 16. Gráfico radial de los defectos (*off flavors*) de las 3 formulaciones de cerveza con jamaica (5g/L, 7g/L y 10 g/L)**



Se aprecia en la Figura 16 que los defectos más representativos fueron sensación alcohólica, astringente y láctica/acética teniendo para cada formulación (10g/L, 7g/L y 5g/L) valores de las medias de sensación alcohólica de 2, 1.3 y 0.8 respectivamente, para astringencia de 1.7, 1.6 y 1.5 respectivamente, del mismo modo para láctico/acético de 1.5, 1.6 y 1.1 respectivamente. Por lo que cada uno de los defectos nos demuestra situaciones relacionadas al uso de la flor de jamaica. Como es el caso de láctico /acético ya que obtuvimos un pH debajo de 5 por lo que el ácido acético entre otros; a una concentración relativamente alta toma lugar una reducción del pH por una fuerte capacidad buffer. (Braukaiser, 2009) Teniendo en cuenta que previo a la fermentación se tenía un mosto con pH relativamente ácido por la jamaica, lo que durante la fermentación tiende a haber una reducción del pH por el efecto buffer, a causa de la producción de ácidos orgánicos entre ellos ácido acético.

En el caso de la astringencia este puede tener lugar por los polifenoles provenientes de la malta, lúpulo y en este caso también por la flor de jamaica. De igual manera a causa de la acidez provocada por un pH bajo (3-5) en el mosto, se tiene un aumento de la astringencia en el producto final. (Francois, 2006)

La sensación alcohólica o caliente que se aprecia está fundamentada por la presencia de etanol y la formación de alcoholes superiores derivados de la fermentación, teniendo como origen azúcares fermentables y aminoácidos libres del mosto, al existir un alto crecimiento de levaduras se estimula la producción de alcoholes superiores originado por una probable sobre aireación del mosto previo a fermentar, altas temperaturas durante la fermentación (Technology, 2012)

**Tabla 4. Comparación de  $F_{calculada}$  y  $F_{tablas}$  de las formulaciones de 7g Jamaica/L y 5 g Jamaica/L con respecto a 10 g Jamaica /L de los descriptores y defectos propuestos.**

Formulación	Descriptores	Fuente de variación	Nivel de significancia	Valor F tablas	Comparativo	Valor F calculada	Diferencia significativa
7 g jamaica /L	<i>Amargo</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	5.13	si
	<i>Frutal (plátano)</i>	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	5.33	si
	<i>Clavo</i>	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	8.64	si
	<i>Clavo</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	5.03	si
	Cuerpo	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	6.91	si
5g jamaica/L	<i>Clavo</i>	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	12.67	Si
	<i>Clavo</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	6.49	Si
	<i>Amargo</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	3.83	Si
	<i>Vainilla</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	4.04	Si
	<i>Floral</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	3.06	Si
Formulación	Defectos (Off-flavors)	Fuente de variación	Nivel de significancia	Valor F tablas	Comparativo	Valor F calculada	Diferencia significativa
7 g jamaica /L	<i>Metálico</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	5.81	Si
	<i>Alcohólico</i>	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	7.69	Si
	<i>Láctico/acético</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	3.46	Si
5g jamaica/L	<i>Mantequilla</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	5.49	Si
	<i>Alcohólico</i>	MUESTRAS	0.05%	5.11	menor que	36	Si
	<i>Vegetal</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	4.78	Si
	<i>Metálico</i>	JUECES	0.05%	2.42	menor que	4.43	Si

Se tiene una diferencia significativa con un nivel de significancia de 0.05 en los descriptores frutal, clavo, cuerpo de la cerveza 7g jamaica /L con respecto a la de 10 g jamaica/L, mientras que para la cerveza de 5g jamaica/L con respecto a la de 10 g jamaica/L solo denota una diferencia significativa para el descriptor clavo. Atribuyendo esto al aumento de concentración de la flor de jamaica.

En el caso del descriptor frutal (plátano), es producido durante la fermentación siendo los responsables de este carácter frutal diversos ésteres, como lo son los ésteres de acetato ya que son los compuestos más activos en cuanto a *flavor*, el éster principal que le da la característica a plátano es el acetato de isoamilo y se tiene que las concentraciones de este éster son representativas en el estilo base utilizado para la cerveza con jamaica (Weizen). La concentración de ésteres se puede ver modificada dentro de amplios límites mediante la variación de las condiciones de fermentación como son la temperatura de fermentación, gravedad



especifica inicial, presión del CO<sub>2</sub>, oxígeno disuelto, contenido de lípidos del mosto, etc. **(Collin, 1994)**

El descriptor clavo es característico en cervezas que manejan trigo como adjunto; este aroma proviene de fenoles volátiles como 4-vinilguaiacol (4-vinil-2-metoxifenol) (4VG) y 4-vinilfenol (4VP); los precursores de éstos son los ácidos fenólicos, en el caso del 4VG es el producto de la descarboxilación de ácido felúrico (FA), además puede llegar a descarboxilarse por impacto térmico por ejemplo durante la cocción del mosto. Muchos ácidos fenólicos como ácido cumárico y el felúrico están asociados a los polisacáridos de la pared celular de las plantas, en el caso del grano de varios cereales como cebada y trigo, están esterificados principalmente en arabinosilanos (AX). Los AX son importantes carbohidratos estructurales en la cáscara y pericarpio del grano. Sin embargo, durante la cocción del mosto, el volumen del mosto se reduce en 7.8% debido a la evaporación, esto provoca un aumento aparente de contenido de FA, finalmente, la adición de lúpulo y la jamaica causan un aumento en el contenido de ácidos felúricos que producen mayores compuestos fenólicos como 4VG y 4VP. (Vanbeneden, 2008)

Para el caso de los defectos existe diferencia significativa de 0.05 para ambas formulaciones (7 y 5 g jamaica/L) con respecto a la de 10g jamaica/L con la sensación de alcohol. Siendo el producto de etanol y alcoholes superiores dependiendo de las condiciones de fermentación y los nutrientes que aporten el mosto (azúcares fermentables y aminoácidos libres). (Priest, 2006)

Mientras que se puede observar que se tiene una diferencia significativa de 0.05 de los jueces para los descriptores de amargo y clavo de las cervezas de 7 g jamaica/L y 5g jamaica/L respectivamente con respecto a la cerveza de 10 g jamaica/L. Así mismo los descriptores vainilla y floral para la formulación de 5g jamaica/L; Del mismo modo una diferencia significativa para los defectos de metálico, mantequilla, láctico/acético y vegetal por parte de los jueces. Por lo anterior, encontramos cierta incongruencia en los resultados de los jueces para los descriptores y defectos con diferencia significativa por parte de los jueces, teniendo un probable sesgo en la interpretación de los jueces.

Cabe destacar que incluso con muchas sesiones de conceptos y una amplia formación, resultó difícil para un panel de jueces entrenados, para proporcionar una evaluación coherente de la calidad sensorial de la cerveza. La falta de acuerdo entre los jueces con respecto a la calidad es inherente a la forma en que la calidad se definió tomando que tanto se apega al estilo base ej. Weizen, cuan balanceada se encuentra en *flavor* y si se haya libre de defectos.

Cuando varios componentes están incluidos en el concepto de calidad, la manera en como lo evalúe cada juez será independientemente de qué tan extensa es la formación que recibe cada uno ya que para la mayoría de los jueces una cerveza puede ser calificada de muy alta calidad, sin embargo, algunos jueces pueden dar una calificación promedio. Siendo que puede ser una cerveza que tiene atributos sensoriales altamente deseables, estar bien equilibrada y libre de defectos; sin embargo, para algunos jueces puede estar fuera del estilo ya que éstos otros pueden ser más críticos con que tanto se apega la cerveza al estilo( más importante que los otros componentes ), mientras que para la mayoría no lo era (o al menos no tanto como estos otros componentes) .De hecho, las calificaciones de los jueces podrían ser indicativos del mercado cervecero mexicano de hoy, donde las líneas entre los estilos de cerveza están siendo poco a poco borrados, y los consumidores mexicanos no suelen tener expectativas claras de lo que una cerveza debe saber. (Guinard, 1999)

De tal modo se relacionó la calidad en los siguientes gráficos (figuras 17, 18 y 19) con respecto a los descriptores que presentaron una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) de las tres formulaciones de cerveza con jamaica. Para los jueces fue fundamental definir la presencia e intensidad tanto de atributos como defectos por el entrenamiento previo que recibieron.

**Figura 17. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 10g jamaica/L**

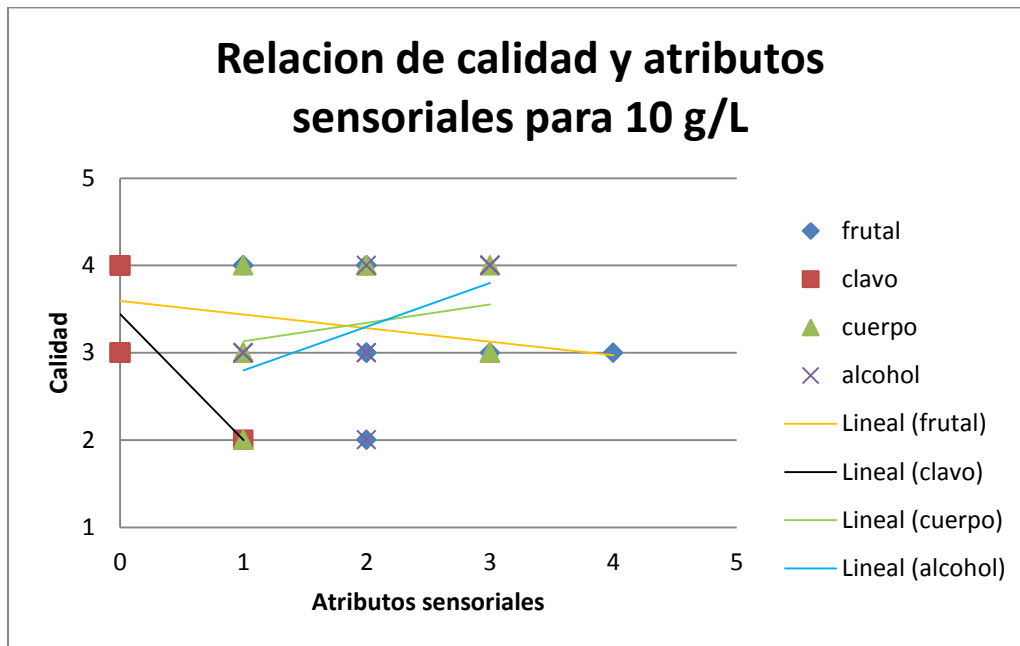


Figura 18. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 7g jamaica/L

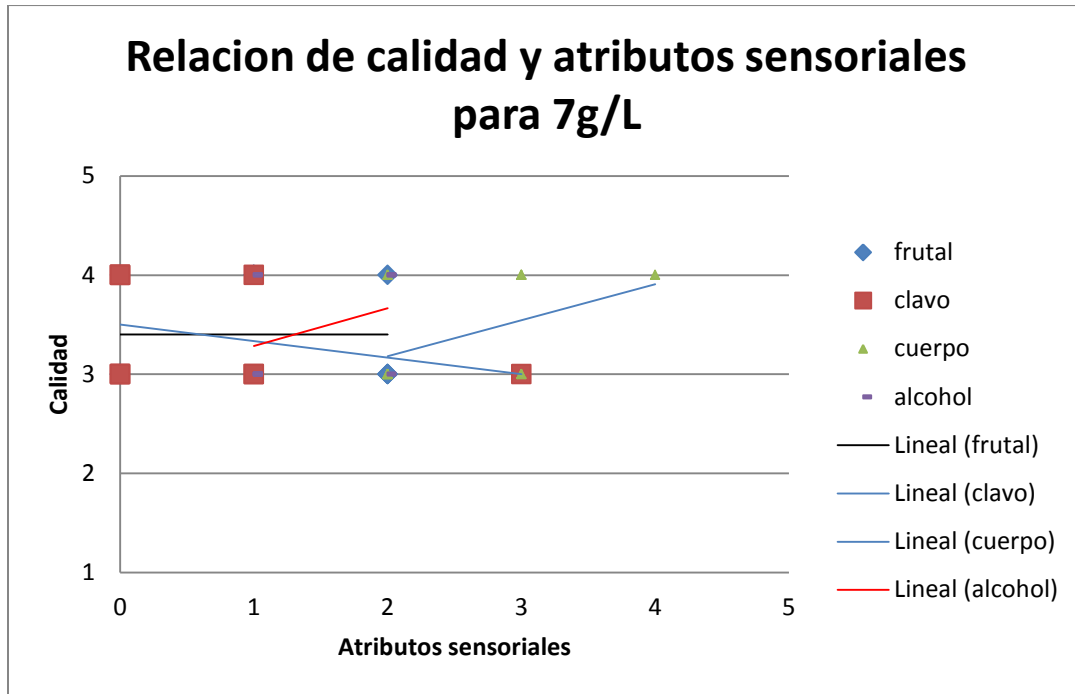
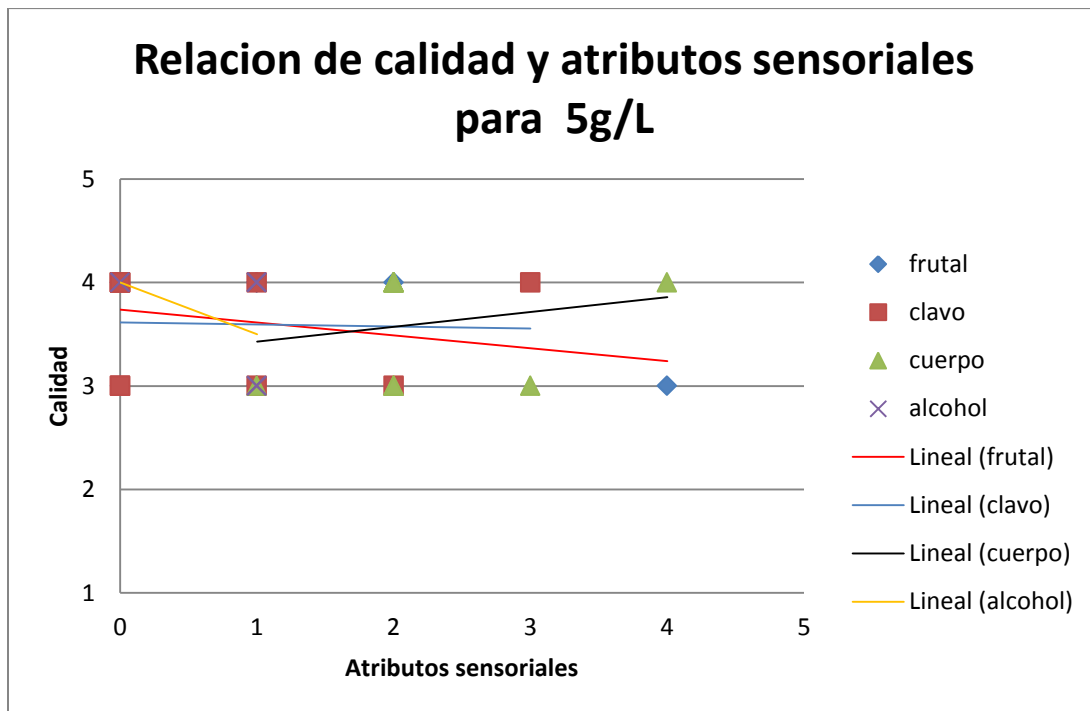


Figura 19. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 5 g jamaica/L



**Tabla 5. Correlaciones y pendientes de los descriptores para cada formulación de cerveza con jamaica.**

Descriptores	10 g jamaica/L		7 g jamaica/L		5 g jamaica/L	
	Pendiente	Correlación R <sup>2</sup>	Pendiente	Correlación R <sup>2</sup>	Pendiente	Correlación R <sup>2</sup>
Frutal (plátano)*	-0.156	0.0647	3.4	0	-0.124	3.73
Clavo*	-1.4444	0.458	-0.1667	0.0972	-0.019	0.0017
Cuerpo*	0.2105	0.0822	0.3636	0.2424	0.1429	0.047
Alcohol*	0.5	0.3659	0.381	0.127	-0.5	0.166

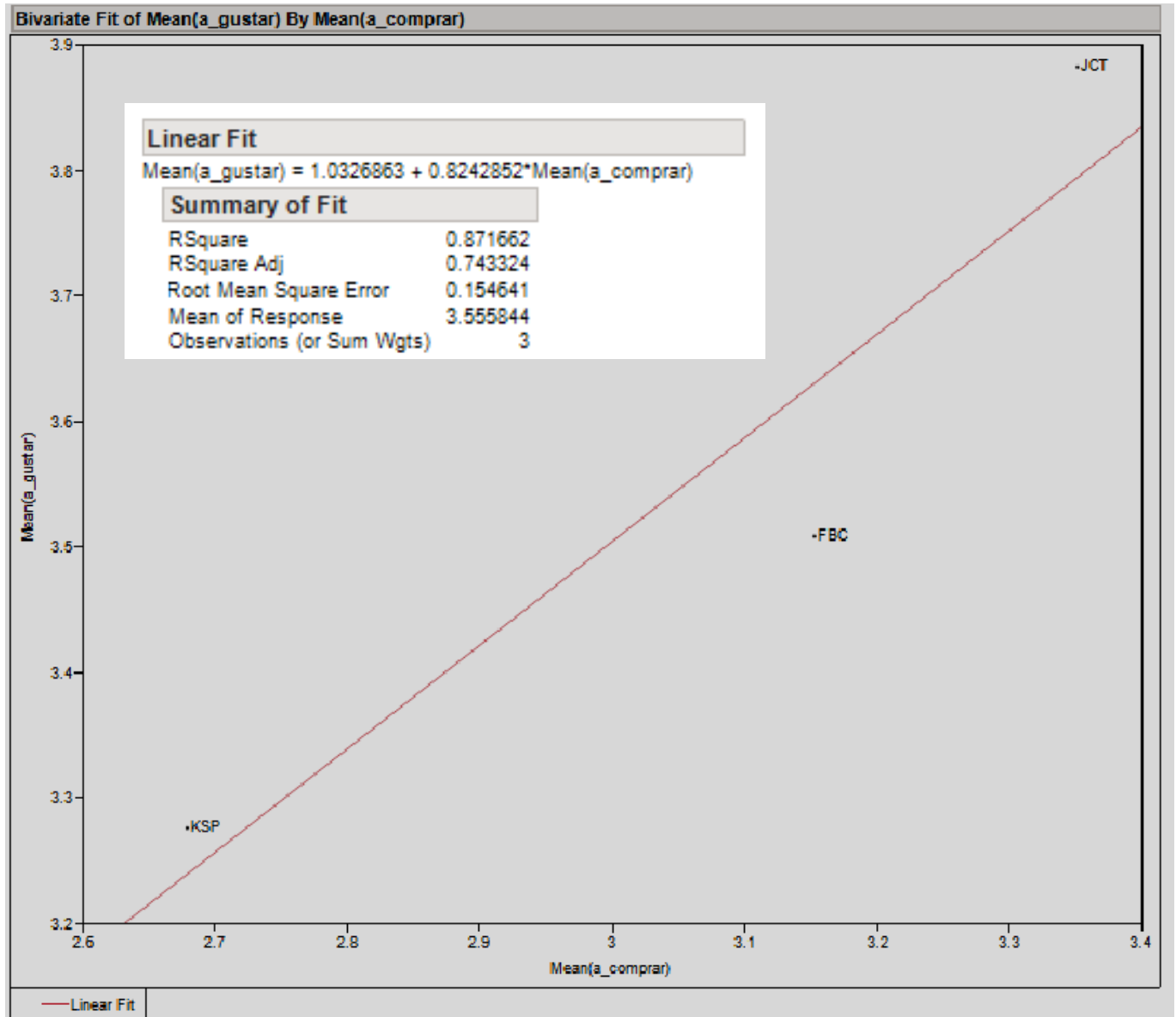
\* Descriptores y defectos que obtuvieron diferencia significativa a  $P > 0.05$

Se puede ver conforme a la pendiente (véase figuras 17, 18 y 19) y la  $R^2$  (véase tabla 9), como se relacionan los descriptores con respecto a la percepción de calidad, por lo que se aprecia que el descriptor alcohol tiene un mayor apego en cuanto a la percepción de mayor calidad, donde es de considerar que la sensación de alcohol o caliente normalmente se considera en una cerveza como defecto, siendo que para las tres formulaciones ocurre lo contrario y atribuye a una buena calidad. Se aprecia que el descriptor de clavo en la formulación de 10 g jamaica/L se atribuye a una baja calidad presentando una pendiente negativa, teniendo que para el estilo base utilizado (Weizen) es un descriptor característico de este estilo, más no denota buena calidad en este caso. Para la formulación de 7g jamaica/L se percibe que el descriptor de cuerpo también atribuye a una buena calidad.

Estos resultados se explican a causa de la falta de concepto de calidad a través de los jueces entrenados como un resultado de la naturaleza multidimensional de la calidad sensorial. Por otra parte, las calificaciones con respecto a cuanto se apega al estilo base y cuan balanceada se encuentra en *flavor*, no fueron definidas durante el entrenamiento, por lo que no es de extrañar que los respectivos resultados entre jueces pudieran diferir, teniendo que este método sea posible enfocarlo de manera cercana a una prueba afectiva debido a que involucra una gran parte de la percepción individual de los jueces por el estilo y balance de la cerveza. Con base a los resultados del análisis descriptivo cuantitativo, se contrasta con los resultados de las pruebas de consumidor, para poder además tener un panorama de la situación del producto con respecto al consumidor y así, verificar si la percepción de los jueces y los consumidores tienen

una relación directa o no en las características sensoriales de cada formulación de cerveza.

**Figura 20. Correlación de oportunidad de compra y gusto de la prueba de consumidor de las 3 formulaciones de Jamaica (5,7 y 10g/L)**



Se observa que el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de gusto/compra es de 0.87 (véase datos de la figura 20) y en error cuadrado medio de 0.154 lo que indica que la oportunidad de compra con respecto al gusto es aceptable, es posible observar que la formulación de 10g/L tiene una mayor posibilidad de compra y mayor gusto por el consumidor con respecto a las otras formulaciones (5 y 7g/L).

**Tabla 6. Comparación de resultados de la prueba de consumidor mediante la diferencia significativa de cada descriptor empleado para cada una de las formulaciones presentadas de cerveza. (7,10 y 5 g/L respectivamente) para 112 consumidores.**

	112 A FBC	112 B JCT	112 C KSP
<b>Amarga MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	42%	48% c	39%
<b>Dulce MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	14% c	25% AC	8%
<b>Metálica MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	17% B	8%	12%
<b>Alcohol MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	32%	35% c	27%
<b>Frutal MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	38%	43%	36%
<b>Ácida MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	54%	58%	76% AB
<b>Astringente MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	27%	21%	29% B
<b>Defectuosa MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	6%	4%	9% B
<b>Jamaica MUESTRA</b> <i>% a favor/descritos</i>	50% BC	41%	38%

Dif. Significativa superior al 90%
Dif. Direccional superior al 80%
Dif. Direccional inferior al 80%
Dif. Significativa inferior al 90%
2-vias T test
Performance Versus FBC
Análisis de consumidor Versión del proyecto : 245

Para el descriptor amargo de la cerveza de 10g/L es significativamente más amarga que la de 5g/L, más dulce que la de 7 y 5g/L, con una sensación más alcohólica que la de 5g/L. Mientras que la de 5g/L es significativamente más ácida que la de 10 y 7 g/L, más astringente que la de 10g/L y con una mayor percepción de defectuosa que la de 7g/L. (véase tabla 12) De modo que se puede ver que la formulación de 10g/L además de ser la cerveza que tiene mayor oportunidad de compra y gusto, se indica la posible razón de porque puede ser la formulación más indicada, puesto que se percibió significativamente más dulce, amarga, alcohólica, frutal que las otras formulaciones.

#### 4. CONCLUSIONES

Las condiciones de temperatura de proceso de maceración y cocción que se propusieron en el proyecto son indicadas para la cerveza artesanal con jamaica, cabe destacar que se debe tener mayor atención en las temperaturas de fermentación y acondicionamiento ya que es un punto crítico de todo el proceso, puesto que se ven involucrados una gran serie de reacciones que repercuten en el *flavor* del producto final. Del mismo modo el tiempo de fermentación, acondicionamiento y envasado deben tener gran atención para obtener un producto deseable en *flavor* y de buena calidad. Como gran prioridad es necesaria una buena limpieza a través de la sanitización del equipo, envases, materiales y de la materia prima. Además el monitoreo de parámetros importantes como lo son los grados brix, pH previo a la cocción y la fermentación, así mismo al producto final, son trascendentales para observar el transcurso de la elaboración de la cerveza y verificar que se encuentra dentro de los parámetros indicados.

Se obtuvo que la formulación con mayor contenido y percepción alcohólica fue la de 10g jamaica/L, teniendo que la formulación con menor atenuación fue la de 7 g jamaica /L teniendo como resultado una mayor percepción de cuerpo debido a los azúcares fermentables que no se consumieron, siendo además la que obtuvo una percepción más ácida con respecto a los jueces, esto se puede deber a que se tiene que la formulación de 10g jamaica/L tuvo una etapa de pre-cocción previa lo que esto contribuye a una disminución de la acidez. Los descriptores con una mayor presencia en las 3 formulaciones fueron, ácido, jamaica, floral y cuerpo siendo los descriptores frutal (plátano), clavo y cuerpo quienes obtuvieron una diferencia significativa con respecto a la formulación de 10g jamaica/L. Para el caso de los defectos, aquellos más representativos fueron la sensación alcohólica, la astringencia y láctico/acético para las 3 formulaciones, y de todos estos se obtuvo que la sensación alcohólica tuviera una diferencia significativa con respecto a la formulación de 10g jamaica/L. Cabe destacar que algunos descriptores como lo son el amargor, floral, vainilla, metálico, mantequilla, vegetal, etc; tuvieron una diferencia significativa por parte de los jueces, por lo que se recomienda trabajar más a detalle con estos descriptores para obtener resultados más precisos, ya que el tiempo de entrenamiento fue corto por lo que es recomendable tener un entrenamiento principal de 6 meses y posteriormente reforzar con sesiones de 2 a 3 veces por mes. Del mismo modo es recomendable trabajar el criterio de calidad con cada juez sin incluir este como parte del análisis descriptivo cuantitativo, siendo mejor enfocado como una herramienta sensorial afectiva para obtener más información del criterio del consumidor experto.

En contraste con los resultados de la prueba de consumidor, la formulación de 10g jamaica/L obtuvo la mayor oportunidad de compra y gusto, puesto que se percibió significativamente más dulce, amarga, alcohólica, frutal que las otras formulaciones. Cabe destacar que para el caso de la sensación alcohólica a pesar de que puede considerarse un defecto a través del análisis descriptivo cuantitativo, el consumidor lo puede considerar una característica de calidad, esto posiblemente al desconocimiento del estilo Weizen y por considerarse un producto nuevo, el consumidor no tienen una base previa para rechazarlo en cuanto a que tanto se apega al estilo base (Weizen). Se tuvo que la respuesta del consumidor con respecto a la acidez, fué que la mayoría consideró a la formulación de 5g jamaica/L como la más ácida y la de menor intención de compra. De modo que la formulación de 10g jamaica/L puede ser la formulación más indicada para una posible comercialización en la población mexicana por un posible agrado a la sensación alcohólica.

Cabe destacar que la parte fundamental de este trabajo estuvo en la implementación de una metodología para el desarrollo de una cerveza artesanal con flor de jamaica por lo que queda abierto el tema para futuras implementaciones en la metodología que se desarrolló, tomando en cuenta que para la implementación de esta metodología en otro tipo de cervezas, es necesario la modificación de algunos descriptores que se acaten acorde al estilo de cerveza a manejar.

Del mismo modo se puede retomar ese proyecto para complementar el desarrollo de la metodología mediante análisis químicos y físicos del producto (perfil de alcoholes superiores y ésteres aromáticos, polifenoles, azúcares reductores, proteínas, sales minerales, extracto real y aparente, estabilidad de espuma, colorimetría, viscosidad, turbidez, etc.), pudiendo contrastar los resultados del análisis descriptivo cuantitativo con los resultados de los análisis químicos y físicos.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. (ASTMS), T. A. (2010). *Standard Guide for Sensory Evaluation of Beverages Containing Alcohol*. Recuperado el 31 de mayo de 2014, de <http://www.astm.org/Standards/E1879.htm>
2. Alicia-Flores, L. (2008). Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14 (2), 121-129.
3. Bamforth, C. W. (2006). *Brewing New technologies*. New York: Woodhead publishing limited.
4. Bamforth, C. W. (s.f.). *b*.
5. Bamforth, W. C. (2003). *Beer, Tap in to the art and science of brewing* (Segunda ed.). United States: Oxford University press.
6. Bamforth, W. C. (2009). *Beer a quality perspective*. California, United States: ELSEVIER.
7. BAXTER, D. (2001). *Cerveza: Calidad e higiene y características nutricionales*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
8. Beer Judge Certification Program, I. (2008). *BJCP International Resources*. Recuperado el 2013 de octubre de 10, de [http://www.bjcp.org/intl/TEXTOS\\_BJCP.pdf](http://www.bjcp.org/intl/TEXTOS_BJCP.pdf)
9. *Braukaiser*. (25 de septiembre de 2009). Recuperado el 26 de enero de 2014, de [http://braukaiser.com/wiki/index.php?title=How\\_pH\\_affects\\_brewing](http://braukaiser.com/wiki/index.php?title=How_pH_affects_brewing)
10. Collin, S. (1994). Relationships between the chemical composition and sensory evaluation of lager beers. *Food Quality and preference*, 145-149.
11. Delvaux, V. D. (1997). MULTIVARIATE ANALYSIS OF DESCRIPTIVE SENSORY DATA ON 40 COMMERCIAL BEERS. *Food Quality and preference Vol. 8*, 373-380.
12. españoles, A. d. (2013). *Asociación de cerveceros caseros españoles*. Recuperado el 13 de enero de 2013, de <http://www.cervceros-caseros.org/index.php/foro10/5-ingredientes/22480-cebadas>
13. F. Xavier Castañé. (2002). Control de calidad sensorial en un grupo cervecero multifactoria. *Aplicaciones industriales y control de calidad*, 13.
14. Fasoyiro, D. S. (2005). Chemical Composition and Sensory Quality of Fruit-Flavoured Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) Drinks. *World Journal of Agricultural Sciences* 1 (2), 161-164.

15. Francois, N. (2006). Beer astringency assessed by time–intensity and quantitative descriptive analysis: Influence of pH and accelerated aging. *Food Quality and Preference* 17, 445-452.
16. GARCIA, J. (2002). Aplicaciones industriales y control de calidad. *Escuela Universitaria de Ingeniería Industrial de Terrassa*, 13.
17. Gil, J. (2012). *La cerveza artesanal esta en auge*. Recuperado el 26 de mayo de 2013, de <http://porlacervezalibre.wordpress.com/2012/07/23/la-cerveza-artesanal-esta-en-auge/> 2012
18. Guinard, J.-X. (1999). Quality ratings by experts, and relation with descriptive analysis ratings: a case study with beer. *Food Quality and Preference* 10, 59-67.
19. HOUGH, J. (1990). *Biología de la cerveza y de la malta*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
20. INEGI. (2013). *Sector manufacturero*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas10/Tema11\\_Sector\\_%20Manufacturero.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas10/Tema11_Sector_%20Manufacturero.pdf)
21. Juan José Rodríguez-Bencomo. (2012). Influencia de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad del aroma y en las características sensoriales de la cerveza durante su vida útil. *Cerveza y malta*, 100.
22. Kilcost, D. (2010). *Sensory analysis for food and beverage quality control. A practical guide*. USA: Woodhead Publishing limited.
23. LU, J. (2006). Effects of arabinoxylan solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt. *Food Chemistry* 98, 164-170.
24. LUTZFEN, K. F. (1994). *Homebrew favorites A Coast to coast collection of over 240 Beer and Ale recipes*. United States.: Storey communications, Inc.
25. Maltear. (2009). *Maltear, malteria argentina*. Recuperado el 12 de enero de 2014, de [http://www.maltear.com/cebada\\_tipos.html](http://www.maltear.com/cebada_tipos.html)
26. Meilgaard, M.-t. C. (1993). Individual differences in sensory threshold aroma chemicals added to beer. *Food quality and preference* 4, 153-167.
27. Mohd-Esa, N. (2010). Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. *Food Chemistry* 122, 1055-1060.
28. OFFICE, U. G. (2013). *ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS*. Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de [http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title27/27cfr25\\_main\\_02.tpl](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title27/27cfr25_main_02.tpl)

29. PALMER, J. (2006). *How to Brew: Everything You Need To Know To Brew Beer Right The First Time*. United States: BREWERS PUBN.
30. PEREZ, C. (2008). Evaluación Sensorial de Cerveza. *B.A. Malt S.A.*, 24.
31. Piggot, J. R. (1988). *Sensory analysis of foods* (segunda ed.). United States: Elsevier.
32. PREDDY, V. R. (2009). *Beer in health and disease prevention*. California, United States: Elsevier.
33. Priest, F. G. (2006). *Handbook of brewing* (Segunda ed.). New York: Taylor & Francis Group , CRC Press.
34. PROFECO. (2013). *Comparativo de precios de cerveza*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de [http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2013/bol252\\_comparativo\\_cervezas.asp#\\_top](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2013/bol252_comparativo_cervezas.asp#_top)
35. Saison, D. (2011). Improved Flavor Stability by Aging Beer in the Presence of Yeast. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 69(1), 50-56.
36. SÁNCHEZ, M. L. (2012). El Análisis Sensorial en el sector cervecero: Algunas claves para el éxito. *Cerveza y malta*, 11-16.
37. SERNA, S. (2001). *Química, Almacenamiento e industrialización de los cereales*. Mexico: AGT Editor S.A.
38. Stone, H. (1993). *Sensory Evaluation Practices* (segunda ed.). New York: Academic PRes, Inc.
39. Technology, S. I. (2012). Brewing Microbiology Flavor Production. *World Brewing Academy North American Head Office*, 1-9.
40. Tecnica, I. C. (2012). *Refractómetros*. Recuperado el 2 de junio de 2013, de <http://www.ictsl.net/downloads/refractometros.pdf>
41. Vanbeneden, N. (2008). Release of phenolic flavour precursors during wort production: Influence of process parameters and grist composition on ferulic acid release during brewing. *Food Chemistry* 111, 83-91.

## 6. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Cebada de 2 y 6 hileras respectivamente. Fuente:(españoles, 2013).....	5
Figura 2. Reacciones enzimática durante la maceración. Fuente: (Baxter, 2001) .....	12
Figura 3. Diferentes etapas de la molienda (1.pesado, 2-3. triturado y 4.molienda) .....	28
Figura 4. Maceración de los <i>grits</i> .....	29
Figura 5. Filtración del mosto a) Filtración, b) mosto filtrado, c) bagazo.....	30
Figura 6. Cocción del mosto (adición de lúpulo y flor de jamaica) .....	32
Figura 7. Preparación del matraz para la fermentación del mosto lupulado. ....	34
Figura 8. Preparación del <i>priming</i> (solución de azúcar estandar) .....	35
Figura 9. Botella ámbar para cerveza tipo corona de 355mL. ....	36
Figura 10. Determinación de pH mediante potenciómetro. ....	37
Figura 11. Determinación de almidones no convertidos empleando el método con yodo. 38	
Figura 12. Vaso tipo caña (pinta).....	44
Figura 13. Prueba sensorial descriptiva de las cervezas de jamaica con jueces entrenados.....	45
Figura 14. Evaluación sensorial a consumidor, pruebas hedónicas de las cervezas de jamaica.....	47
Figura 15. Gráfico de radial del perfil sensorial de las 3 formulaciones de cerveza con jamaica (5g/L, 7g/L y 10 g/L) .....	49
Figura 16. Gráfico radial de los defectos ( <i>off flavors</i> ) de las 3 formulaciones de cerveza con jamaica (5g/L, 7g/L y 10 g/L).....	50
Figura 17. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 10g jamaica/L.....	54
Figura 18. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 7g jamaica/L.....	55
Figura 19. Rating de la calidad vs atributos sensoriales para la formulación de 5 g jamaica/L.....	55
Figura 20. Correlación de oportunidad de compra y gusto de la prueba de consumidor de las 3 formulaciones de Jamaica (5,7 y 10g/L) .....	57
Tabla 1. Descriptores y defectos propuestos empleando la terminología de la rueda de sabor de la cerveza.....	42
Tabla 2. Concentración de los compuestos empleados como descriptores y defectos. Fuente:(Meilgaard, 1993) .....	43
Tabla 3. Resultado de los Grados Brix, pH ,IBU's, % vol.alcohol, tiempo en botella de cada formulación de cerveza y % atenuación aparente (5g/L, 7g/L y 10g/L).....	48
Tabla 4. Comparación de Fcalculada y Ftablas de las formulaciones de 7g jamaica/L y 5 g jamaica/L con respecto a 10 g jamaica /L de los descriptores y defectos propuestos. ...	52
Tabla 5. Correlaciones y pendientes de los descriptores para cada formulación de cerveza con jamaica. ....	56
Tabla 6. Comparación de resultados de la prueba de consumidor mediante la diferencia significativa de cada descriptor empleado para cada una de las formulaciones presentadas de cerveza. (7,10 y 5 g/L respectivamente) para 112 consumidores. ....	58

## 7. GLOSARIO

**Ale:** Una cerveza elaborada a partir de una levadura de fermentación de superficie (*S. cerevisae*) con una fermentación corta y a temperatura de 17-25°C.

**Adjuntos:** Cualquier fuente fermentable no enzimático. Los adjuntos incluyen: cereales no malteados como cebada dividida en escamas/hojuelas (copos) o maíz a medio moler, jarabes y azúcares.

**Atenuación:** La reducción de la densidad del mosto cervecero que tiene lugar durante la fermentación al transformarse los azúcares en alcohol.

**Bagazo:** Residuo de la malta molida que queda tras el empastado. El bagazo está constituido principalmente por cascarillas de salvado. Son relativamente ricas en proteínas y se utilizan para la alimentación del ganado bovino.

**Blow-off:** Un tipo de dispositivo *airlock* que consiste en un tubo que sale del fermentador, sumergiéndose en (dentro de) un recipiente con agua, que permite la descarga (liberación) de CO<sub>2</sub> y la eliminación del exceso de material de fermentación.

**Braceado o Mashing:** Proceso por el cual la malta molida se mezcla con agua caliente para extraer los compuestos del cereal, principalmente el almidón. Luego este almidón es transformado en azúcares fermentables por la acción de enzimas.

**Bouquet:** Buqué (galicismo de *bouquet*, “aroma” en castellano) es el aroma que adquiere la cerveza durante su proceso de maduración (fermentación secundaria).

**Cerveza verde (Green beer):** La cerveza recién producida una vez acabada la fermentación primaria y antes del acondicionamiento (maduración).

**Cebada malteada o malta de cebada:** Granos de cebada sometidos a un proceso de malteado donde se hacen germinar los granos de cebada, elevando la humedad del grano con agua hasta 45% de humedad, para luego secarlos rápidamente mediante aire caliente.

**FAN (nitrógeno amino libre):** aminoácidos provenientes de la malta de cebada encontrados en el mosto, del cual tienen un papel de calidad de la malta.

**Flavor:** conjunto de percepciones y estímulos olfato-gustativos, táctiles y quinestéticos que permite a un sujeto identificar un alimento y establecer un criterio, a distintos niveles, de agrado o desagrado.

**Grados Brix (°Bx):** Es el cociente del total de sacarosa o sal disuelta en un líquido, es la concentración de sólidos solubles en una solución por lo que se dice

si 25 °Bx contiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido, significa que en 100 g de solución hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua.

**Grist:** Término que designa a la malta molida antes de ser sometida al proceso de macerado.

**Headscape:** Espacio de aire que queda entre la tapa y el nivel de la cerveza ya envasada.

**Lauter: colar o separar.** El *lautering* actúa para separar al mosto del grano vía filtración.

**Lager:** Una cerveza preparada a partir de una levadura de fermentación de fondo y dando una largo tiempo de fermentación a temperaturas bajas de 4-10°C.

**Mash-tun o caldera de empastado:** el recipiente en el que tiene lugar el empastado o braceado. También puede llamarse recipiente de “transformación o conversión”.

**Mosto cervecero:** Líquido dulce como un jarabe que se obtiene de la extracción e hidrólisis del almidón a partir de la cebada malteada durante el proceso de empastado. Tras la adición del lúpulo durante la cocción, el mosto dulce se transforma en el mosto amargo.

**Pitching (sembrado):** Término usado para referir el agregado de la levadura al fermentador.

**Priming (cebado):** El método de agregar una pequeña cantidad de azúcar fermentable previo al embotellado para dar carbonatación a la cerveza.

**Porter:** Es un tipo de cerveza ale, tiene el aroma del malteado y el amargor del lúpulo. Es generalmente fuerte y oscura. Se elabora preferentemente con aguas de bajo contenido en calcio (blandas).

**Racking:** El cuidadoso sifoneo (vaciado con sifón) de la cerveza lejos del *trub*.

**Stout:** Es el nombre de un estilo de cerveza, tipo ale, muy oscura, originario de las Islas Británicas. Era el nombre utilizado para la cerveza más fuerte (*Stout*), de 7% a 8% de alcohol por volumen, producido por cada cervecería, aunque hoy en día, hay mucha más variedad y pueden ser más dulces o secas, y de 4% a 8% de alcohol por volumen.

**Sommelier:** Es un persona experta en el mundo de alguna bebida en específico y es capaz de reconocer las características, defectos y virtudes de esta bebida.

**Trub o turbios:** Proteínas coaguladas que se separan del mosto tras la cocción. También conocido como turbios calientes o “*hot break*”, el término inglés *trub* deriva de una palabra alemana que significa “break” o ruptura.

**Turbios calientes (Hot break):** Término dado al precipitado de proteínas que se forma en el mosto cocido cuando este se enfría. También denominado turbios.

**Turbios fríos (Cold break):** El precipitado formado cuando el mosto cervecero se enfría a temperatura ambiente, constituido principalmente de proteínas.

**Weizen o Weissbier:** En alemán, «cerveza blanca» o también «cerveza de trigo» es un tipo de cerveza típica de la región de Baviera, en el sur de Alemania. Se caracteriza sobre todo por ser hecha no sólo con malta de cebada sino con una elevada proporción de malta de trigo, que le da una característica tonalidad blanquecina y un ligero sabor a vainilla.

## 8. ANEXOS

### a) Cálculo de IBU

$$A.A/Litro = Plu * \%AA * 1000 / (Lm * 100)$$

Donde:

A.A/Litro=serían los alfa ácidos que le adicionamos a nuestro mosto

Plu= peso del lúpulo en gramos

%AA= porcentaje de alfa ácidos que posee el lúpulo adicionado

Lm =litros de mosto

$$IBU = (A.A/Litro * U * 10) / V$$

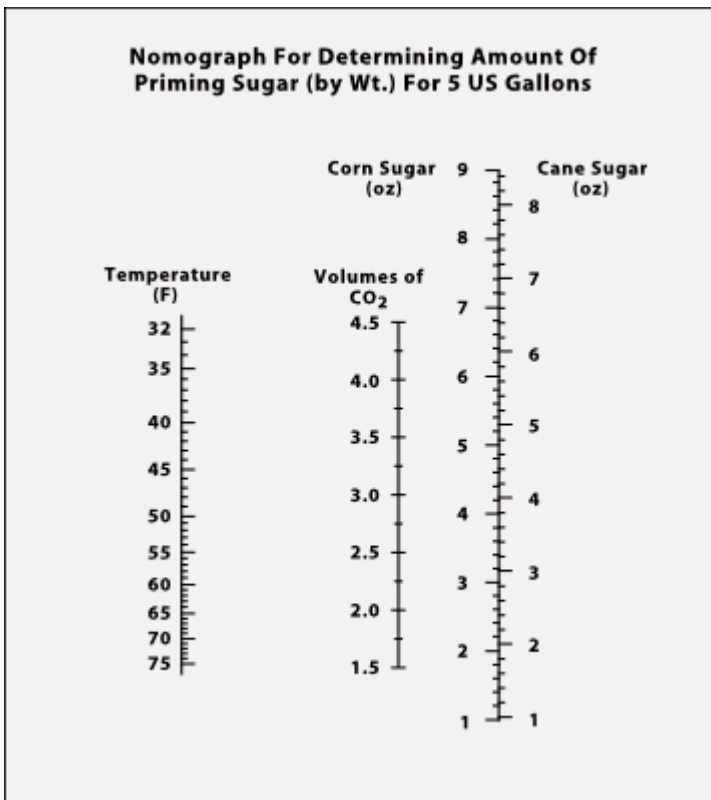
Dónde:

U= utilización ( tiempo y gravedad del hervido)

V= volumen

g.e= densidad liquido/ densidad del agua

### b) Tabla de *priming*



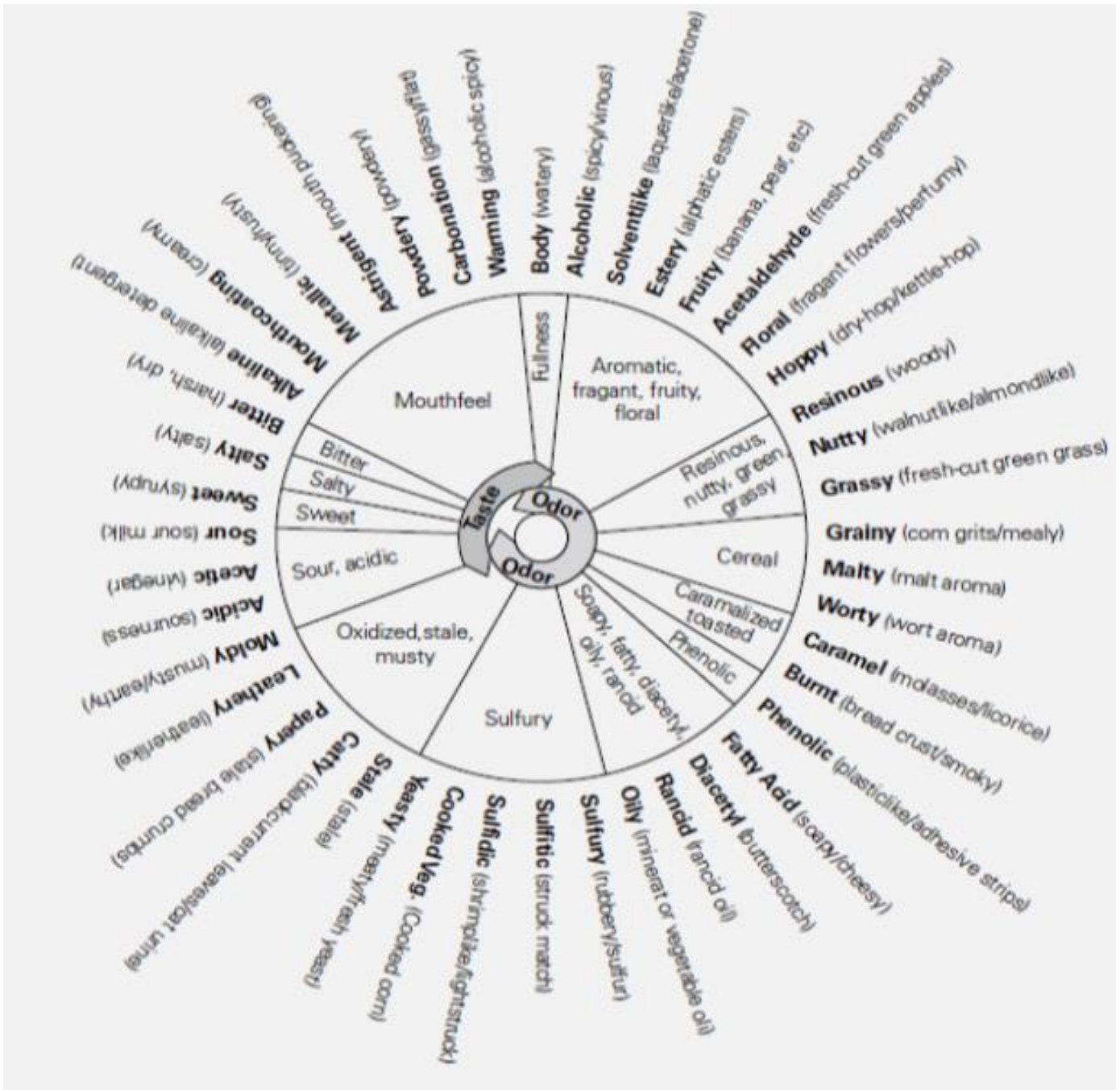
Fuente: Palmer, 2006



## c) Utilización como función de la gravedad específica del hervido y el tiempo.

Gravedad vs. Tiempo	1,030	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100	1,110	1,120
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.055	0.050	0.046	0.042	0.038	0.035	0.032	0.029	0.027	0.025
10	0.100	0.091	0.084	0.076	0.070	0.064	0.058	0.053	0.049	0.045
15	0.137	0.125	0.114	0.105	0.096	0.087	0.080	0.073	0.067	0.061
20	0.167	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098	0.089	0.081	0.074
25	0.192	0.175	0.160	0.147	0.134	0.122	0.112	0.102	0.094	0.085
30	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094
35	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.133	0.122	0.111	0.102
40	0.242	0.221	0.202	0.185	0.169	0.155	0.141	0.129	0.118	0.108
45	0.253	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.123	0.113
50	0.263	0.240	0.219	0.200	0.183	0.168	0.153	0.140	0.128	0.117
55	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132	0.120
60	0.276	0.252	0.231	0.211	0.193	0.176	0.161	0.147	0.135	0.123
70	0.285	0.261	0.238	0.218	0.199	0.182	0.166	0.152	0.139	0.127
80	0.291	0.266	0.243	0.222	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130
90	0.295	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132
100	0.298	0.272	0.249	0.228	0.208	0.190	0.174	0.159	0.145	0.133
110	0.300	0.274	0.251	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.134
120	0.301	0.275	0.252	0.230	0.210	0.192	0.176	0.161	0.147	0.134

d) Rueda de sabores de la cerveza.



Fuente: García, 2002

e) Tablas de Grados Brix , Baumé, Densidad y volumen de alcohol probable. (Siguiete página)

Densidad	Grado Baumé	Grado Brix	Alcohol probable
1000	0		
1001	0.14		
1002	0.28		
1003	0.43		
1004	0.57		
1005	0.71		
1006	0.85		
1007	1.00		
1008	1.14		
1009	1.28		
1010	1.42		
1011	1.56		
1012	1.70	0.20	0.11
1013	1.84	0.47	0.23
1014	1.98	0.73	0.43
1015	2.12	1.10	0.59
1016	2.27	1.26	0.70
1017	2.41	1.53	0.88
1018	2.55	1.80	1.06
1019	2.68	2.06	1.18
1020	2.82	2.33	1.35
1021	2.91	2.59	1.47
1022	3.10	2.86	1.65
1023	3.24	3.13	1.82
1024	3.37	3.39	1.94
1025	3.51	3.66	2.21
1026	3.65	3.92	2.30
1027	3.79	4.19	2.41
1028	3.92	4.46	2.69
1029	4.06	4.72	2.77
1030	4.20	5.00	2.95
1031	4.33	5.27	3.06
1032	4.47	5.54	3.24
1033	4.60	5.80	3.42
1034	4.74	6.07	3.54
1035	4.88	63.3	3.71
1036	5.01	6.6	3.7
1037	5.15	6.9	4.0
1038	5.28	7.2	4.2
1039	5.41	7.4	4.4

1040	5.50	7.6	4.5
1041	5.68	8.0	4.7
1042	5.81	8.2	4.8
1043	5.95	8.4	5.0
1044	6.08	8.7	5.1
1045	6.21	9.0	5.3
1046	6.34	9.2	5.4
1047	6.48	9.5	5.6
1048	6.61	9.8	5.7
1049	6.74	10.0	5.9
1050	6.87	10.3	6.0
1051	7.00	10.6	6.2
1052	7.13	10.8	6.3
1053	7.26	11.1	6.5
1054	7.39	11.4	6.7
1055	7.52	11.6	6.8
1056	7.65	11.9	7.0
1057	7.78	12.2	7.2
1058	7.91	12.4	7.3
1059	8.03	12.7	7.5
1060	8.16	13.0	7.6
1061	8.29	13.2	7.8
1062	8.42	13.5	7.9
1063	8.55	13.8	8.1
1064	8.67	14.0	8.2
1065	8.80	14.3	8.4
1066	8.93	14.6	8.6
1067	9.06	14.8	8.7
1068	9.18	15.1	8.9
1069	9.31	15.4	9.0
1070	9.43	15.6	9.2
1071	9.56	15.9	9.3
1072	9.68	16.2	9.5
1073	9.81	16.4	9.6
1074	9.93	16.7	9.8
1075	10.06	17.0	10.0
1076	10.18	17.2	10.1
1077	10.31	17.5	10.3
1078	10.43	17.8	10.5
1079	10.56	18.0	10.6
1080	10.68	18.3	10.8
1081	10.80	18.6	10.9
1082	10.93	18.8	11.0
1083	11.05	19.1	11.2
1084	11.18	19.4	11.4
1085	11.30	19.6	11.5
1086	11.42	19.9	11.7
1087	11.55	20.2	11.9

Fuente: Instrumentación científica técnica, 2012

f) Ficha técnica de la malta de trigo blanco BRIESS



PRODUCT INFORMATION  
& TYPICAL ANALYSIS

625 S Irish Road • PO Box 229 • Chilton, WI 53014-0229 • Tel: 920,849,7711 • Fax: 920,849,4277 • Toll Free: 800,657,0806  
www.Briess.com

Wheat Malt, White

**TYPICAL ANALYSIS**

Mealy / Half / Glassy .....	98% / 2% / 0%
Plump .....	80%
Thru .....	2%
Moisture .....	4.0%
Extract FG, Dry Basis .....	85.0%
Extract CG, Dry Basis .....	84.0%
Extract FG/CG Difference .....	1.0%
Protein .....	12.0%
S/T .....	44.0
Alpha Amylase .....	48
Diastatic Power (Lintner) .....	160
Color .....	2.5° Lovibond

**ITEM NUMBER**

5317 .....	Whole Kernel, 50-pound bag
5612 .....	Preground, 50-pound bag
Special Order .....	Flour, 50-pound bag

**CERTIFICATION**

Kosher: UMK Pareve

**STORAGE AND SHELF LIFE**

Store in a temperate, low humidity, pest free environment at temperatures of <90 °F. Improperly stored malts are prone to loss of freshness and flavor. Whole kernel diastatic and preground malts are best when used within 6 months from date of manufacture. Whole kernel roasted malts may begin experiencing a slight flavor loss after 18 months.

**FLAVOR & COLOR CONTRIBUTIONS**

- Malt Style: Wheat Malt
- Flavor: Sweet  
Malty  
Wheat  
Mild bread dough
- Color: Contributes light straw color

**CHARACTERISTICS / APPLICATIONS**

- Use as part or all of base malt in wheat beers
- When using more than 50% consider using a filtering aid for efficient lautering
- 5% Improves head and head retention in any beer style
- 10-20% Kolsch
- 30-40% Use with raw wheat or wheat flakes in traditional Belgian Wit
- 50+ Functions as base malt when used alone or with Base Malt in American Wheat Beers

The data listed under typical analysis are subject to the standard analytical deviations. They represent average values, not to be considered as guarantees, expressed or implied, nor as a condition of sale. The product information contained herein is correct, to the best of our knowledge. As the statements are intended only as a source of information, no statement is to be construed as violating any patent or copyright.

Rev: December 16, 2011

## g) Ficha técnica de la levadura Windsor de Lallemand.

**WINDSOR****BRITISH STYLE  
BEER YEAST****SACCHAROMYCES CEREVISIAE****NATURAL  
KOSHER  
GMO FREE****1. Origin**

Windsor British Ale yeast originated in the United Kingdom and is used by a number of commercial breweries to produce different types of ale. The propagation and drying processes have been specifically designed to deliver a high quality beer yeast that can be used simply and reliably to help produce ales of the finest quality. No colours, preservatives or other unnatural substances have been used in its preparation. The yeast is produced in ISO 9002 certified plants.

**2. Microbiological Properties**

- Classified as *Saccharomyces cerevisiae*.
  - A top fermenting yeast.
  - The typical analysis of the active dried strain:
 

Percent solids	93%–95%
Living yeast cells	$\geq 7 \times 10^9$ per gram of dry yeast
Wild yeast	$< 1$ per $10^6$ yeast cells (Lysine method)*
Bacteria	$< 1$ per $10^6$ yeast cells*
  - Finished product is released to the market only after passing a rigorous series of tests.
- \*According to ASBC and EBC methods of analysis.

**3. Brewing Properties**

- Quick start and vigorous fermentation, which can be completed in 3 days above 17°C.
- Moderate attenuation, which will leave a relatively high gravity.
- Fermentation rate, fermentation time and degree of attenuation is dependent on inoculation density, yeast handling, fermentation temperature and the nutritional quality of the wort.
- Non-flocculent strain, but some settling can be promoted by cooling and use of fining agents and isinglass.
- The aroma is estery to both palate and nose, and is usually described as a full-bodied, fruity British ale. Does not display malodours when properly handled. Windsor yeast has found great acceptance in producing strong-tasting bitter beer, stout, weizen and hefe weizen.
- Best used at traditional ale temperatures after rehydration in the recommended manner.

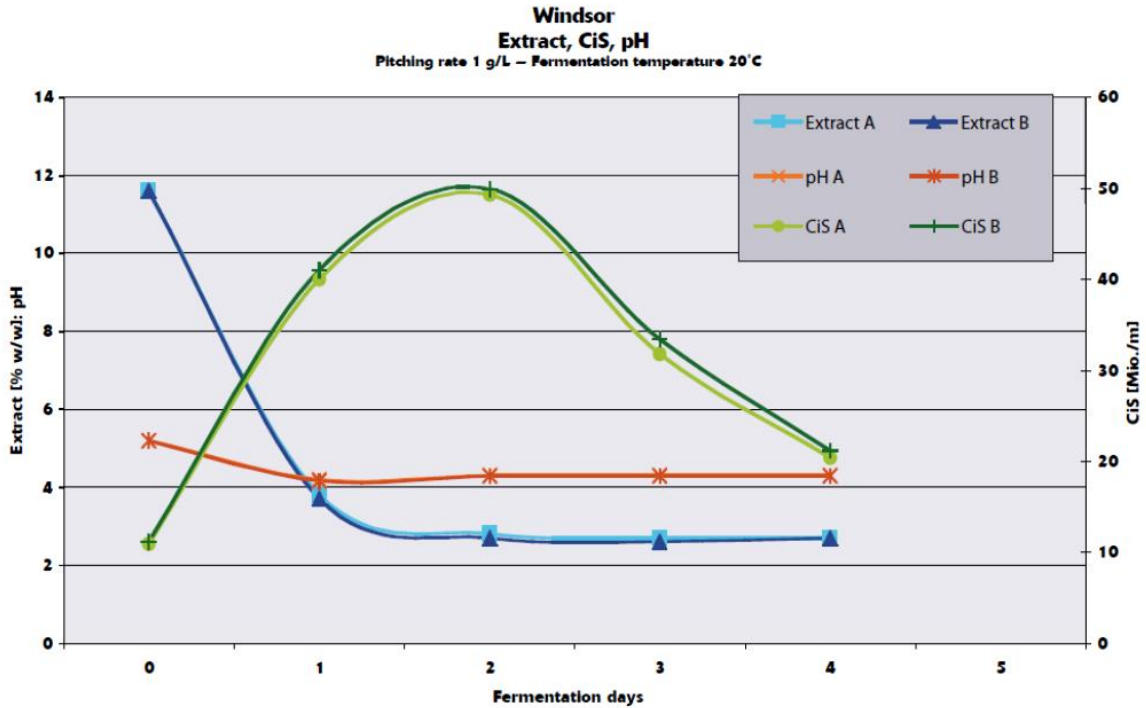
**4. Usage**

- When 100 g active dried yeast is used to inoculate 100 litres of wort, a yeast density of 7–15 million cells per millilitre is achieved. Brewer may experiment with the pitching rate to achieve a desired beer style or to suit processing conditions.
- Sprinkle the yeast on the surface of 10 times its weight of clean, sterilized (boiled) water at 30–35°C. Do not use wort, or distilled or reverse osmosis water, as loss in viability will result. DO NOT STIR. Leave undisturbed for 15 minutes, then stir to suspend the yeast completely, and leave it for 5 more minutes at 30–35°C. Then adjust temperature to that of the wort and inoculate without delay.
- Attemperate in steps at 5-minute intervals of 10°C to the temperature of the wort by mixing aliquots of wort. Do not allow attemperation to be carried out by natural heat loss. This will take too long and could result in loss of viability or vitality.
- Temperature shock, at greater than 10°C, will cause formation of petite mutants leading to long-term or incomplete fermentation and possible formation of undesirable flavours.
- Windsor British Ale yeast has been conditioned to survive rehydration. The yeast contains an adequate reservoir of carbohydrates and unsaturated fatty acids to achieve active growth. It is unnecessary to aerate wort.

**5. Storage**

- All active dried yeast should be stored dry and below 8°C. The packaging should remain intact.
- Activity loss is about 25% per year at 8°C and 50% per year at 22°C in unopened sealed packs.
- Windsor will rapidly lose activity after exposure to air. Do not use 500 g or 10 kg packs that have lost vacuum. Opened packs must be re-closed, stored in dry conditions below 4°C and used within 3 days; 11 g sachets are not vacuum packed, but are flushed with nitrogen gas to protect the yeast.
- Do not use yeast after the expiry date printed on the pack.

MAY 2010



## LALLEMAND NATURAL BREWING YEAST

- SO EASY TO STORE** • Active dried brewing yeast has a shelf life of 2 years when stored below 8°C.
- SO EASY TO USE** • Follow simple rehydration instructions and addition rates.
- SO VERSATILE** • Suitable for many beer types:  
I use the same Lallemmand yeast strain in eight different ales.  
- Douglas Ross, Bridge of Allan Brewery, Scotland
- SO SUCCESSFUL** • I am delighted to endorse Danstar yeast.  
- Graham Trott, Triple FFF Brewery, Alton, England  
Double Gold Medal Winner, 2002 CAMRA Champion Beer of Britain competition
- SO INTERNATIONAL** • Used in hundreds of breweries in Britain, U.S.A., Canada, Japan, South America and worldwide.



Visit our Web site at [www.lallemandbrewing.com](http://www.lallemandbrewing.com)  
 For commercial inquiries, please contact Brent Jordan at [bjordan@lallemand.com](mailto:bjordan@lallemand.com)  
 For technical inquiries, please contact Dr. Tobias Fischborn, Technical Manager at [tfischborn@lallemand.com](mailto:tfischborn@lallemand.com)  
 For North America, please contact Sylvie Van Zandycke at [svanzandycke@lallemand.com](mailto:svanzandycke@lallemand.com)

The information herein is true and accurate to the best of our knowledge, however, this data sheet is not considered as a guarantee expressed or implied, or as a condition of sale of this product.

DISTRIBUTED BY:

