



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA CARBONATADA DE ALGARROBINA

Luis Maticorena-Torres

Piura, diciembre de 2016

Facultad de Ingeniería

Área departamental de Ingeniería Industrial Y De Sistemas

Maticorena, L. (2016). *Elaboración de una bebida carbonatada de algarrobina* (Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.

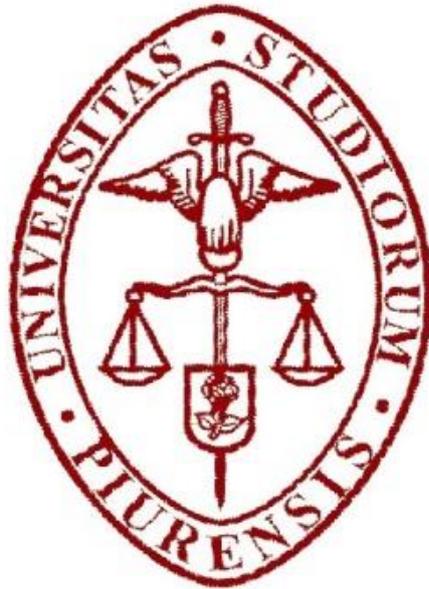


Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA



“Elaboración de una bebida carbonatada de algarrobina”

Tesis para optar por el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Luis Karlo Maticorena Torres

Asesor: Dr. Ing. Gastón Cruz Alcedo

Piura, Diciembre 2016

A Dios.

A mis padres y hermanos.

Prólogo

En Perú, el consumo de bebidas gaseosas es muy elevado, especialmente durante la época de verano. Factores como éstos han llevado a que las empresas introduzcan nuevos sabores al mercado como, por ejemplo, la moradita de Inca Kola (la cual no tuvo éxito) o también sabores de malta como el Maltin Power. Todas estas son apuestas que hacen las empresas para aprovechar este mercado.

Un recurso abundante en la región Piura, y que no es correctamente aprovechado, es la algarroba, de la que se produce la algarrobina, que es el ingrediente del cual se planea, en esta tesis, elaborar una bebida carbonatada. La algarrobina tiene un alto valor nutritivo que hace más atractivo este producto, y con la cual se busca ofrecer una bebida de sabor natural y nutritivo.

Para lanzar al mercado un nuevo producto, se debe tomar en cuenta que este tiene que cumplir con estándares de calidad, exigidos por medio de normas técnicas cuyos requisitos deben ser cumplidos. Además, este producto debe ser aceptado por el cliente; y para eso se realizan estudios que permiten elaborar una bebida que cumpla con lo que el cliente está dispuesto a consumir.

Uno de estos estudios, mayormente usado en la industria de los alimentos, es la evaluación sensorial, que es una herramienta que permite analizar características subjetivas de un producto para obtener resultados objetivos.

Agradezco al Dr. Ing. Gastón Cruz por el asesoramiento brindado en la elaboración de la tesis, así como su apoyo en la definición del tema. Y a la Universidad de Piura, por permitirme el uso de las instalaciones y equipo del Laboratorio de Química, y por la formación brindada durante mi carrera.

Resumen

El objetivo de este trabajo es desarrollar una bebida carbonatada elaborada a base de algarrobina, que conserve el sabor, color y aroma natural característico de la algarrobina; evitando en lo posible el uso de colorantes y saborizantes.

Para el desarrollo de la bebida se revisó bibliografía sobre la tecnología de elaboración de bebidas gasificadas a nivel industrial, a partir de lo cual se emuló un proceso a escala de laboratorio. Este proceso tiene las siguientes operaciones: mezclado, filtración y carbonatación. Para la etapa de carbonatación se tuvo que investigar métodos simples, sin el uso de aparatos específicos para bebidas carbonatadas.

Definido el proceso a emplear, se hicieron ensayos para determinar la formulación de la bebida. Luego, se elaboraron siete muestras, tomando en cuenta los requisitos que exige la Norma Técnica Peruana NTP 214.001 (máximo 5 g/L acidulante; $2,5 < \text{pH} < 4,0$; etc.), para ser analizadas por medio de una prueba sensorial.

Con un panel de diez evaluadores no entrenados, se evaluaron: color, olor, sabor, dulzor, acidez e impresión general.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza, siendo la bebida de mayor y mejor aceptación la muestra M4 (0,2 L algarrobina/L jarabe simple; 0,75 g ácido cítrico/L bebida terminada y 0,2 g benzoato de sodio/L bebida terminada).

Índice general

Introducción	1
Capítulo 1 Marco teórico	3
1.1. Proceso productivo de las bebidas carbonatadas	3
1.1.1. Definición	3
1.1.2. Ingredientes	3
1.1.3. Fabricación	7
1.2. Bebidas carbonatadas con sabor de malta	11
1.3. La algarrobina como ingrediente alimenticio	13
1.4. La tecnología de carbonatación	14
1.5. Evaluación sensorial de los alimentos	19
1.5.1. Definición	19
1.5.2. Los sentidos y propiedades sensoriales	20
1.5.3. Tipos de análisis sensorial	21
Capítulo 2 Experimentación	23
2.1. Materiales e insumos	23
2.2. Equipos e instrumentos	25
2.3. Métodos de carbonatación en laboratorio	26
2.4. Ensayos	28
2.5. Pruebas de control de calidad	38
Capítulo 3 Análisis sensorial	43
3.1. Procedimiento	43

3.2. Condiciones para la evaluación	44
3.3. Prueba sensorial.....	45
Capítulo 4 Análisis de resultados	47
4.1. Resultados fisicoquímicos	47
4.2. Resultados sensoriales	50
4.3. Análisis estadístico	54
4.3.1. Análisis estadístico del atributo color	55
4.3.2. Análisis estadístico del atributo olor.....	56
4.3.3. Análisis estadístico del atributo sabor	57
4.3.4. Análisis estadístico del atributo dulzor	58
4.3.5. Análisis estadístico del atributo acidez.....	59
4.3.6. Análisis estadístico de impresión general.....	59
4.3.7. Análisis estadístico de nota	60
Conclusiones	63
Referencias bibliográficas.....	65
Anexos	69

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas.	8
Figura 2. Burbujas de gas.	11
Figura 3. Logotipo de “Maltin Power”	12
Figura 4. Logotipo de “Maltín Polar”	12
Figura 5. Logotipo de “Supermalt”	12
Figura 6. Fruto de algarrobo (algarroba).	14
Figura 7. Algarrobina.	14
Figura 8. Sistema de carbonatación de batch.	15
Figura 9. Sistema de carbonatación por inyección.	16
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso del equipo MSF 54/2.	17
Figura 11. Carbonatador Mojonnier.	17
Figura 12. Saturación del CO ₂ de la bebida.	18
Figura 13. Maquina Post-mix.	19
Figura 14. Tazas medidoras.	23
Figura 15. Tela “organza”.	24
Figura 16. Estructura química del benzoato de sodio.	24
Figura 17. Estructura química del ácido cítrico.	24
Figura 18. Refractómetro.	25
Figura 19. Regulador de presión.	25
Figura 20. pH metro.	25
Figura 21. Balanza digital.	26
Figura 22. Sistema de carbonatación LCS 710 P.	26
Figura 23. Regulador de presión conectado al tanque y la manguera.	27
Figura 24. Válvula y tapa de botella.	27
Figura 25. Diagrama de flujo del proceso de producción en el laboratorio (parte 1).	29
Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de producción en el laboratorio (parte 2).	30
Figura 27. Jarabe (agua, azúcar y algarrobina).	33
Figura 28. Remanente del jarabe filtrado.	35
Figura 29. Sistema de carbonatación con tanque.	37

Figura 30. Medidor de presión interna.	39
Figura 31. Sistema de desplazamiento de agua.	40
Figura 32. Escala adimensionada lineal (valor máximo en el extremo).	46
Figura 33. Escala adimensionada lineal (valor máximo en el centro).	46
Figura 34. Calificación promedio por cada muestra	51
Figura 35. Calificación promedio por cada muestra	51
Figura 36. Calificación promedio por cada muestra.	52
Figura 37. Calificación promedio por cada muestra.	52
Figura 38. Calificación promedio por cada muestra.	52
Figura 39. Calificación promedio por cada muestra.	53
Figura 40. Calificación promedio por cada muestra.	53

Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades del ácido cítrico	5
Tabla 2. Propiedades del benzoato de sodio	6
Tabla 3. Taxonomía del algarrobo	13
Tabla 4. Composición del fruto de algarrobo	13
Tabla 5. Relación entre las propiedades sensoriales y los sentidos	21
Tabla 6. Composición de muestras de bebida “prueba preliminar 1”	31
Tabla 7. Composición de muestras de bebida “prueba preliminar 2”	31
Tabla 8. Composición de muestras de jarabe “prueba 1”	32
Tabla 9. Grado Brix de muestras de jarabe “prueba 1”	32
Tabla 10. Composición de muestras de bebida “prueba 2”	33
Tabla 11. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 2”	34
Tabla 12. Composición de muestras de jarabe “prueba 3”	34
Tabla 13. Parámetros medidos en jarabes “prueba 3”	34
Tabla 14. Composición de muestras de bebida “prueba 4”	35
Tabla 15. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 4”	35
Tabla 16. Composición de muestras de bebida “prueba 5”	36
Tabla 17. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 5”	36
Tabla 18. Parámetros de carbonatación de la bebida “prueba 6”	37
Tabla 19. Composición de bebidas gaseosas	38
Tabla 20. Constante de Henry para el CO ₂ , según varios autores	41
Tabla 21. Composición de muestras para análisis sensorial	44
Tabla 22. Atributos sensoriales evaluados	45
Tabla 23. Análisis fisicoquímico de la bebida base	47
Tabla 24. Calificación promedio y desviación estándar por muestra y atributo sensorial	50
Tabla 25. Calificación promedio y desviación estándar por muestra	50
Tabla 26. Ranking de muestras por atributo	53
Tabla 27. Tabla ANOVA de un factor	55
Tabla 28. Tabla de calificaciones del parámetro color	56
Tabla 29. Tabla ANOVA del parámetro color	56

Tabla 30. Tabla de calificaciones del parámetro olor.	56
Tabla 31. Tabla ANOVA del parámetro olor.	57
Tabla 32. Tabla de calificaciones del parámetro sabor.	57
Tabla 33. Tabla ANOVA del parámetro sabor.	57
Tabla 34. Tabla de calificaciones del parámetro dulzor.	58
Tabla 35. Tabla ANOVA del parámetro dulzor.	58
Tabla 36. Tabla de calificaciones del parámetro acidez.	59
Tabla 37. Tabla ANOVA del parámetro acidez.	59
Tabla 38. Tabla de calificaciones del parámetro impresión general.	60
Tabla 39. Tabla ANOVA del parámetro impresión general.	60
Tabla 40. Tabla de calificaciones del parámetro nota.	60
Tabla 41. Tabla ANOVA del parámetro nota.	61

Introducción

El clima caluroso de Piura permite que se dé un gran consumo de bebidas refrescantes como las gaseosas, sobretodo en la época de verano cuando alcanzan su mayor índice de ventas. En el año 2014, en Perú, el consumo per cápita de gaseosas fue de 100 litros (Flores, 2015). Es así, que las empresas buscan aprovechar este gran consumo, que se da especialmente en la zona norte del Perú, con la elaboración de una mayor variedad de sabores.

En esta tesis se va a desarrollar la elaboración de una bebida carbonatada de algarrobina, aprovechando que la algarroba es un recurso abundante en la región de Piura. Para hacer posible la fabricación del producto se utiliza un proceso a nivel artesanal.

En el primer capítulo se expone el proceso productivo de las bebidas carbonatadas a nivel industrial, que involucra operaciones de mezclado y carbonatado. Se describen bebidas carbonatadas con sabor de malta, de la algarrobina y de algunos carbonatadores que existen actualmente. Además, se dan conceptos sobre la evaluación sensorial.

En el capítulo dos, se presenta la experimentación llevada a cabo para la obtención de la bebida, cuál ha sido la materia prima y los instrumentos usados para la elaboración; así como el método de carbonatación empleado.

En el tercer capítulo se presenta el análisis sensorial empleado, el procedimiento usado y como se llevó a cabo esta prueba. También, se presenta la hoja de resultados entregada a los evaluadores.

Por último, en el cuarto capítulo se lleva a cabo un análisis de los resultados fisicoquímicos y sensoriales. Además, se realiza un análisis estadístico de los resultados obtenidos en la prueba sensorial.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1. Proceso productivo de las bebidas carbonatadas

1.1.1. Definición

Según la Norma Técnica Peruana - NTP 214.001. (INDECOPI, 2012, p. 2), bebida gasificada jarabeada (bebida carbonatada): “es el producto obtenido por disolución de edulcorantes¹ nutritivos y dióxido de carbono en agua potable tratada, pudiendo estar adicionado de saborizantes naturales y/o artificiales, jugos de frutas, acidulantes, conservadores, emulsionantes² y estabilizantes³, antioxidantes, colorantes, amortiguadores⁴, agentes de enturbiamiento⁵, antiespumantes y espumantes, u otros aditivos alimentarios permitidos por la autoridad sanitaria”.

1.1.2. Ingredientes

Los ingredientes más comunes usados en las diferentes bebidas carbonatadas, son:

- **Agua:** Es el ingrediente principal usado en las bebidas carbonatadas, el cual debe ser de alta pureza. Para poder formar parte de la bebida, previamente debe ser tratada para remover cuatro tipos de contaminantes (material inorgánico, compuestos orgánicos, contaminación microbiológica y partículas) que pueden afectar el sabor, olor o apariencia de la bebida final (Morrow & Quinn, 2007).

¹ Sustancias que endulzan cualquier producto.

² Sustancia que permite mezclar dos sustancias poco miscibles.

³ Sustancia que permite mantener mezclada una disolución.

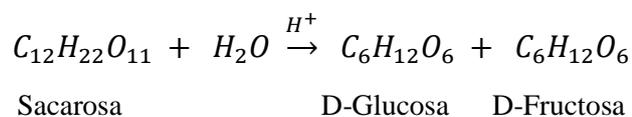
⁴ Sustancia que permite mantener estable el pH de una disolución.

⁵ Es un agente que otorga turbidez a la bebida.

- **Edulcorantes:** Los edulcorantes usados en las bebidas carbonatadas pueden ser o nutritivo o no nutritivo. La calidad del edulcorante es uno de los parámetros más importantes que afecta la calidad de la bebida (Morrow & Quinn, 2007).

Los edulcorantes nutritivos son aquellos que aportan calorías, mientras que los edulcorantes no nutritivos no contienen calorías (García Sarquiz, 2013).

- **Edulcorante nutritivo:** Estos incluyen sacarosa granulada, sacarosa en solución, azúcar invertido, dextrosa y jarabe de maíz de alta fructosa. La sacarosa, obtenida a partir de caña de azúcar o remolacha, en presencia de ácidos y en solución acuosa, se hidroliza a fructosa (levulosa) y dextrosa (glucosa); esta mezcla se llama azúcar invertido (Morrow & Quinn, 2007).



El jarabe de maíz de alta fructosa se deriva de almidón de maíz a través de un proceso que incluye la descomposición del almidón en glucosa, la conversión enzimática de glucosa en fructosa, la separación de los azúcares y mezcla de los azúcares para producir diversas concentraciones de fructosa y glucosa. La elección de edulcorantes depende de la dulzura definitiva deseada y la formulación de la bebida en particular (Morrow & Quinn, 2007).

- **Edulcorantes no nutritivos:** Actualmente, el aspartamo, la sacarina, sacarosa y acesulfamo son los únicos edulcorantes no nutritivos aprobados para su uso en bebidas por la Food and Drug Administration de EEUU. La sacarina era mezclada con sacarosa y usada en gaseosas durante la Primera Guerra Mundial, debido a la escasez de edulcorantes nutritivos, esta es entre 300 y 400 veces más dulce que la sacarosa. El aspartamo es el primer edulcorante no nutritivo usado en las bebidas carbonatadas, y es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa. Algunas fuentes consideran al aspartame como un edulcorante nutritivo. La sucralosa (splenda) es el edulcorante no nutritivo que más se asemeja al sabor de la sacarosa. Y el acesulfamo se asemeja a la sacarina en estructura y perfil de sabor (Morrow & Quinn, 2007).

Por otra parte, la stevia es dulce y apta para diabéticos. Tiene un sabor más lento al comienzo y una duración más larga que la del azúcar, aunque algunos de sus extractos pueden tener un sabor amargo. Su dulzor es hasta 300 veces mayor que el del azúcar (García Sarquiz, 2013).

- **Acidulantes:** Los acidulantes son los que le dan a la bebida un sabor agrio o ácido, ajustan el pH para facilitar la función del benzoato como conservante,

reduce el crecimiento de microorganismos y actúa como un catalizador⁶ para el proceso de inversión hidrolítica en bebidas endulzadas con sacarosa. Los primeros acidulantes de las bebidas carbonatadas son ácido fosfórico y ácido cítrico. Otros acidulantes usados son el ácido ascórbico, tartárico, málico y adípico (Morrow & Quinn, 2007).

- **Ácido fosfórico:** En la industria de bebidas gaseosas es usado casi en su totalidad en bebidas carbonatadas de cola, esto debido a su tipo especial de acidez astringente⁷, que parece mezclarse mejor con la mayoría de bebidas sin fruta.

El ácido fosfórico está disponible comercialmente en concentraciones de 75%, 80% y 85% y es uno de los acidulantes más económicos (Steen & Ashurst, 2006, p. 61).

- **Ácido cítrico:** Este ácido se utiliza en una variedad de bebidas carbonatadas con sabor, incluyendo lima-limón, naranja, otros sabores frutados, algunas cervezas de raíz y colas (Steen & Ashurst, 2006, p. 60).

El ácido cítrico se encuentra en estado cristalino, es de aspecto incoloro e inodoro; produce condiciones de pH bajos, los cuales son desfavorables para el crecimiento de organismos deteriorantes y provee un medio óptimo para la acción antibacterial del benzoato de sodio (conservante). Este ácido se puede obtener hidratado o deshidratado (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Tabla 1. Propiedades del ácido cítrico

Propiedad	A. cítrico anhidro	A. cítrico hidratado
Fórmula	$H_3C_6H_5O_7$	$H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$
Peso molecular	192,12	212,4
Pureza	99,5%	99,5%
Agua	0,1%	0,8%
Densidad (g/cm ³)	1,67	1,54
Punto de fusión	153 °C	-
Solubilidad en agua (g/100 ml H ₂ O)	161,8	208,6

Fuente: Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.).

- **Otros ácidos:** El ácido ascórbico es usado principalmente como un antioxidante y en menor medida como un nutriente agregado a las bebidas. El ácido tartárico y el ácido adípico son usados en menor medida en bebidas con sabor a uva. El ácido málico puede ser usado como alternativa al ácido cítrico en algunas bebidas con sabor a frutas (Morrow & Quinn, 2007).

⁶ Sustancia que acelera el proceso de una reacción química, sin llegar a modificarse.

⁷ Que produce una sensación mixta entre la sequedad intensa y el amargor.

- **Conservantes:** Es cualquier sustancia capaz de inhibir, retardar o detener el crecimiento de microorganismos o de enmascarar la evidencia de tal deterioro (Steen & Ashurst, 2006, p. 75).

La NTP 214.001. (INDECOPI, 2012, p. 7) autoriza el uso de sorbato y/o benzoato en una proporción no mayor del 0,1% en masa.

Los conservantes más comunes utilizados en las bebidas carbonatadas son:

- **Sorbato de potasio:** Los conservantes son eficaces a valores de pH bajo; sin embargo, el sorbato de potasio es un inhibidor microbiano eficaz en rangos de pH tan altos como 6,0 a 6,5 (Steen & Ashurst, 2006, p. 79).
- **Benzoato de sodio:** Es un polvo cristalino, blanco, de sabor dulce y astringente que impide el crecimiento de microorganismos. Pero si el medio donde se adiciona está demasiado contaminado, su acción llega a ser nula. Es efectivo en condiciones de pH alrededor de 4,5 (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Tabla 2. Propiedades del benzoato de sodio

Propiedad	Benzoato de sodio
Formula	$C_7H_5NaO_2$
Peso molecular	114,11
Pureza	99,5%
Solubilidad en agua (g/100ml H ₂ O)	62

Fuente: Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.).
Elaboración propia.

- **Dióxido de carbono:** El dióxido de carbono (CO₂) ofrece a la bebida un sabor picante, ácido y espumoso. También actúa como conservante contra la levadura, el moho y las bacterias. Este debe ser de calidad alimentaria y libre de impurezas que pueden afectar el sabor o el olor del producto final.

La unidad de medida del CO₂ disuelto es volúmenes del gas corregidos a la temperatura y presión normal (T = 0 °C y P = 101,325 kPa), por volúmenes de líquido. Conocido como volúmenes de CO₂ (Morrow & Quinn, 2007).

La solubilidad del CO₂ en el agua varía en función de la temperatura del agua y la presión del gas. Asimismo, se ve disminuida con el aumento de la temperatura y aumenta con el aumento de la presión (Steen & Ashurst, 2006, p. 58).

La NTP 214.001. (INDECOPI, 2012, p. 9), establece que las bebidas gasificadas deben tener una cantidad de CO₂ no menor de 1,5 volúmenes ni mayor de 5 volúmenes de CO₂.

- **Saborizantes:** Según la NTP 214.001. (INDECOPI, 2012, p. 3), el saborizante es un producto que agregado a los alimentos y bebidas le proporcionan o intensifican y/o modifican el sabor y/o aroma.
 - **Saborizante natural:** Producto que contiene sustancias saborizantes naturales (producto con sabor y olor característicos de las cortezas, flores, frutos, rizomas, hojas o semillas de vegetales de la cual son obtenidos), adicionados o no de emulsionantes, enturbiantes, colorantes u otros aditivos alimentarios (INDECOPI, 1985).
 - **Saborizante artificial:** Producto que contiene sustancias saborizantes artificiales (producto obtenido sintéticamente de sustancias orgánicas o inorgánicas que tienen su sabor y olor característicos), adicionados o no de emulsionantes, acidulantes, colorantes u otros aditivos alimentarios (INDECOPI, 1985).
- **Colorantes:** Proporcionan un medio para presentar correctamente una bebida al consumidor. Tanto la calidad como la cantidad de colores son de importancia, puesto que ciertos colores traerán a la memoria del consumidor un sabor en particular. Esto permitirá que el consumidor tenga una mejor apreciación de la bebida (Steen & Ashurst, 2006, p. 73).

1.1.3. Fabricación

El proceso de fabricación de las bebidas carbonatas consiste básicamente en las siguientes operaciones:

- **Tratamiento del agua:** Este tratamiento permite emplear para fines productivos fuentes hídricas que de otra manera no podrían usarse. Es posible efectuar el tratamiento en aguas primarias, en aguas de red y en aguas brutas. Integrando el tratamiento junto con la producción, se puede ahorrar en los costos de gestión de las instalaciones (A DUE, s.f.).

El proceso de tratamiento del agua empleado en la industria de las bebidas gaseosas varía, pero puede incluir:

- **Tratamiento químico:** El tratamiento incluye cloración para la desinfección y oxidación de algunas impurezas en el agua. Luego, pasa por un proceso de ablandamiento con el uso de cal para reducir su alcalinidad mediante la remoción de magnesio y bicarbonato de calcio. Los productos de reacción que se forman se eliminan por coagulación. Luego, los coagulantes, sulfato ferroso o sulfato de aluminio, reaccionan con los hidróxidos de calcio o magnesio para formar precipitados, estos se sedimentan y son eliminados del fondo del tanque de reacción. Cualquier precipitado residual es removido pasando el agua a través de un filtro de arena. La adsorción⁸ de carbón activado es usado para

⁸ Proceso mediante el cual átomos, iones o moléculas se adhieren a la superficie de un material.

eliminar el cloro y cualquier otro compuesto orgánico, reduciendo así la posibilidad de indeseables olores o sabores (Morrow & Quinn, 2007).

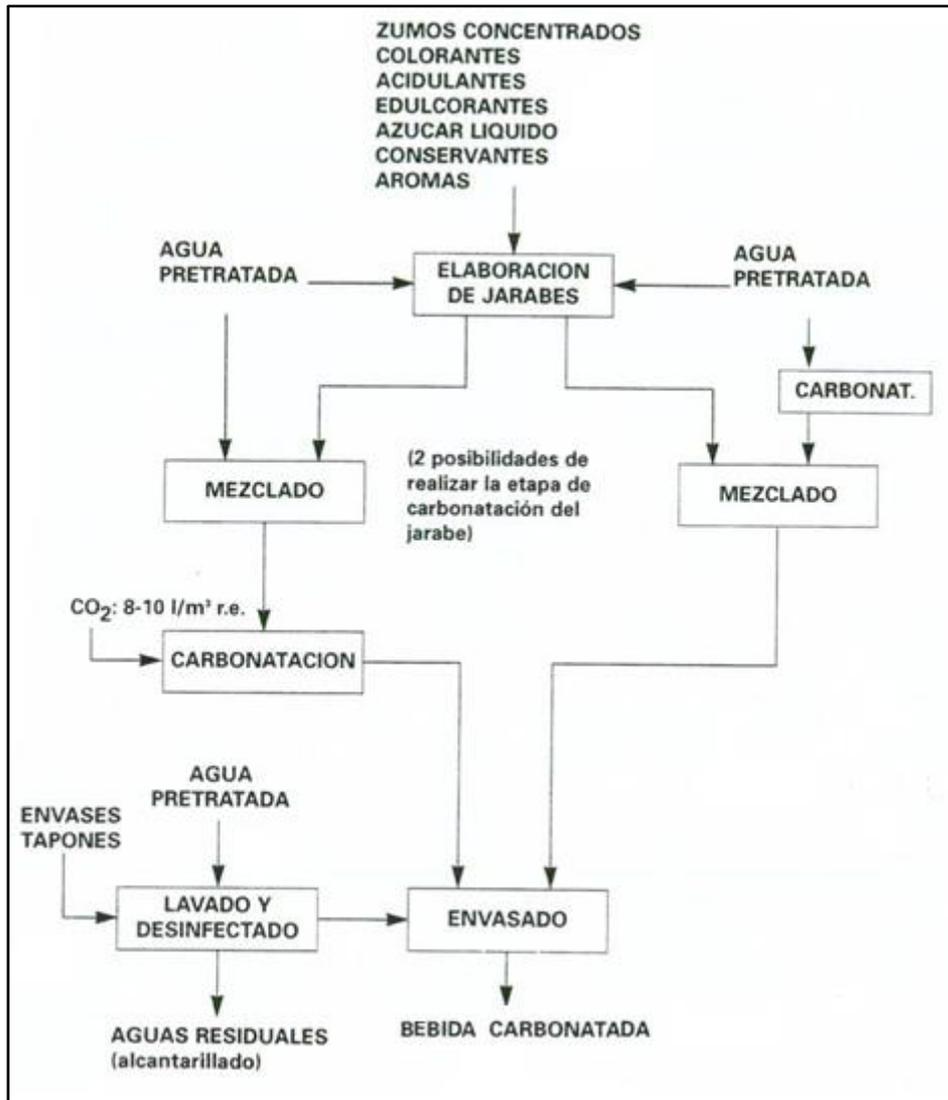


Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas.

Fuente: Haskoning S.A. & Consejería del Medio Ambiente, (s.f.).

- **Osmosis inversa:** En este proceso el agua es bombeada a altas presiones a través de una membrana semipermeable, en donde partículas y contaminantes microbiológicos son retenidos por el tamaño de los poros de la membrana. Los iones disueltos y materia orgánica son retenidos debido a que se ven afectados por la carga en la membrana (Morrow & Quinn, 2007).
- **Ultrafiltración:** Este proceso remueve macromoléculas, microorganismos, partículas y pirógenos⁹ usando una membrana delgada selectivamente permeable (Morrow & Quinn, 2007).

⁹ Cualquier agente que produce fiebre.

- **Intercambio iónico:** Se utiliza para eliminar sales inorgánicas del agua. El proceso emplea intercambiadores de iones, que pueden ser intercambiadores de cationes, aniones o mixtos (catión y anión). Un intercambiador catiónico reemplaza cationes como el calcio, sodio, magnesio o potasio con iones de hidrógeno. El intercambiador aniónico reemplaza aniones como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros, con iones de hidróxido (Morrow & Quinn, 2007).

➤ **Elaboración del jarabe:** Primero se elabora el llamado “jarabe simple”, el cual consiste en la mezcla de azúcar con el agua tratada.

Este proceso se efectúa en tanques de acero inoxidable (proceso tipo batch). El tanque se llena con agua y se lleva hasta una temperatura entre 80 a 90 °C, una vez alcanzada dicha temperatura se adiciona el azúcar. Este jarabe se logra poniendo en marcha el agitador del tanque y agregando lentamente la cantidad de azúcar requerida para lograr la concentración deseada, que generalmente es entre 45 y 65 °Brix (°Bx), pero depende de lo que indica la formulación de la bebida (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Luego, el jarabe simple pasa por un proceso de pasteurización y filtración, con el fin de eliminar cualquier impureza o contaminación microbiológica.

- **Pasteurización:** Es un tratamiento térmico específico que impide que se den procesos de deterioro causados por enzimas y microorganismos patógenos, preservando las características físico-químicas y organolépticas del producto (A DUE, s.f.).
- **Filtración:** Es un proceso mediante el cual, se separa un sólido del fluido en el cual se transporta. Esto se logra pasando el fluido a través de una membrana porosa. La membrana atrapa los sólidos y deja pasar el fluido, que puede ser líquido o gas (Foust *et al.* 2006, p. 654).

Para llevar a cabo este proceso de eliminar impurezas, se utilizan una serie de filtros, como:

- **Filtro de tierras de diatomeas:** Sistema usado para la filtración de soluciones azucaradas que tienen sólidos en suspensión. Se trabaja con soluciones de hasta 65 °Bx y temperaturas de hasta 85 °C (A DUE, s.f.).
- **Filtro de malla:** Este filtro tiene la finalidad de retirar sólidos de gran tamaño. El filtro consiste básicamente una malla metálica, de unos 20 mesh (0,85 mm), en el cual se separan los sólidos (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).
- **Filtro prensa:** Puede ser de placas horizontales o verticales, la capa filtrante generalmente es tela o papel filtro. El filtro, cuenta con dos manómetros que evalúan la caída de presión que se genera por la formación de precapas, las

cuales generan taponamiento y disminuyen la velocidad con la que se mueve la mezcla (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

- **Elaboración del jarabe terminado:** Una vez obtenido el jarabe simple y luego de filtrarlo, se procede a mezclar el resto de ingredientes según la fórmula; es decir, el colorante, las esencias, saborizantes, acidulantes, etc. A este jarabe final se le denomina jarabe terminado (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).
- **Carbonatación:** En este proceso el jarabe terminado se mezcla con agua tratada, hasta que la bebida tenga los grados Brix que indica en la fórmula. Luego, la bebida pasa al carbonatador en donde se enfría para luego ser mezclada con CO₂, esto se hace con el fin de aumentar la capacidad de la bebida para absorber el gas.

El proceso de carbonatación consiste básicamente en inyectar CO₂ en la bebida terminada. Para ello, se toma en consideración el efecto de la temperatura del líquido y de la presión de gas. Como se sabe, un líquido frío absorbe mayor cantidad de CO₂ que uno caliente; además, se satura a menor presión y es más estable, por lo que disminuye las fugas de gas y formación de espuma en el llenado. La carbonatación obtenida depende de los siguientes factores (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.):

- Tiempo de contacto.
- Temperatura del líquido.
- Presión del gas.
- Composición del líquido.
- Cantidad de aire en el sistema.

Aspectos básicos a considerar en una bebida carbonatada: En la figura 2 se observan burbujas flotando en la superficie de la bebida, esto es debido a una disminución de presión en la bebida. Si consideramos una mezcla líquido gas en un envase cerrado, se dice que existe estado de equilibrio cuando la velocidad de salida del gas de la solución es igual a la que entra. Si se toma el envase y se agita, se pierde ese equilibrio; sin embargo, luego de un corto lapso de tiempo se vuelve a alcanzar esa condición de equilibrio. Si la tapa se abre y se repite el mismo procedimiento anterior, se observará que antes de agitar, la botella es flexible pero después se hace dura. En este proceso el gas sale de la solución para alcanzar la condición de equilibrio, ocupando el espacio de cabeza¹⁰ y ejerciendo una presión en el envase. Si existe una disminución de presión, o aumento de temperatura, hará que la mezcla se vuelva sobresaturada, tal que la combinación de temperatura y presión es insuficiente para mantener parte del CO₂ en la solución. Por lo tanto, para un volumen dado, la cantidad de CO₂ que una solución puede mantener dependerá de ambos factores. A mayor

¹⁰ Volumen no ocupado en un envase.

temperatura, mayor la presión necesaria para mantener el CO₂ disuelto (Steen & Ashurst, 2006, p. 124).



Figura 2. Burbujas de gas.
Fuente: Steen & Ashurst (2006).

La unidad de medida del CO₂ disuelto es “volúmenes de CO₂”, que es volúmenes de gas corregidos a la temperatura y presión normal ($T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $P = 1\text{ atm}$) por el volumen del líquido. Recientemente, se ha expresado como gramos por litro (1 L de CO₂ en condiciones normales pesa 1,97 g) (Steen & Ashurst, 2006, p. 58).

- **Envasado:** Una vez carbonatada la bebida, pasa a la llenadora, que es el equipo que recibe el envase lavado y estéril. Luego, al salir las botellas, se encuentran con la coronadora o encapsuladora que se encarga de tapar el producto. Este proceso es muy importante, ya que un mal tapado puede causar fugas; y por otro lado, puede haber rotura del pico de una botella de vidrio si es que se encuentra muy apretado.

Aspectos que se deben tomar en cuenta (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.):

- Características de las botellas en cuanto a su altura y anillo de coronado.
- Características de las tapas en cuanto a dureza y flexibilidad.
- Tipo de coronado a utilizar.

Para el llenado de envases retornables, estas deben ser lavadas exhaustivamente a fin de asegurar una correcta desinfección. El lavado se lleva a cabo en máquinas de dos o tres fases de inmersión en solución de soda cáustica y dos o tres fases de enjuague.

Para el caso de envases no retornables, el proceso de lavado es más simple y consiste en una serie de boquillas que inyectan agua al interior de la botella (Blog movimiento de energía, 2011).

1.2. Bebidas carbonatadas con sabor de malta

Dentro de las bebidas de malta que se encuentran en el mercado, tenemos las cervezas de malta (con alcohol) y bebidas gasificadas con sabor a malta (sin

alcohol). A continuación, se va a hablar de algunas de las bebidas de malta sin alcohol que hay en el mercado:

- **Maltin Power:** Es una bebida de la corporación “Backus”, empresa peruana creada en 1876 y que saca al mercado peruano la gaseosa “Maltin Power” a partir de octubre de 2008. Esta bebida está hecha a base de malta que contiene vitaminas B1, B2 y B3; es ligeramente gasificada, no contiene alcohol, ni cafeína. Viene en presentaciones de 1,5 L, 330 ml y 200 ml, en el caso de botellas de plástico; y en presentaciones de 473 ml y 269 ml, para el caso de latas de aluminio (Backus, s.f.).



Figura 3. Logotipo de “Maltin Power”

Fuente: Backus (s.f.).

- **Maltin Polar:** Es una bebida gasificada de malta cuya marca pertenece a la división “Cervecería Polar” de “Empresas Polar”, empresa venezolana con 75 años de creación. En 1951 sale al mercado la bebida “Maltin Polar” bajo el nombre de “Malta Polar”. Sus presentaciones son: botellas retornables de 222 ml y 250 ml, lata de 295 ml, botella de plástico de 1,5 L y en botella no retornable de 250 ml (Empresa Polar, s.f.).



Figura 4. Logotipo de “Maltin Polar”

Fuente: Empresa Polar (s.f.).

- **Supermalt:** Marca de bebida de malta producida en Dinamarca por Royal Unibrew A/S, compañía que cuenta con más de 140 años en este tipo de bebidas de malta. Supermalt es una bebida de malta sin alcohol y sin cafeína. Dentro de las diferentes variaciones que tiene la empresa, están “Vitamalt”, “Powermalt” y “Supermalt”. Se puede adquirir en botellas de vidrio, cajas o latas (Wikipedia, 2015).



Figura 5. Logotipo de “Supermalt”

Fuente: Supermalt UK Ltd. (s.f.).

Además de estas tres bebidas, existe una gran variedad de marcas de bebidas con sabor de malta y sin alcohol alrededor del mundo, como por ejemplo: “Malta Goya” de Estados Unidos, “Ultimalt” de Reino Unido, “Malta Andina” de Ecuador, etc.

1.3. La algarrobina como ingrediente alimenticio

El algarrobo (ver tabla 3), *Prosopis pallida*, es un árbol que crece silvestre en regiones áridas y semiáridas a nivel mundial. Sus principales características son su resistencia a climas y suelos en condiciones extremas, su tolerancia a altas temperaturas y escasez de lluvias. El fruto de algarrobo es una vaina con altos niveles de azúcar, fibra y proteína. El peso promedio de la vaina de algarrobo es de 12 g, de los cuales más del 90% está constituido por la pulpa; sus semillas son pequeñas y numerosas, alrededor de 25 semillas por vaina (Bravo, Grados, & Saura-Calixto, 1998).

Tabla 3. Taxonomía del algarrobo

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Mimosoideae
Tribu	Mimoseae
Genero	Prosopis
Especie	Prosopis pallida

Fuente: Wikipedia (2015).

La vaina de algarrobo tiene la siguiente composición:

Tabla 4. Composición del fruto de algarrobo

Elemento	Composición (g/kg)
Fibra insoluble	231,4 ± 0,55
Fibra soluble	25,7 ± 0,5
Total fibra	257,1 ± 0,51
Azúcares solubles	539,5 ± 0,43
Almidón	8,4 ± 0,19
Polifenoles solubles	12,4 ± 0,4
Catequina	1,8 ± 0,2
Tanino condensado	2,6 ± 0,1
Proteína	40,1 ± 0,8
Grasa	7,1 ± 0,3
Ceniza	36,7 ± 0,1
Humedad	56,3 ± 1,7

Fuente: Bravo, Grados, & Saura-Calixto (1998).



Figura 6. Fruto de algarrobo (algarroba).
Fuente: Universidad de Piura (2013).

“La algarrobina es un extracto acuoso concentrado de los azúcares de la algarroba, de 75 a 78 °Brix, de color marrón oscuro y brillante” (Grados *et al.* 2000). La NTP 209.600 (INDECOPI, 2002), menciona que la algarrobina puede ser de dos tipos: algarrobina pura y algarrobina dulce.



Figura 7. Algarrobina.
Fuente: Asprabos (s.f.).

El proceso para la producción de algarrobina involucra las siguientes operaciones unitarias: selección, lavado, troceado, extracción de azúcares, concentración y envasado. Este proceso tiene un rendimiento, respecto a materia prima, de 34% (Grados *et al.* 2000).

Este producto puede ser utilizado como edulcorante y saborizante de postres, jugos, yogures, helados, etc. Y, esto no solo por su agradable sabor, sino que también es una excelente fuente de nutrientes de origen natural y con características curativas que le atribuye la tradición popular (Grados *et al.* 2000).

1.4. La tecnología de carbonatación

Los carbonatadores generalmente no producen una bebida completamente saturada. La saturación completa de una bebida es difícil de lograr y además no es deseada. Pues, si se obtiene una bebida completamente saturada, cualquier variación en la presión ocasionaría que se vuelva sobresaturada (García Valdés, 2003).

Un carbonatador generalmente produce una bebida carbonatada a un 90% de saturación. Esto se puede ver reducido a un 70% de saturación, si la bebida contiene gran cantidad de aire o sedimentos (García Valdés, 2003).

Existen en la industria básicamente dos tipos de carbonatadores, los cuales se diferencian en cómo se realiza la mezcla del agua con el jarabe terminado:

- **Carbonatadores de batch:** En este tipo de carbonatadores el agua y el jarabe terminado se encuentran en tanques diferentes, y existe un tercer tanque en el cual se mezclan (operación batch) gracias al trabajo ejercido por una bomba de succión, la que los obliga a recircular y luego a atravesar un intercambiador de calor. Por último, la mezcla a una temperatura entre 7 y 9 °C pasa al tanque de carbonatado, donde se mezcla con CO₂. La figura 8 muestra cómo se lleva a cabo este proceso (García Valdés, 2003).

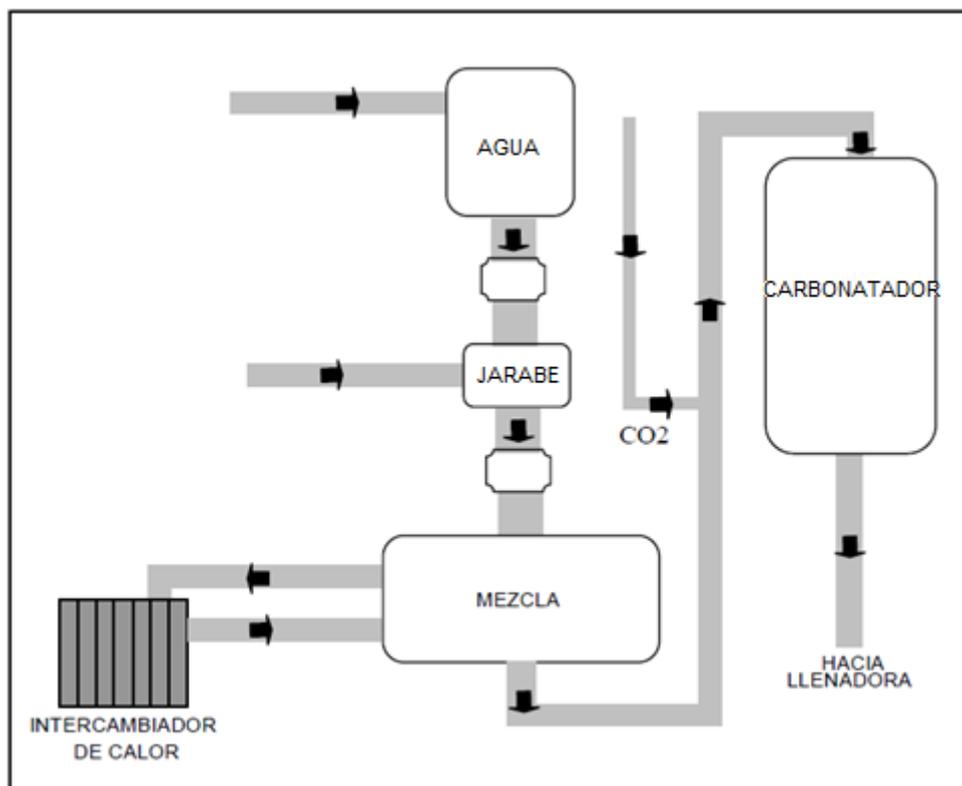


Figura 8. Sistema de carbonatación de batch.

Fuente: García Valdés (2003).

- **Carbonatadores por inyección:** En este sistema el agua y el jarabe terminado también se encuentran en tanques separados, pero la mezcla se da al inyectar el jarabe en la corriente de agua, que es trasladada a través del intercambiador de calor hasta llegar al tanque de carbonatado. Llega al tanque de carbonatado ya mezclado y enfriado, entre 7 y 9 °C, en donde adquiere la gasificación. En la figura 9 se esquematiza este proceso.

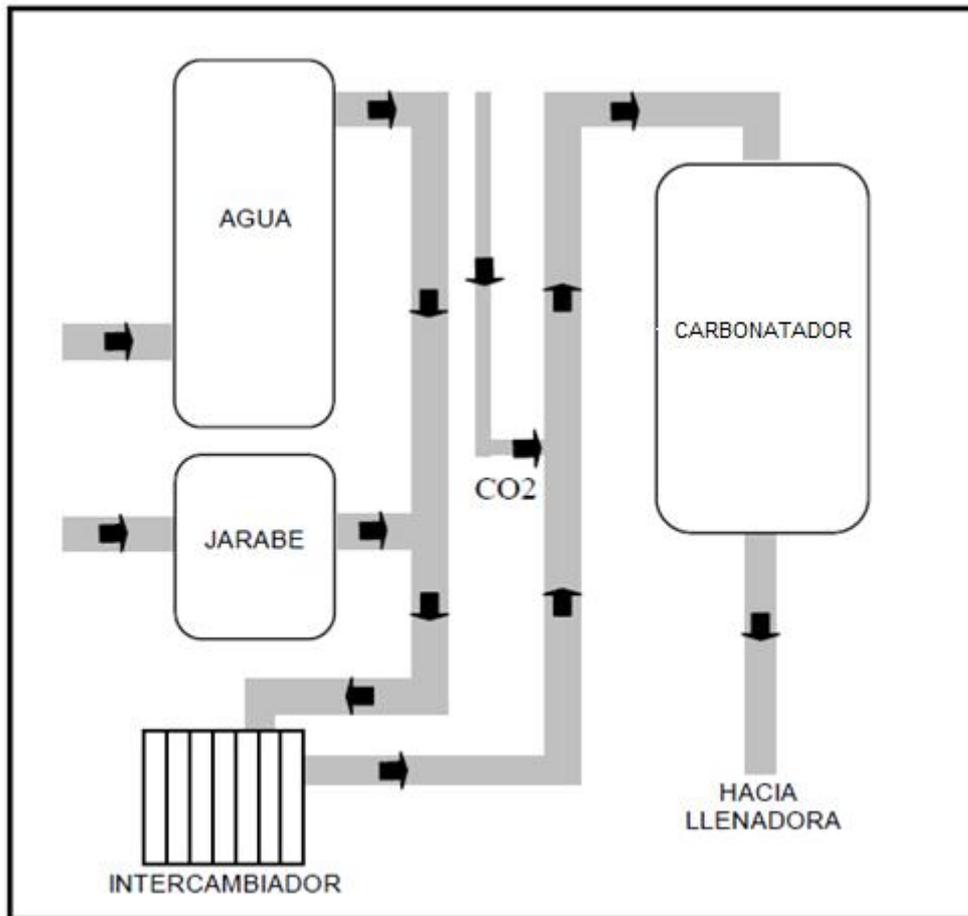


Figura 9. Sistema de carbonatación por inyección.

Fuente: García Valdés (2003).

A continuación, se va a hablar de algunos equipos carbonatadores que existen en el mercado y se describirá cómo funcionan:

- **Carbonatador MSF 54/2:** Con una capacidad de 10 000 a 18 000 L/h. Este equipo cuenta con un tanque de desaireación por el que pasa el agua y que funciona por medio de una bomba de vacío. Para la mezcla se inyecta el jarabe dentro de una corriente de agua desaireada; esta mezcla se controla bajo un principio de relación de masa a masa (x partes de jarabe / y partes de agua). La mezcla es bombeada gracias a una bomba de carbonatación, a través de un intercambiador de calor, que enfría el producto hasta $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luego, el CO_2 se mezcla dentro de la corriente del producto, a través del conjunto carbonatador, que está equipado con un elemento sinterizado de acero inoxidable de dos micrones por el que pasa el producto y el CO_2 , por lo que la mezcla contiene burbujas de CO_2 de tamaño micrónico. Por último, hay un mezclador que se efectúa en un mezclador estático de CO_2 , para luego pasar al tanque de estabilización, en donde se tiene una presión adecuada hasta ser enviada a la llenadora (García Valdés, 2003, p. 13).

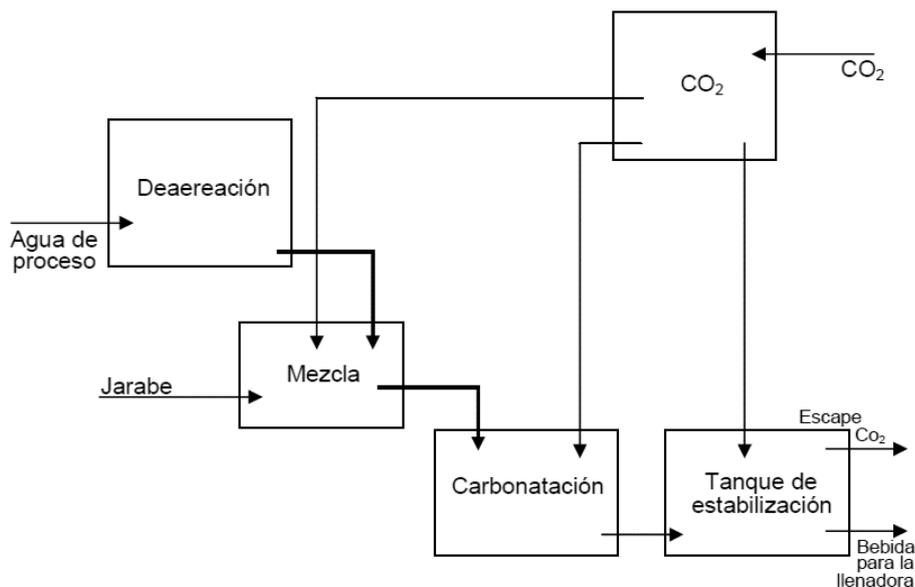


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso del equipo MSF 54/2.

Fuente: García Valdés (2003).

- **Carbonatador Mojonnier:** Es un equipo que consta de un preenfriador de agua, desaierador y carbonatador. El agua entra al preenfriador, donde se distribuye en placas verticales y pierde gran parte del aire disuelto. Luego, pasa al proporcionador en donde se mezcla con el jarabe, para que al final pase al carbonatador donde adquiere la temperatura requerida y se carbonata (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

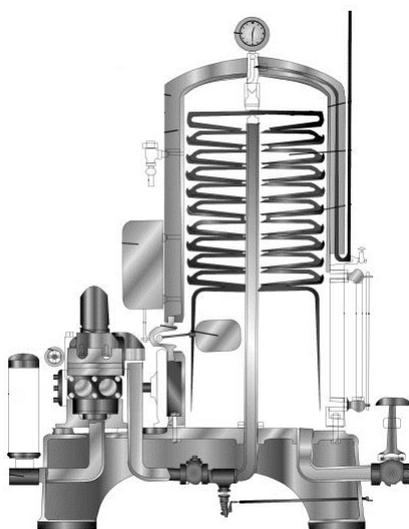


Figura 11. Carbonatador Mojonnier.

Fuente: Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.).

- **Saturador:** Este sistema cuenta con una bomba monotornillo para el suministro del agua al saturador y de un sistema de preinyección del CO₂ en línea. Además, está provisto de un regulador automático y registrador de CO₂, con funcionamiento electroneumático para la regulación de la presión del CO₂ en la

columna de saturación en función de la temperatura del producto al entrar al saturador.

El aporte de anhídrido carbónico se realiza a temperatura entre 2 y 4 °C, y a una presión de 6 bares. El contenido de CO₂ en la bebida varía entre 4 y 8 g/l. Asimismo, tiene una capacidad de 2 000 L/h a 10 000 L/h (A DUE, s.f.).

- **Ventmix:** Cuenta con una capacidad de 5 000 a 40 000 L/h y tiene una precisión en la dosificación del CO₂ de $\pm 0,1$ volúmenes. El equipo cuenta con una válvula de interceptación, la cual envía el líquido a la columna de desaireación/saturación hecha de acero inoxidable. También, cuenta con un grupo de inyección y dosificación del anhídrido carbónico, que produce una nebulización del CO₂ y permite una solubilidad del gas en el líquido más rápida, eficaz y uniforme del CO₂ (A DUE, s.f.).
- **Sistema de carbonatación GEA Diessel:** Es un sistema que ha sido diseñado para tener una alta precisión en la carbonatación de bebidas. Además del tanque de presión, el saturador, que funciona según el principio Venturi, es un componente esencial del sistema. Y gracias a una bomba de refuerzo, la bebida premezclada es enviada al saturador. La buena distribución del CO₂ en la bebida asegura una saturación rápida y logra una buena cantidad de espuma.

El CO₂ se suministra directamente desde el tanque de presión. Hay una sobrepresión constante que garantiza una operación continua sin pérdida de CO₂ (GEA Diessel GmbH, 2013).

Se puede tomar en cuenta la figura 12 para determinar los valores de presión y temperatura a emplear durante la carbonatación en este sistema.

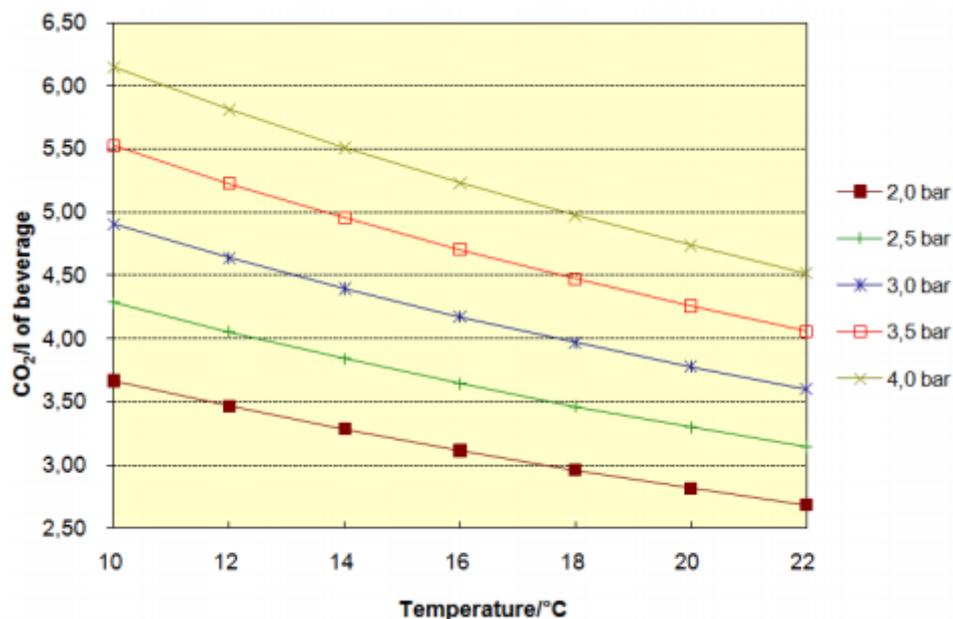


Figura 12. Saturación del CO₂ de la bebida.

Fuente: (GEA Diessel GmbH, 2013).

- **FT102X:** Este equipo consiste en un sistema de carbonatación combinado con un sistema de llenado. Se usa principalmente en laboratorios y permite preparar cantidades pequeñas de bebida reproduciendo lo que se haría a escala industrial.

La carbonatación se lleva a cabo mediante una bomba de recirculación, que hace circular al producto de un recipiente de 30 L a través del sistema de intercambio de calor y un tubo sinterizado, en el que se introduce el CO₂. La presión del recipiente de carbonatación es controlada mediante una unidad PLC¹¹.

Una vez carbonatada, la bebida pasa al cabezal de llenado a través de un intercambiador de calor largo, que enfría más la bebida con el fin de impedir la salida de CO₂. Se puede usar latas, botellas de plástico o de vidrio (Armfield, s.f.).

- **Post-mix:** Es usado para facilitar el dispensado de bebidas en restaurantes, bares y comedores industriales. El sistema consiste en un dispensador en el que se realiza la mezcla del jarabe saborizado y concentrado, el cual es proporcionado en tanques retornables o en recipientes de bolsa, con agua enfriada y purificada y CO₂ proveniente de un tanque de gas. La bebida mezclada y carbonatada se dispensa por medio de una pistola o de las válvulas del dispensador (Servibev, s.f.).



Figura 13. Maquina Post-mix.
Fuente: The CHI Company (s.f.).

1.5. Evaluación sensorial de los alimentos

1.5.1. Definición

La evaluación sensorial es una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos, y que son percibidas por los cinco sentidos: la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999).

¹¹ Control lógico programable, es una computadora usada para automatizar procesos electromecánicos en las industrias.

Está constituida por dos procesos definidos según su función:

- **Análisis sensorial:** Método experimental por el cual se obtienen las apreciaciones de jueces a manera de datos, quienes evalúan las propiedades sensoriales de muestras presentadas adecuadamente, bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999).
- **Análisis estadístico:** Se encarga de transformar y valorar los datos obtenidos en el análisis sensorial para darle la objetividad deseada. Está dado por la formulación de hipótesis, que se comprueba a partir de los resultados del tratamiento estadístico que se le da a los datos del análisis sensorial (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999).

1.5.2. Los sentidos y propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales de los alimentos son (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999):

- **Color:** Es la impresión que producen los rayos de luz reflejados por un objeto, y que es percibido por la vista.
- **Olor:** Percepción mediante la nariz de sustancias volátiles liberadas por ciertos estímulos, presión natural o por objetos. La cantidad mínima de sustancia necesaria para ser percibida se denomina “umbral de percepción”, que varía para cada olor y persona.
- **Gusto:** Es la sensación de sustancias capaces de ser percibidas por la lengua. Los gustos primarios posibles de ser percibidos son: salado, dulce, amargo y ácido, y las combinaciones de éstos.
- **Aroma:** Es la sensación de las sustancias olorosas de un alimento luego de haber sido puesto en la boca. Estas sustancias se disuelven en la boca llegando a los sensores del olfato para poder ser detectados.
- **Apariencia:** Es el aspecto exterior que presentan los alimentos, tal y como es su color, tamaño, forma, estado y características de su superficie; aspectos percibidos por la vista.
- **Sabor:** Es la interpretación psicológica a estímulos físicos y químicos causados por componentes volátiles y no volátiles del alimento, saboreados en la boca. El sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura; lo que hace que su medición sea más compleja que la de cada propiedad por separado. Por ejemplo, si al probar un alimento uno se tapa la nariz, el sabor propio del alimento no se va a percibir pero si su gusto, es decir, si es salado, dulce, etc.
- **Textura:** Propiedad detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre deformación. El atributo evaluado en la

deformación de un alimento sólido se llama textura, para el caso de un alimento semisólido se llama consistencia y para alimentos líquidos es viscosidad.

- **Rugosidad:** Esta propiedad es percibida a través del tacto. Se caracteriza la superficie de alimentos sólidos en base al grado de rugosidad como nada rugoso (liso), menos rugoso o muy rugoso.
- **Temperatura:** Es importante en la percepción de los componentes de los alimentos pues causa un efecto de mayor o menor disolución de éstos en la saliva.
- **Peso:** Esta propiedad determina la calidad del alimento. Un producto con mayor o menor peso puede denotar un determinado grado de deterioro, de madurez o alguna alteración, entre otras características propias del alimento.
- **Dolor:** Es una modalidad especial de sensibilidad que causa un estado de conciencia desagradable. Se debe a un exceso de estimulación de los órganos de los sentidos. El dolor puede ser ardiente (para el caso de probar algún alimento picante), lancinante, terebrante, agudo y pulsátil.
- **Adormecimiento:** Esta sensación es producida por la presencia de alcoholes en los alimentos.

Cada una de las propiedades sensoriales descritas, pueden ser percibidas por nuestros sentidos. La siguiente tabla muestra la relación que existe entre ellos:

Tabla 5. Relación entre las propiedades sensoriales y los sentidos

Propiedad sensorial	Sentidos
Color	Vista
Olor	Olfato
Gusto	Gusto
Aroma	Olfato
Apariencia	Vista
Sabor	Olfato, gusto
Textura	Oído, vista y tacto
Rugosidad	Oído, vista y tacto
Temperatura	Tacto
Peso	Tacto

Fuente: Grández Gil (2008).

1.5.3. Tipos de análisis sensorial

La evaluación sensorial se puede aplicar en el desarrollo de nuevos productos; la comparación, clasificación y mejoramiento de productos; la evaluación del proceso de producción; la reducción de costos y/o selección de una nueva fuente de abastecimiento; el control de calidad; el estudio de la estabilidad del alimento durante su almacenaje; determinación de la aceptación, preferencias y gustos del consumidor,

así como la adquisición de sus sugerencias; la formación de jurados y también en la correlación de las medidas sensoriales con las obtenidas por métodos físicos y/o químicos (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999).

Para el caso del desarrollo de nuevos productos, estos pueden ser únicos o pueden ser variaciones o imitaciones de otros ya existentes. En cualquier caso se necesita información de los atributos sensoriales (análisis descriptivo) y de la relativa aceptabilidad de prototipos experimentales (análisis afectivo).

Dentro de los principales análisis sensoriales que existen, se pueden clasificar en tres tipos (SensoFood Solutions, s.f.):

- **Análisis discriminativo:** Basado en establecer la existencia de diferencias significativas entre dos o más productos. Existen muchas pruebas que se adaptan a las necesidades de estudio y que permiten estudiar las diferencias causadas por un cambio en los ingredientes, en el proceso, el embalaje o el almacenamiento; y saber si hay diferencia entre productos alimentarios; o estudiar la vida útil y calidad de un alimento.

- **Análisis descriptivo:** Permite la detección y descripción de todos los atributos sensoriales de un producto, convirtiendo estas pruebas en una de las herramientas más completas. El uso de pruebas como el análisis descriptivo-cuantitativo o el análisis de perfil del sabor, requiere de jueces entrenados.

Con este análisis se puede definir las propiedades sensoriales de un nuevo producto, estableciendo un perfil sensorial; definir las propiedades para el control de calidad de los productos; llevar el control de un determinado atributo con el tiempo; y determinar la relación entre las propiedades sensoriales y las condiciones del procesado.

- **Análisis afectivo:** Con estas pruebas se busca conocer la respuesta individual de consumidores frente a un determinado producto. La información obtenida en estas pruebas aporta interés práctico para la empresa, pues permite conocer las preferencias del consumidor, establecer el nivel competitivo del producto dentro de un sector, satisfacer las necesidades del consumidor (para mejora y optimización o adaptación y reformulación de productos) y asegurar la fidelidad del cliente frente al producto.

Capítulo 2

Experimentación

En este capítulo se expone cómo se llevaron a cabo las pruebas para la preparación de la bebida. Se detallan cuáles han sido los insumos, materiales e instrumentos usados para su preparación. Así como, el método de carbonatación empleado y los resultados fisicoquímicos de las diferentes pruebas realizadas, que permitían llevar un control para saber si las muestras cumplían con los requisitos de la NTP 214.001.

2.1. Materiales e insumos

Los materiales usados para la elaboración de las bebidas fueron:

- Olla.
- Cuchara.
- Botellas plásticas de 1 L y ½ L.
- Tazas y cucharas medidoras (figura 14).
- Cocina.
- Embudo.
- Tela “organza”, usada como filtro (figura 15).



Figura 14. Tazas medidoras.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Tela “organza”.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los insumos necesarios para la elaboración de la bebida gasificada, tenemos:

- Agua embotellada.
- Algarrobina.
- Azúcar rubia.
- Benzoato de sodio (figura 16).
- Ácido cítrico, de apariencia cristalina (figura 17).

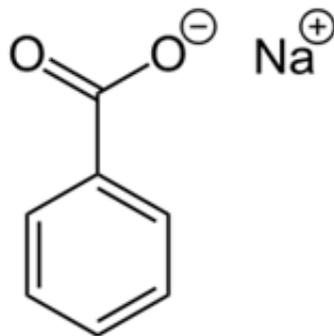


Figura 16. Estructura química del benzoato de sodio.
Fuente: Wikipedia (2016).

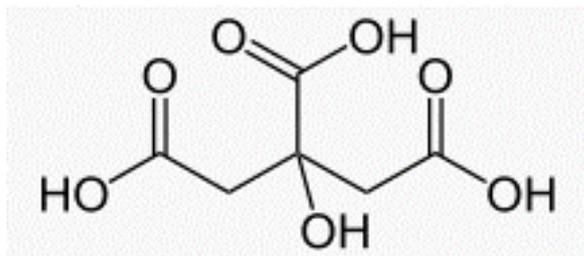


Figura 17. Estructura química del ácido cítrico.
Fuente: Wikipedia (2016).

2.2. Equipos e instrumentos

Los instrumentos usados en el laboratorio fueron:

- Refractómetro, instrumento usado para medir el índice de refracción de un material o concentración en masa de sacarosa (figura 18).



Figura 18. Refractómetro.

Fuente: Representaciones Adendorf (s.f.).

- Termómetro.
- Tanque de CO₂ y regulador de presión, el cual permite controlar la presión de salida del CO₂ (figura 19).



Figura 19. Regulador de presión.

Fuente: Elaboración propia.

- pH-metro, instrumento que tiene un sensor que usa el método electroquímico para medir el pH de una disolución (figura 20).
- Balanza digital, que posibilita el pesado de cantidades pequeñas de material. En este caso se usó para pesar el benzoato de sodio y el ácido cítrico (figura 21).



Figura 20. pH metro.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Balanza digital.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Métodos de carbonatación en laboratorio

La carbonatación de bebidas a nivel de laboratorio se puede realizar mediante el uso de equipos carbonatadores pequeños diseñados específicamente para pruebas en laboratorio.

Uno de los equipos que se mencionan en internet es el sistema de carbonatación en laboratorio “LCS 710 P”. Este sistema opera mediante una sonda de inyección que es introducida en la botella de ensayo. Luego, se genera una presión de aproximadamente 6 bares (600 kPa). Hay dos fases definidas que se utilizan para eliminar el aire o cualquier otro gas que se encuentre en el espacio de cabeza. El CO₂ que no se disuelve se redistribuye hasta que sea absorbido por completo por el líquido (Steinfurth, Inc., 2014).



Figura 22. Sistema de carbonatación LCS 710 P.
Fuente: Steinfurth, Inc. (2014).

Para la presente tesis, debido a que no se contaba con un equipo como el mencionado anteriormente, se usa un método en el que se usa directamente un tanque de CO₂. Para ello se tiene que tomar en cuenta ciertos instrumentos que se necesitarían para llevar a cabo la carbonatación.

El sistema funciona de la siguiente manera:

Se tiene que contar con un regulador de presión (ver figura 19), el cual va conectado al tanque de CO₂. Esto es necesario, pues la presión que tienen estos tanques es muy alta, por lo que se tiene que reducir a una presión mucho más manejable. Además, este regulador permite probar diferentes presiones.

Conectada al regulador de presión debe ir una manguera (ver figura 23), la cual va conectada también a una válvula adaptada con una tapa plástica de botella, que permite conectar el sistema de carbonatación a la botella que se quiere gasificar (ver figura 24).

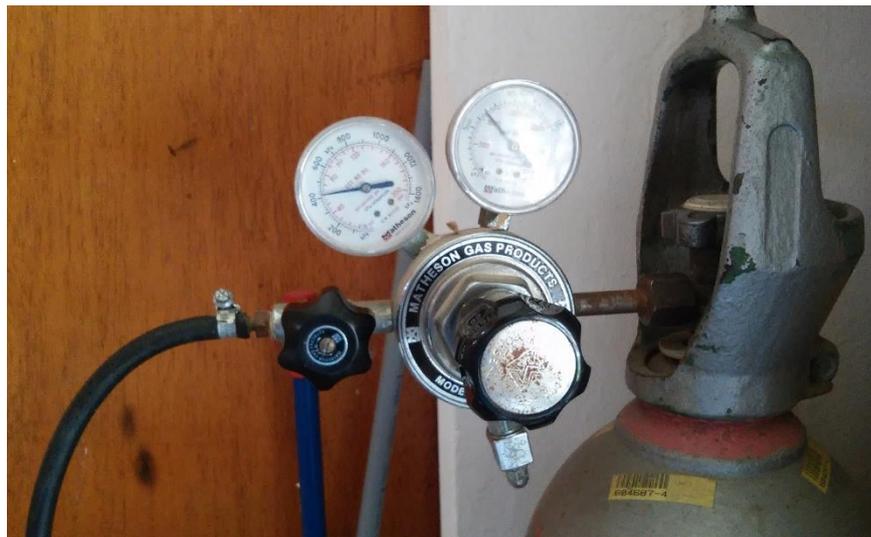


Figura 23. Regulador de presión conectado al tanque y la manguera.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Válvula y tapa de botella.
Fuente: Elaboración propia.

La forma para carbonatar una bebida usando este sistema es conectar la botella al sistema, la cual había sido previamente llenada con la bebida a carbonatar y enfriada para mejorar la carbonatación.

Se debe dejar un espacio de cabeza, que permita que la bebida pueda ser bien agitada y tenga una sección transversal completa de la superficie. La bebida es agitada, pues así se logra una mejor mezcla del CO₂. Después de agitar la botella, se cierra la válvula de gas y se deja reposar por unos segundos para que la bebida se estabilice. Una vez aquí, ya se tiene la bebida carbonatada (Kinch, 2015).

Otras formas de carbonatación, que pueden emplearse, son (WikiHow, s.f.):

- Uso de hielo seco, el cual es depositado dentro de la botella. A la tapa de la botella se le hacen unos pequeños orificios que permitan salida del dióxido de carbono extra que se pueda producir. Si no se le hacen estos orificios se puede generar una presión muy alta que haría reventar la botella. Se debe dejar reposar durante unos quince minutos para que se disuelva todo el hielo seco.
- Uso del agua carbonatada, la cual es mezclada con el jarabe terminado obtenido en el proceso de elaboración y en las proporciones adecuadas. El problema con usar esta forma es que no se tiene control sobre el nivel de carbonatación, por lo que puede resultar una bebida muy poco gasificada.

2.4. Ensayos

La bebida gaseosa se realizó tomando en cuenta los procesos descritos en el apartado 1.1.3, con lo cual se procedió a elaborar un diagrama de flujo del proceso productivo para la elaboración de la bebida de forma artesanal.

La cantidad necesaria de cada insumo para la preparación de la bebida, se va a determinar mediante las pruebas experimentales que se van a realizar. Así como la presión y temperatura de carbonatación.

➤ **Pruebas preliminares**

Para elaborar la bebida se procedió primero a realizar pruebas preliminares para así determinar en primera medida la cantidad de azúcar y de algarrobina que llevaría la bebida gaseosa.

En esta prueba se usó agua carbonatada (marca “Cielo”), para obtener la bebida gasificada puesto que no se contaba con el tanque de CO₂ en estas primeras pruebas llamadas preliminares.

Las muestras elaboradas en dichas pruebas preliminares fueron degustadas y valorizadas de manera subjetiva.

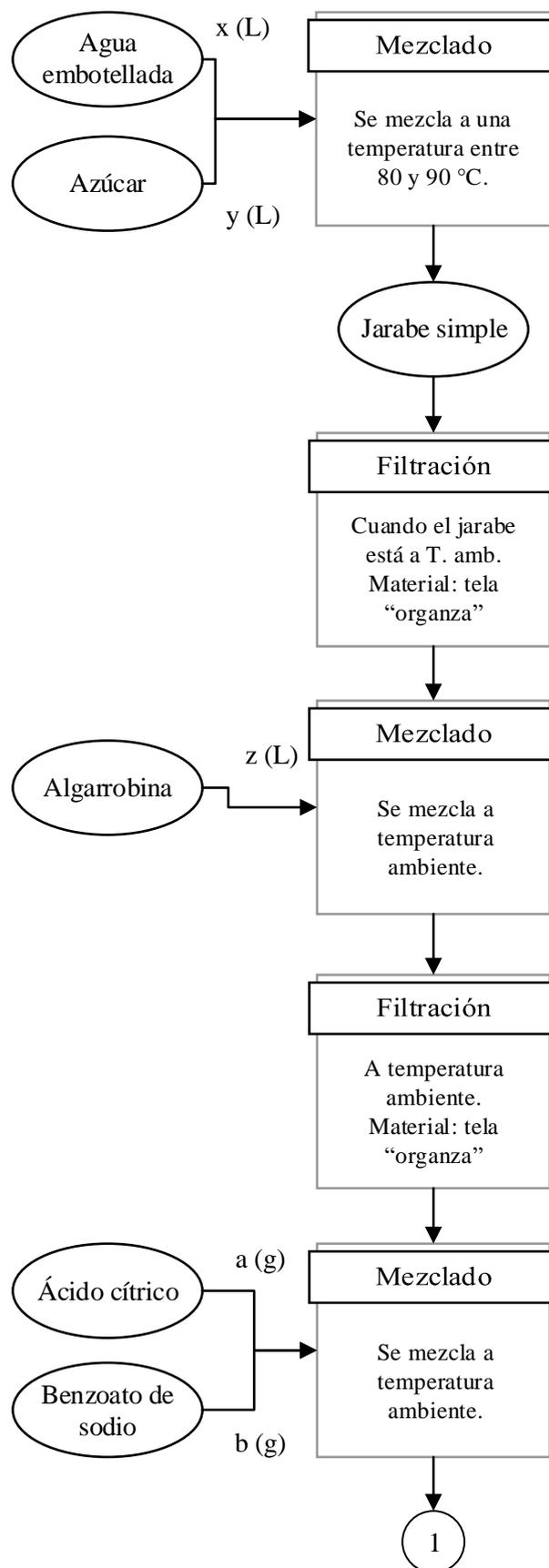


Figura 25. Diagrama de flujo del proceso de producción en el laboratorio (parte 1).
Fuente: Elaboración propia.

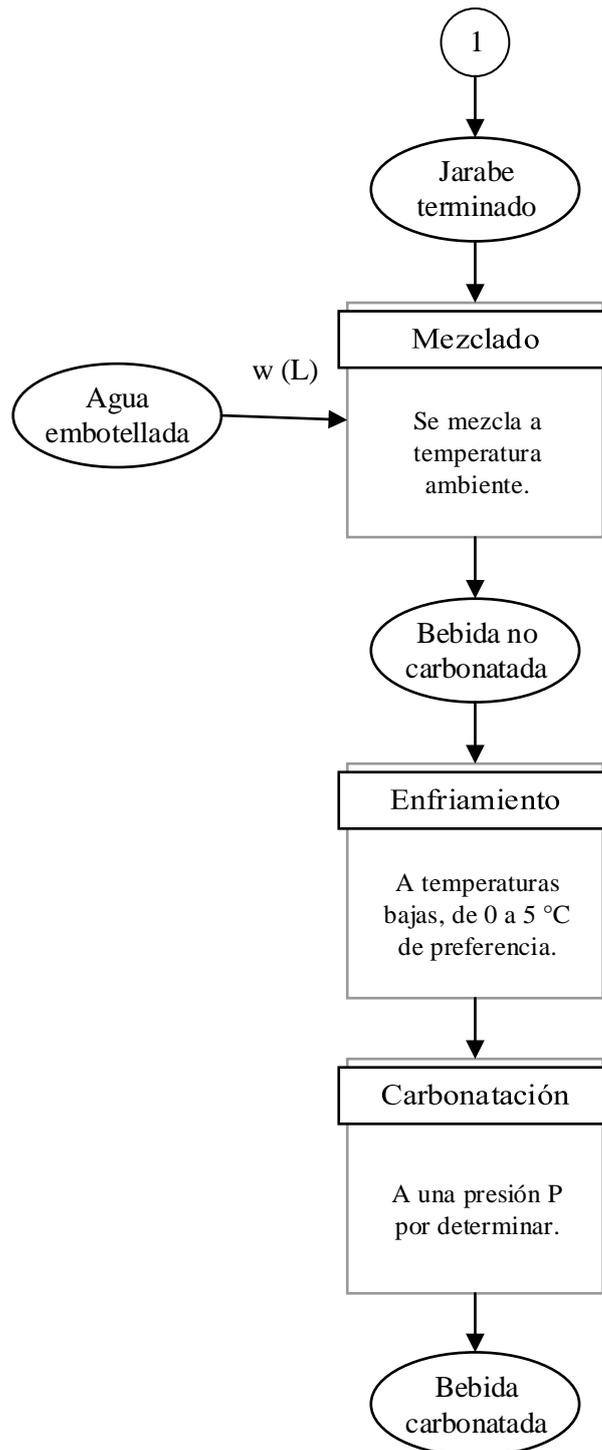


Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de producción en el laboratorio (parte 2).
Fuente: Elaboración propia.

Prueba preliminar 1

Se realizó una primera prueba en la que la concentración del jarabe era la misma (proporción de agua, azúcar y algarrobina) y lo que variaba era la proporción jarabe – agua carbonatada.

Se hicieron tres muestras a distinta proporción jarabe – agua, las cuales tienen una composición como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. Composición de muestras de bebida “prueba preliminar 1”.

Muestra	Jarabe			Agua
	Agua	Azúcar	Algarrobina	
P01	1,07%	1,49%	0,36%	97,09%
P02	1,07%	1,49%	0,36%	97,09%
P03	2,08%	2,89%	0,69%	94,34%
P04	3,03%	4,21%	1,01%	91,74%

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras P01 y P02 tienen la misma composición. En la muestra P01, se dejó enfriar el jarabe para luego mezclarlo con el agua carbonatada, pero debido a la alta concentración de azúcar en el jarabe es que se vuelve espeso haciendo difícil la dilución con el agua. Para la muestra P02, se mezcló el agua carbonatada con el jarabe cuando este aún estaba caliente. El problema al usar el jarabe caliente es que provoca que el agua pierda un poco de gas debido al cambio de temperatura.

De estas muestras la que tuvo una mejor percepción global del sabor fue la muestra P04, mientras que del resto se tenía una percepción de falta de sabor a algarrobina y/o falta de azúcar (dulzor).

Prueba preliminar 2

Se realizó una segunda prueba en la cual se usó una concentración de jarabe (proporción de agua, azúcar y algarrobina) distinta a la usada en la prueba preliminar 1 (ver tabla 7).

Tabla 7. Composición de muestras de bebida “prueba preliminar 2”.

Muestra	Jarabe			Agua
	Agua	Azúcar	Algarrobina	
P05	1,39%	2,89%	1,39%	94,34%
P06	2,62%	5,47%	2,62%	89,29%

Fuente: Elaboración propia.

Estas muestras tenían una sensación de sabor a algarrobina mejor que las muestras de la prueba preliminar 1. Pero, mientras que la muestra P05 se sentía falta de azúcar, la muestra P06 se sentía un poco más dulce de lo deseado.

➤ Pruebas de laboratorio

Durante esta fase de laboratorio, las muestras fueron nuevamente evaluadas de manera subjetiva, con el fin de encontrar una receta base a partir de la cual se harían ciertas modificaciones para elaborar distintas muestras que posteriormente serían evaluadas por un panel de evaluadores en una prueba sensorial. Y, también se hicieron mediciones de ciertos parámetros fisicoquímicos.

Prueba 1

En la primera prueba se vio como variaba la medida del grado Brix (°Bx) del jarabe al aumentar la concentración de algarrobina y al agregar al jarabe el acidulante (ácido cítrico) y el preservante (benzoato de sodio). Ver tabla 8 y tabla 9.

Tabla 8. Composición de muestras de jarabe “prueba 1”.

Muestra	Jarabe			Ácido cítrico	Benzoato de sodio
	Agua	Azúcar	Algarrobina ¹²		
J01	40,32%	40,32%	19,36%	-	-
J02	37,88%	37,88%	24,24%	-	-
J03	40,06%	40,06%	19,23%	0,58%	0.06%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Grado Brix de muestras de jarabe “prueba 1”.

Muestra	°Bx medido		°Bx calculado ¹³
	°Bx	T (°C)	
J01	64	23	55,8
J02	65,5	21	57,3
J03	62	20	55,8

Fuente: Elaboración propia.

Si comparamos el °Bx medido con el calculado, existe una diferencia que es causada porque al momento de hacer la mezcla para el jarabe simple, una parte del agua se llega a evaporar debido a la temperatura que alcanza la mezcla (lo que debe evitarse en lo posible), puesto que no se tiene un control tan preciso durante esta etapa.

Además, se tiene que corregir la medida del grado Brix, con el uso de una tabla (ver anexo 1), ya que el instrumento de medición (refractómetro) opera efectivamente cuando el líquido que se mide se encuentra a una temperatura de 20 °C.

¹² Tiene una concentración de sólidos solubles de 75 a 80 °Bx, según NTP 209.600 (INDECOPI, 2002).

¹³ °Bx = (% azúcar x 1) + (% algarrobina x 0.8)

El °Bx medido en los jarabes J01 y J03 fue diferente a pesar de tener la misma concentración. Esto podría deberse a que el ácido cítrico, añadido al jarabe J03, habría favorecido una hidrólisis parcial de la sacarosa, disminuyendo así la medida de °Bx.



Figura 27. Jarabe (agua, azúcar y algarrobina).
Fuente: Elaboración propia.

Prueba 2

Para la segunda prueba, se elaboraron cuatro diferentes muestras de bebida, las cuales fueron carbonatadas usando un tanque de CO₂ (ver tabla 10).

Tabla 10. Composición de muestras de bebida “prueba 2”.

Muestra	Jarabe			Ácido cítrico	Benzoato de sodio	Agua
	Agua	Azúcar	Algarrobina			
G01	4,82%	10,04%	4,82%	-	-	80,32%
G02	4,81%	10,02%	4,81%	0,15%	0,01%	80,20%
G03	11,03%	11,03%	4,41%	-	-	73,53%
G04	9,43%	7,55%	7,55%	-	-	75,47%

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras G01 y G02 tienen la misma concentración de jarabe (agua, azúcar y algarrobina) que la usada en la prueba preliminar 2. Las muestras G03 y G04 presentan una concentración de jarabe distinta a las usadas.

El nivel de CO₂ percibido en las muestras G01 y G02 es menor al deseado, es muy leve la sensación de gas en la boca. Además, no hay diferencia notable en la cantidad de gas entre estas dos muestras (ver tabla 11).

Al aumentar la presión en la muestra G03 se mejora notablemente la percepción de gas, a pesar de que la temperatura no es la deseada.

La muestra G04, tampoco tiene un buen nivel de gas percibido.

Tabla 11. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 2”.

Muestra	Carbonatación			°Bx medido		°Bx calculado
	Tiempo ¹⁴ (s)	Presión (psi)	T (°C)	°Bx	T (°C)	°Bx
G01	60	40	6	13,2	18,5	13,9
G02	60	40	5	13,4	19	13,9
G03	60	60	13	15,2	17	14,6
G04	120	40	12	16,2	18	13,6

Fuente: Elaboración propia.

Prueba 3

En la prueba 3 se elaboró un jarabe con la concentración final que va a llevar la bebida base. Este jarabe fue filtrado usando la tela “organza” y se midió la concentración de sólidos solubles (°Bx). Ver tabla 12 y tabla 13.

Tabla 12. Composición de muestras de jarabe “prueba 3”.

Muestra	Jarabe		
	Agua	Azúcar	Algarrobina
J04	50%	50%	-
J05	41,67%	41,67%	16,67%
J06	41,67%	41,67%	16,67%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Parámetros medidos en jarabes “prueba 3”.

Muestra	°Bx medido		°Bx calculado
	°Bx	T (°C)	°Bx
J04	46	30	50
J05	52,5	29	55
J06	53	24	55

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba 1, había una diferencia entre el °Bx medido y el °Bx calculado, diferencia que se quería minimizar por lo que en esta prueba 3 se usó una cantidad mayor de agua para que después de hecha la mezcla poder obtener valores más cercanos al calculado.

La muestra J06 tiene la misma composición que J05, pero la medida del °Bx se realizó después de que ésta ha sido filtrada.

Se midió también el pH de la muestra J06 dando un valor de 4,18; estando la muestra a 25,6 °C.

¹⁴ Tiempo durante el cual la bebida es agitada.



Figura 28. Remanente del jarabe filtrado.

Fuente: Elaboración propia

Prueba 4

Para la prueba 4, ya se tenía definida la concentración de agua, azúcar y algarrobina que tendría la bebida base. Por lo cual, se procedió a determinar la concentración de ácido cítrico más adecuada para la bebida.

Se practicaron tres diferentes concentraciones de ácido cítrico, elegidas arbitrariamente, para determinar cuál es la que mejor se adecua al sabor de la algarrobina. Las concentraciones de acidulante usadas son: 250, 500 y 1000; expresado en mg/L de bebida terminada (ver tabla 14 y tabla 15).

Tabla 14. Composición de muestras de bebida “prueba 4”.

Muestra	Jarabe			Ácido cítrico	Agua
	Agua	Azúcar	Algarrobina		
B01	11,03%	11,03%	4,41%	-	73,53%
B02	11,03%	11,03%	4,41%	0,02%	73,52%
B03	11,03%	11,03%	4,41%	0,03%	73,51%
B04	11,02%	11,02%	4,41%	0,06%	73,49%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 4”.

Muestra	°Bx medido		°Bx calculado	pH	
	°Bx	T (°C)		pH	T (°C)
B01	13,8	27	14,6	4,3	25,1
B02	14,8	25	14,6	4,2	26
B03	14,8	26	14,6	3,6	26
B04	14,8	25,5	14,6	3,3	26,1

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba 2, la muestra G02 presentaba una cantidad muy alta del acidulante, lo que no permitía determinar en qué medida altera el sabor de la bebida el uso de benzoato de sodio. Por ello, para la prueba 4 las muestras fueron degustadas sin carbonatar y sin la adición del benzoato de sodio.

Las cantidades de ácido cítrico usadas en la prueba 4 son más adecuadas con lo que se pretende lograr. Además, la cantidad usada en esta prueba permite apreciar mejor el sabor a algarrobina, cosa que no pasaba con la muestra G02 (prueba 2) en la cual el acidulante opacaba el sabor.

La concentración de ácido cítrico elegida para la bebida base es de 500 mg/L, la cual corresponde a la concentración usada en la muestra B03.

Prueba 5

En la prueba 5 se usaron las concentraciones ya determinadas para el agua, azúcar, algarrobina y ácido cítrico; con el fin de determinar la concentración de benzoato de sodio para la bebida.

Se procedió a practicar tres concentraciones diferentes para el benzoato de sodio, al igual que con el ácido cítrico, las cuales fueron: 200, 500 y 1000 mg/L de bebida terminada (ver tabla 16).

Tabla 16. Composición de muestras de bebida “prueba 5”.

Muestra	Jarabe			Ácido cítrico	Benzoato de sodio	Agua
	Agua	Azúcar	Algarrobina			
B05	11,03%	11,03%	4,41%	-	-	73,53%
B06	11,03%	11,03%	4,41%	0,03%	-	73,51%
B07	11,03%	11,03%	4,41%	0,03%	0,01%	73,50%
B08	11,02%	11,02%	4,41%	0,03%	0,03%	73,48%
B09	11,02%	11,02%	4,41%	0,03%	0,07%	73,46%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17, nos permite ver cómo varía el pH de la bebida cuando se le adiciona el ácido cítrico y luego cuando se le adicionan diferentes cantidades de benzoato de sodio.

El uso del benzoato de sodio altera ligeramente el pH de la bebida, volviéndolo menos ácido.

Tabla 17. Parámetros medidos en las muestras de bebida “prueba 5”.

Muestra	pH	
	pH	T (°C)
B05	4,52	27,6
B06	3,86	27,7
B07	3,93	27,7
B08	4,03	28
B09	4,24	27,5

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de benzoato de sodio añadida a la bebida hace que ésta deje un sabor ligeramente amargo al ingerirla, por lo que se vio conveniente disminuir la cantidad de benzoato para evitar esta sensación de amargor en la garganta.

De las tres muestras con benzoato de sodio, se seleccionó la muestra B07 que corresponde a una concentración de 200 mg/L.

Prueba 6

En esta prueba se buscó determinar la presión de carbonatación de la bebida, para lo cual se degustó y se evaluó de manera subjetiva (ver tabla 18).

Se elaboró una bebida con las concentraciones ya seleccionadas, las mismas usadas para la muestra B07 de la prueba 5. Para hacer una sencilla comparación, se midió el pH de esta bebida y dio como resultado 3,9 a 28 °C, lo cual corresponde con el pH obtenido en la muestra B07 (tabla 17).

Tabla 18. Parámetros de carbonatación de la bebida “prueba 6”.

Muestra	Carbonatación		
	Tiempo (s)	Presión (psi)	T (°C)
G05	60	60	5
G06	120	60	9
G07	60	80	9
G08	120	80	7

Fuente: Elaboración propia.

Después de carbonatar las bebidas y degustarlas, la muestra que resultó ser más agradable fue la muestra G07.



Figura 29. Sistema de carbonatación con tanque.

Fuente: Elaboración propia

2.5. Pruebas de control de calidad

Para el control de calidad de la bebida se hicieron mediciones del grado Brix (mediante un refractómetro) y del pH (usando un pH metro digital).

Se tomó en cuenta los requisitos fisicoquímicos exigidos en la NTP 214.001 (INDECOPI, 2012), que especifica:

- pH: 2,5 a 4,0.
- Acidez expresada en ácido cítrico: 0,5 g/100 cm³ (máximo).
- Conservante: 0,1 % en masa (máximo).
- Sulfato de quinina: 98 ppm (máximo).
- Cafeína: 200 ppm (máximo).
- Dióxido de carbono: 1,5 a 5,0 volúmenes.

En este caso, la bebida no contiene cafeína ni sulfato de quinina. No se usan colorantes ni saborizantes.

Para determinar las cantidades de ácido cítrico y de benzoato de sodio con las cuales iniciar las pruebas se tomó como referencia la tabla 19.

La densidad de las bebidas carbonatadas varía dependiendo de su composición y de la forma en que fueron elaboradas. Para este caso se usó el valor de 994.56 kg/m³, el cual es un promedio de la densidad de las bebidas gaseosas según datos experimentales realizados en la Universidad Industrial de Santander en el año 1974 (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Tabla 19. Composición de bebidas gaseosas.

Componente	Cantidad (g/kg)
Agua	936,58
Azúcar	119,7
Ácido cítrico	3,93
Colorantes y enturbiantes	2,5
Conservante	0,31
Esencias	0,51
Gas carbónico	9,8

Fuente: (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Una vez que se tiene el dato de la densidad, se calcula la cantidad de preservante y de ácido cítrico a usar que, según la tabla 19, sería 0,308 g/L y 3,9086 g/L respectivamente. Para efectos prácticos las concentraciones usadas fueron de 0,300 g/L de benzoato de sodio y 3,0 g/L de ácido cítrico, usados como valores iniciales en las pruebas de laboratorio.

Los valores de ácido y benzoato escogidos debían cumplir con los que exige la NTP 214.001. Para el ácido cítrico no debe ser mayor a 5 g/L y para el benzoato de sodio (conservante) no debe ser mayor a 1 g/kg (o 1 g/L aproximadamente).

Luego de realizadas todas las pruebas experimentales se escoge para el ácido cítrico una concentración de 0,5 g/L y para el benzoato de sodio una concentración de 0,2 g/L, las cuales cumplen con los requisitos de la norma.

También, se debía evaluar el valor del pH, que tiene que encontrarse dentro del rango de 2,5 a 4,0. La bebida obtenida tiene un valor de 3,9; que la coloca dentro del rango exigido por la norma.

Para el caso del agua tratada, se usó agua embotellada marca “Cielo”. Puesto que el agua del suministro público requiere de un tratamiento para cumplir con lo que especifica la norma.

La medida del CO₂ de la gaseosa en las industrias se realiza siguiendo un procedimiento mediante el cual se usa un aparato perforador, que consiste en un dispositivo que puede unirse y asegurarse a la tapa de una botella. Se crea un cierre a prueba de aire a través del cual se pasa una aguja tubular de acero inoxidable, que se conecta a un manómetro de precisión (Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. Ministerio de Economía, 1986).

Una vez conectada la botella al sistema, se abre una válvula de alivio con el fin de ventear el gas del extremo superior de la botella hasta que el manómetro indique un valor de cero. Luego, se agita la botella hasta alcanzar una presión máxima constante, y se toma el valor de presión que se registre. Por último, se retira la botella y se mide la temperatura de la bebida. Con estos dos valores, se dirige a una tabla (ver anexo 2) la cual indica el volumen de dióxido de carbono. La primera línea horizontal de dicha tabla representa la presión en kilopascales y la primera línea vertical representa la temperatura en grados Celcius. El punto de intersección de ambos es el volumen de CO₂ que tiene la bebida (Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. Ministerio de Economía, 1986).



Figura 30. Medidor de presión interna.

Fuente: Boustens (s.f.).

Existen otras formas de medir el volumen de CO₂ de manera práctica que son menos precisas, como por ejemplo el sistema mostrado en la figura 31.



Figura 31. Sistema de desplazamiento de agua.
Fuente: Cerdeira, Ceretti, & Reciulschi (2009).

El sistema funciona con un recipiente y un frasco, ambos conteniendo agua, el frasco totalmente lleno y el recipiente a medio llenar. Se coloca el frasco de forma invertida dentro de la cubeta, teniendo cuidado de que no disminuya el volumen de agua en el frasco, luego se coloca una manguera con un extremo dentro del frasco y el otro unido a la tapa de la botella a través de un orificio. Se vierte la cantidad de un sobre de azúcar (6 g aproximadamente) en la bebida y se cierra inmediatamente con la tapa perforada. El gas va a empezar a escapar de la bebida y va a pasar por la manguera hasta la botella invertida. Este mismo gas empezará a llenar la botella, con lo cual disminuirá el volumen del agua. Esta disminución es el volumen de gas que tiene la gaseosa (Cerdeira, Ceretti, & Reciulschi, 2009).

Además, se puede hallar el volumen de CO₂ de manera teórica, usando la Ley de Henry para disolución de gases en líquidos.

Para la presente tesis se optó para la medida del CO₂, llevar a cabo el sistema de desplazamiento de agua, descrito anteriormente. Sin embargo, el método no dio resultados, por lo que se calculó de manera teórica (mediante la ley de Henry) la cantidad de gas que contenía la bebida.

La ley de Henry enuncia que a una cierta temperatura, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas sobre el líquido (Wikipedia, 2016). Se expresa mediante la siguiente fórmula (Sander, 1999):

$$k_H = C_a / p_g$$

Donde:

k_H = constante de Henry.

C_a = concentración del gas disuelto.

p_a = presión parcial del gas.

La constante de Henry depende del gas, del líquido y de la temperatura.

Generalmente, la constante k_H se refiere a condiciones normales de temperatura ($T^\theta = 298,15 \text{ K}$). En cuyo caso se puede expresar como k_H^θ .

La ley de Henry puede expresarse en función de la temperatura, como:

$$k_H = k_H^\theta \times \exp\left(\frac{-\Delta_{soln}H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^\theta}\right)\right)$$

Donde $\Delta_{soln}H$ es igual a la entalpía¹⁵ de la solución y R es la constante universal de los gases.

$$\frac{-d \ln k_H}{d(1/T)} = \frac{\Delta_{soln}H}{R}$$

La tabla 20 muestra el valor de la constante de Henry k_H , para el CO_2 cuando es disuelto en agua y en condiciones normales de temperatura. Valores dados por diferentes autores, en la fuente bibliográfica consultada (Sander, 1999).

Tabla 20. Constante de Henry para el CO_2 , según varios autores.

k_H^θ [M/atm]	$\frac{-d \ln k_H}{d(1/T)}$ [K]	Autor
$3,4 \times 10^{-2}$	2400	Morgan y Maass (1931)
$3,4 \times 10^{-2}$	2400	Sillen y Martell (1964)
$3,5 \times 10^{-2}$	2400	Edwards et al. (1978)
$3,1 \times 10^{-2}$	2400	Chameides (1984)
$3,4 \times 10^{-2}$	2400	Hoffmann y Jacob (1984)
$3,5 \times 10^{-2}$	2300	Carroll et al. (1991)
$3,4 \times 10^{-2}$	2600	Dean (1992)
$4,5 \times 10^{-2}$	-	Yaws y Yang (1992)
$3,2 \times 10^{-2}$	2400	Kavanaugh y Trussell (1980)
$3,6 \times 10^{-2}$	2200	Zheng et al. (1997)

Fuente: Sander (1999).

¹⁵ Magnitud termodinámica, que mide la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

Capítulo 3

Análisis sensorial

3.1. Procedimiento

Para el análisis sensorial se prepararon siete muestras distintas, por un total de siete litros de bebida carbonatada (1 litro por muestra). Una de ellas es la bebida base, definida en las pruebas experimentales, y a partir de la cual se elaboraron las otras seis.

Los parámetros que varían en las bebidas son: la concentración de algarrobina, la concentración de ácido cítrico y la concentración de benzoato de sodio. Cada parámetro varía en $\pm 50\%$ con respecto a la concentración usada en la bebida base. La tabla 21 muestra los cambios que se realizaron en cada una de las muestras.

Las bebidas ya preparadas fueron carbonatadas en botellas plásticas de 1 L y puestas a refrigerar hasta el día siguiente en que se realizó la prueba sensorial.

Para la prueba sensorial se empleó un panel de 10 evaluadores (no entrenados). Debido a cuestiones de tiempo, costo y de disposición de dichos evaluadores se realizó solo una prueba con todos los panelistas en la cual se les presentó todas las siete muestras que tenían que evaluar.

Además, se entregó a cada uno de los evaluadores un paquete de galletas de soda y una botella de agua, para que ingieran un poco entre muestra y muestra con el fin de neutralizar el paladar para la siguiente muestra.

Antes de comenzar la evaluación sensorial, se dio a los evaluadores unos conceptos sobre este estudio: ¿qué es el análisis sensorial?, una breve explicación sobre las

propiedades sensoriales a evaluar, etc. Estos fueron brindados con la finalidad de ayudar a los evaluadores a dar una calificación más acorde a lo que se pretende lograr, puesto que no son jueces entrenados.

Tabla 21. Composición de muestras para análisis sensorial.

Muestra	Algarrobina (mL/L)^a	Ácido cítrico (g/L)^b	Benzoato de sodio (g/L)^b
M1 ¹⁶	200	0,5	0,2
M2	200	0,5	0,3
M3	200	0,5	0,1
M4	200	0,75	0,2
M5	200	0,25	0,2
M6	300	0,5	0,2
M7	100	0,5	0,2

^a Concentración expresada en mL de compuesto/L de jarabe simple.

^b Concentración expresada en g de compuesto/L de bebida terminada.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se les entregó a los evaluadores una hoja de respuestas donde darían su calificación de cada muestra (ver anexo 3). Las muestras fueron repartidas en vasos descartables, en una cantidad de 60 mL/muestra aproximadamente. Una muestra a la vez y para todos los jueces a la vez.

Después de que todos los evaluadores hayan terminado de calificar la muestra, se recoge la hoja de respuestas para que no influya en la calificación de la siguiente muestra. Otra vez se les facilita nuevas hojas de respuestas y se les entrega la siguiente muestra a calificar. Este proceso se repite hasta que terminen de calificar todas las muestras.

3.2. Condiciones para la evaluación

Las condiciones bajo las que se llevó a cabo la evaluación sensorial fueron:

➤ Materiales

- Hoja de respuestas.
- Lapicero.
- Botella de agua.
- Vaso plástico para servir el agua.
- Paquete de galletas de soda (8 galletas/paquete).
- Servilletas.

¹⁶ Muestra “M1” tiene la misma composición que la bebida base.

➤ **Lugar**

La prueba sensorial se llevó a cabo en el laboratorio didáctico, Q-105, del Edificio de Química de la Universidad de Piura. Se usó una sola mesa de trabajo para todos los panelistas.

➤ **Horario**

La evaluación sensorial se efectuó el día miércoles 04 de noviembre de 2015 a las 10 a.m.

➤ **Número de evaluadores y de muestras**

Se usaron 10 evaluadores (no entrenados) y un total de 7 muestras. Todas las muestras fueron presentadas a los evaluadores ese mismo día; aunque no es recomendable dar a los jueces más de cinco muestras a degustar el mismo día (Grández Gil, 2008).

3.3. Prueba sensorial

Para la evaluación sensorial se llevó a cabo el mismo procedimiento empleado por Gerardo Grández Gil (2008), en su tesis de grado, en la cual realizó una prueba sensorial descriptiva cuantitativa, conocida como QDA por sus siglas en inglés “Quantitative Descriptive Analysis”. La tabla 22 muestra los atributos sensoriales evaluados.

Tabla 22. Atributos sensoriales evaluados

Atributo sensorial
Color
Olor
Sabor
Dulzor
Acidez
Impresión general

Fuente: Elaboración propia.

El atributo de sabor y olor se refiere a qué tanto se asemeja este al de la algarrobina. Los atributos como color, dulzor y acidez buscan obtener un grado de aceptación del mismo, pues se busca que este sea agradable para el consumidor.

El atributo impresión general busca recopilar la apreciación general que tienen los jueces de forma subjetiva sobre la bebida. Es una apreciación en donde se toman en cuenta todos los demás atributos evaluados anteriormente como conjunto.

La percepción del contenido de CO₂ no fue evaluada por los jueces, debido a la dificultad de carbonatar la bebida mediante el método empleado, lo que hacía más complicado presentar a los jueces muestras con diferentes niveles de carbonatación. Además, el tomar en cuenta este atributo, implicaría la elaboración de por lo menos dos muestras más, lo que llevaría a que la evaluación sensorial sea menos exacta;

por el gran número de muestras para un mismo panel de evaluadores. Por ello, este atributo fue definido en las primeras pruebas experimentales.

Para evaluar los atributos, se elaboró una hoja de respuestas (anexo 3) en la que se utilizó una “escala adimensionada lineal”, que consiste en utilizar una escala horizontal, de 12 cm de longitud.

Para la toma de resultados, se mide la distancia entre el valor “0”, ubicado en la parte izquierda de la escala (ver figura 32) o, también, en los extremos (ver figura 33), y la marca hecha por el evaluador, la cual va a ser una línea vertical sobre la línea horizontal.

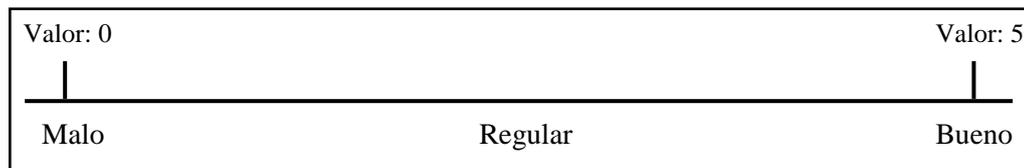


Figura 32. Escala adimensionada lineal (valor máximo en el extremo).
Fuente: Grández Gil (2008).

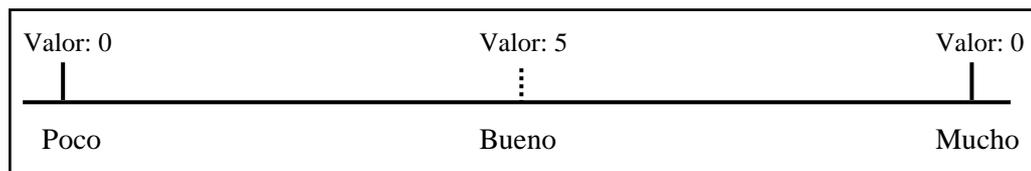


Figura 33. Escala adimensionada lineal (valor máximo en el centro).
Fuente: Grández Gil (2008).

La medida de esa longitud se va a convertir en una escala de entre “0” y “5”.

Primero, se hace la medida correspondiente. Luego, esta medida se multiplica por el cociente $5/12$ para el caso de atributos en que la mejor calificación está en el extremo (como en la figura 32) y por $5/6$ para el caso de atributos en que su mejor calificación se encuentre en el centro (como en la figura 33), obteniendo así la calificación del atributo sensorial correspondiente.

Por último, se suma la calificación de todos los atributos evaluados para obtener la nota dada por cada evaluador; por lo que, tomando en cuenta que cada atributo puede tener una calificación máxima de 5, la nota máxima va a ser de 30.

Capítulo 4

Análisis de resultados

4.1. Resultados fisicoquímicos

La bebida carbonatada base tiene las siguientes características fisicoquímicas, correspondientes a lo que exige la NTP 214.001 (INDECOPI, 2012):

Tabla 23. Análisis fisicoquímico de la bebida base.

Parámetro	Resultado
° Brix	14,8
Acidez (g/L)	0,5
pH	3,9
Cafeína	No contiene
Sulfato de quinina	No contiene
CO ₂ (volúmenes de CO ₂)	Sin resultados ¹⁷

Fuente: Elaboración propia.

Generalmente, las bebidas gaseosas son elaboradas con una concentración de entre 10 y 12 °Brix (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.). Algunas normas técnicas, como por ejemplo la Norma Técnica Nicaragüense 03 01-99 (2000), establecen como requisito un mínimo de 8,0 °Bx y un máximo de 15,0°Bx. Sin embargo, este valor depende de la formulación de cada bebida, más que ser un requisito.

La cantidad de ácido usada para esta bebida es diez veces menor al máximo permitido por la Norma Técnica Peruana. El pH es de 3,9; que está cerca al límite

¹⁷ Se midió pero el método empleado no dio resultados confiables.

máximo permitido por la norma, lo que supone que una concentración menor o una mayor dilución pueden hacer que escape de los límites. La prueba sensorial es la que permite determinar si la concentración de ácido es la adecuada. Si es muy ácida, se tendría que disminuir dicha concentración; circunstancia que podría llevar a que el pH sea mayor al permitido por la norma, así que se tendría que hallar una manera de corregirlo. Y si la bebida resulta ser poco ácida, se tendría que aumentar la concentración, pero el pH no saldría de los límites, salvo que la concentración requerida de ácido sea demasiado elevada.

Por otra parte, no se usó cafeína, ni sulfato de quinina, pues se pretendía elaborar una bebida carbonatada con la menor cantidad de aditivos añadidos, ya que la finalidad es conservar el sabor natural característico de la algarrobina.

Se hicieron pruebas para medir el CO₂ en la bebida usando el sistema de desplazamiento de agua explicado en el apartado 2.5. Sin embargo, no se obtuvo buenos resultados puesto que el gas de CO₂ se expulsaba de manera muy brusca, hecho que ocasionó pérdidas de gas y de bebida antes de poder cerrar la botella. De la misma forma, después de cerrar la botella también hubo pérdidas de líquido, pues este se pasaba al frasco invertido donde sería medido el volumen de gas.

Entonces, se halló teóricamente, usando la ley de Henry, la cantidad de CO₂ contenida en la bebida.

Para realizar el cálculo se tomó como referencia la primera fila de la tabla 20, de Morgan y Maass (1931), que nos da un valor de:

$$k_H^\theta = 3,4 \times 10^{-2} \text{ M/atm}$$

$$\frac{-d \ln k_H}{d(1/T)} = \frac{\Delta_{soln}H}{R} = 2400 \text{ K}$$

La carbonatación se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones¹⁸:

$$p_{CO_2} = 80 \text{ psi} = 551,6 \text{ kPa} = 5,44 \text{ atm}$$

$$T = 4 \text{ }^\circ\text{C} = 277,15 \text{ K}$$

Con estos datos en cuenta, se procede a hallar el valor correspondiente de k_H para dicha temperatura.

$$k_H = k_H^\theta \times \exp\left(\frac{-\Delta_{soln}H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^\theta}\right)\right)$$

$$k_H = 3,4 \times 10^{-2} \times \exp\left(-2400 \left(\frac{1}{277,15} - \frac{1}{298,15}\right)\right)$$

$$k_H = 0,034 \times \exp(-0,6099)$$

¹⁸ Presión absoluta de CO₂ a partir de la presión medida por el manómetro del tanque.

$$k_H = 0,0185 \text{ M/atm}$$

Conociendo el valor de la constante k_H y el de la presión parcial del CO_2 , se procede a hallar el valor de la concentración del gas, usando la ecuación (1).

$$\begin{aligned} C_a &= k_H \times p_g \\ C_a &= 0,0185 \times 5,44 \\ C_a &= 0,1006 \text{ M} \\ C_a &= 0,1006 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

Sabiendo que se mezcló el CO_2 en 1 L de bebida terminada y conociendo la molaridad o concentración molar C_a , se puede hallar el número de moles mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{n}{V} = C_a$$

Donde:

M = concentración molar.
 n = número de moles.
 V = volumen de la solución (litros).

Asumimos que el volumen de la solución es aproximadamente igual al volumen del solvente, puesto que la cantidad disuelta del gas es despreciable en cuanto al volumen del solvente con que se mezcla. Una vez hecho este supuesto, se procede a hallar el número de moles de gas presente en la bebida.

$$\begin{aligned} n &= C_a \times V \\ n &= 0,1006 \times 1 \\ n &= 0,1006 \text{ moles} \end{aligned}$$

Para compararlo con lo que exige la NTP 214.001, se procede a hallar el número de moles que ocupan 1,5 y 5 volúmenes de CO_2 , que son los límites mínimo y máximo de CO_2 .

Según lo explicado en el apartado 1.1.2, un volumen de CO_2 es igual a un litro de CO_2 en condiciones normales de presión y temperatura (Morrow & Quinn, 2007). Es decir:

$$\begin{aligned} P &= 101,3 \text{ kPa} = 1 \text{ atm} \\ T &= 298,15 \text{ K} \end{aligned}$$

Y, asumiendo que el CO_2 se comporta como gas ideal, se procede a hallar los volúmenes de CO_2 que contiene la bebida. Conociendo el número de moles se procede a reemplazar la presión y temperatura correspondientes en condiciones normales ($R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$).

$$P V = n R T$$

$$V = \frac{n R T}{P}$$

$$V = \frac{0,1006 \times 0,082 \times 298,15}{1}$$

$$n = 2,46 L = 2,46 \text{ volúmenes } CO_2$$

De estos cálculos se puede determinar que la bebida cumple con el requisito de la NTP 214.001, pues su valor teórico se encuentra dentro de los límites exigidos.

$$1,5 \text{ volúmenes } CO_2 < 2,46 \text{ volúmenes } CO_2 < 5 \text{ volúmenes } CO_2$$

4.2. Resultados sensoriales

En el anexo 4 se muestra una tabla con la calificación que dio cada evaluador en cada una de las muestras y del parámetro nota que sacó cada muestra de cada uno de los evaluadores.

La tabla 24 y 25 muestran el promedio de la calificación y desviación estándar por cada muestra (el promedio de diez repeticiones correspondientes a los diez evaluadores).

Tabla 24. Calificación promedio y desviación estándar por muestra y atributo sensorial.

Muestra	Color	Olor	Sabor	Dulzor	Acidez
M1	2,96 ± 1,09	3,15 ± 1,01	3,46 ± 1,04	2,24 ± 1,44	2,78 ± 1,70
M2	2,78 ± 1,04	3,13 ± 1,16	3,45 ± 0,99	3,18 ± 1,43	3,13 ± 1,56
M3	2,96 ± 1,31	2,87 ± 1,31	3,57 ± 1,40	3,16 ± 1,54	3,38 ± 1,56
M4	2,92 ± 1,16	2,35 ± 1,28	3,88 ± 0,80	2,93 ± 1,51	3,48 ± 1,53
M5	2,74 ± 1,34	3,09 ± 1,58	4,03 ± 0,85	2,65 ± 1,83	2,92 ± 1,72
M6	2,64 ± 1,43	3,53 ± 1,49	3,30 ± 1,33	2,14 ± 1,47	3,07 ± 1,66
M7	3,14 ± 1,58	2,48 ± 1,63	3,67 ± 1,13	2,78 ± 1,65	2,91 ± 2,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Calificación promedio y desviación estándar por muestra.

Muestra	Impresión general	Nota
M1	3,00 ± 1,05	17,60 ± 3,61
M2	3,24 ± 0,83	18,91 ± 3,11
M3	3,25 ± 1,11	19,17 ± 4,96
M4	3,49 ± 0,85	19,05 ± 2,42
M5	3,19 ± 1,30	18,61 ± 4,13
M6	3,17 ± 1,39	17,85 ± 6,33
M7	3,39 ± 1,27	18,35 ± 6,22

Fuente: Elaboración propia.

Las desviaciones estándar del promedio de las calificaciones de los evaluadores son relativamente bajas, tomando en cuenta que se trabajó con jueces no entrenados.

El atributo color, sabor e impresión general son los que menos variación entre muestras tienen; mientras que el atributo olor, dulzor y acidez presentan una mayor variabilidad entre muestras.

De la figura 34 a la figura 40, se encuentra graficado el promedio de la calificación y desviación estándar correspondiente a cada una de las muestras calificadas en la evaluación sensorial.

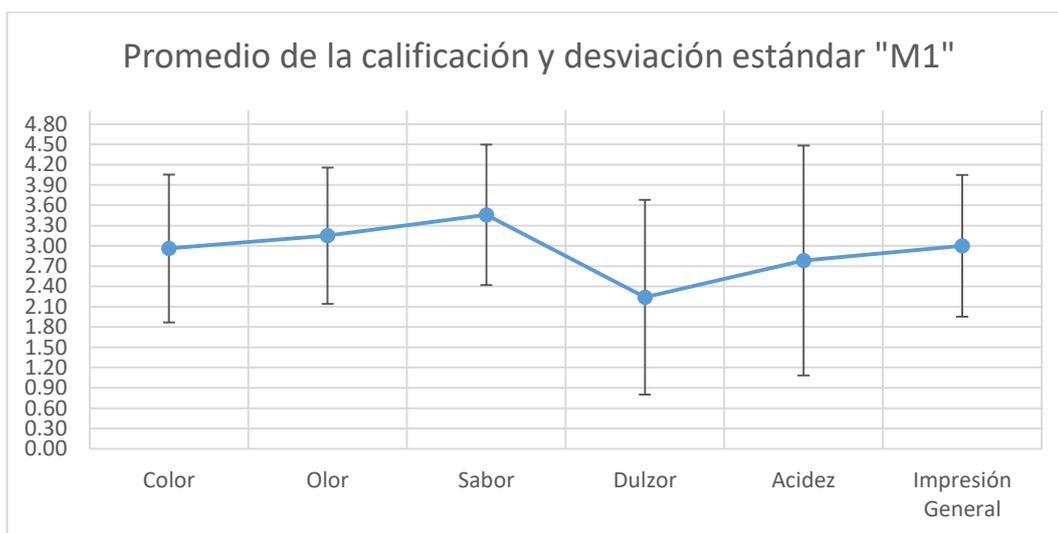


Figura 34. Calificación promedio por cada muestra
Fuente: Elaboración propia.

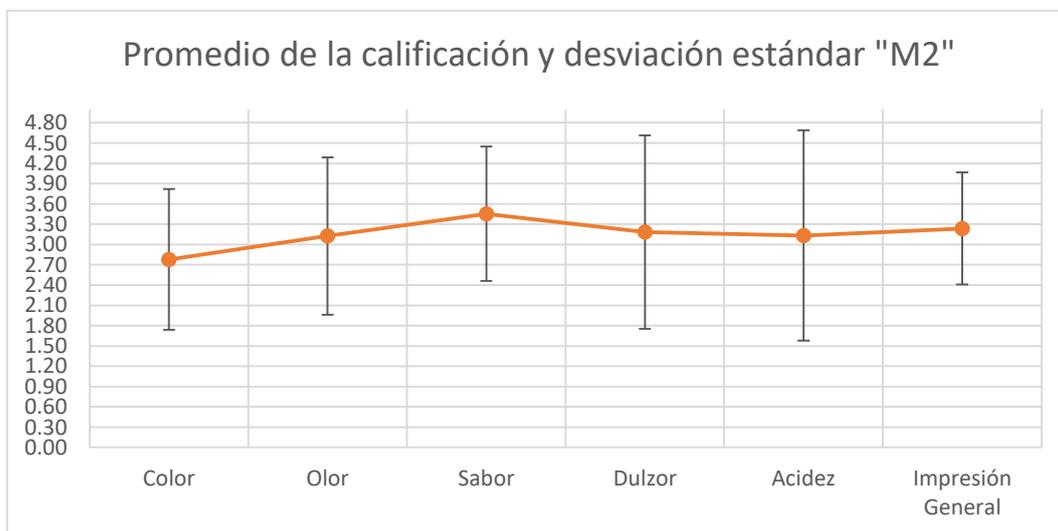


Figura 35. Calificación promedio por cada muestra
Fuente: Elaboración propia.

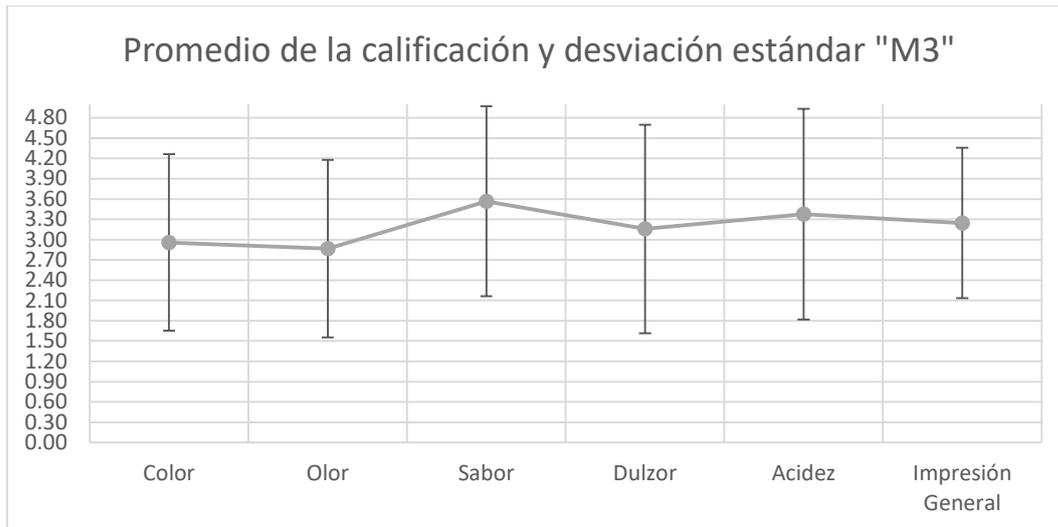


Figura 36. Calificación promedio por cada muestra.
Fuente: Elaboración propia.

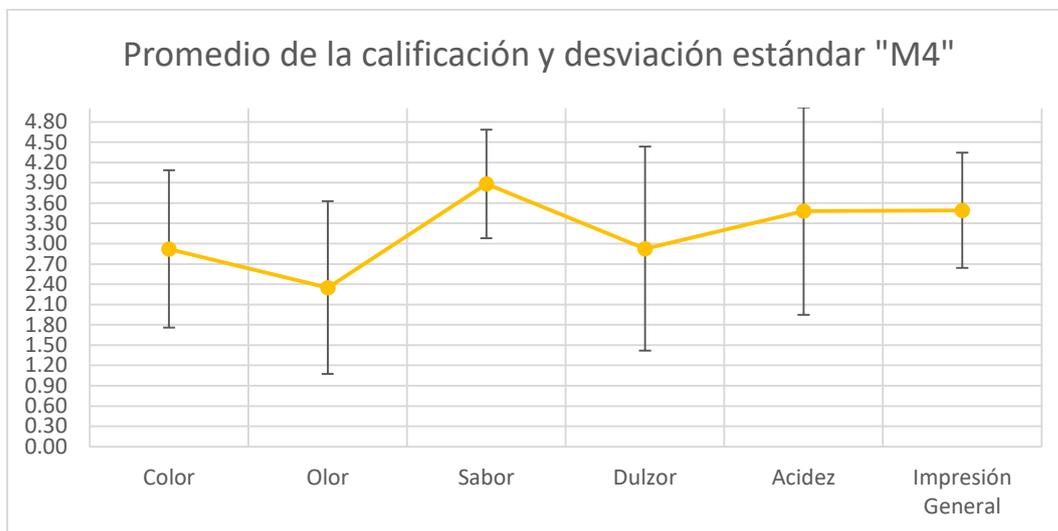


Figura 37. Calificación promedio por cada muestra.
Fuente: Elaboración propia.

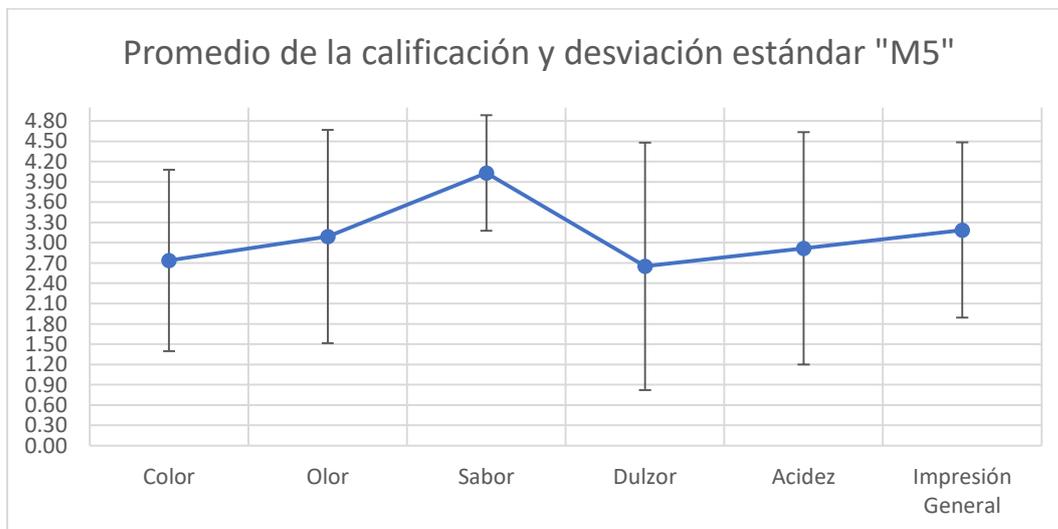


Figura 38. Calificación promedio por cada muestra.
Fuente: Elaboración propia.

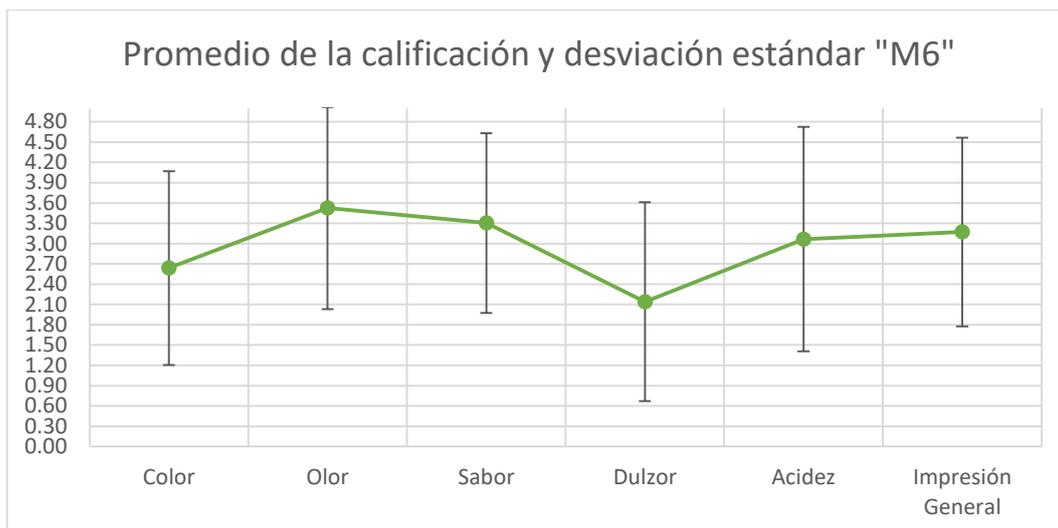


Figura 39. Calificación promedio por cada muestra.
Fuente: Elaboración propia.

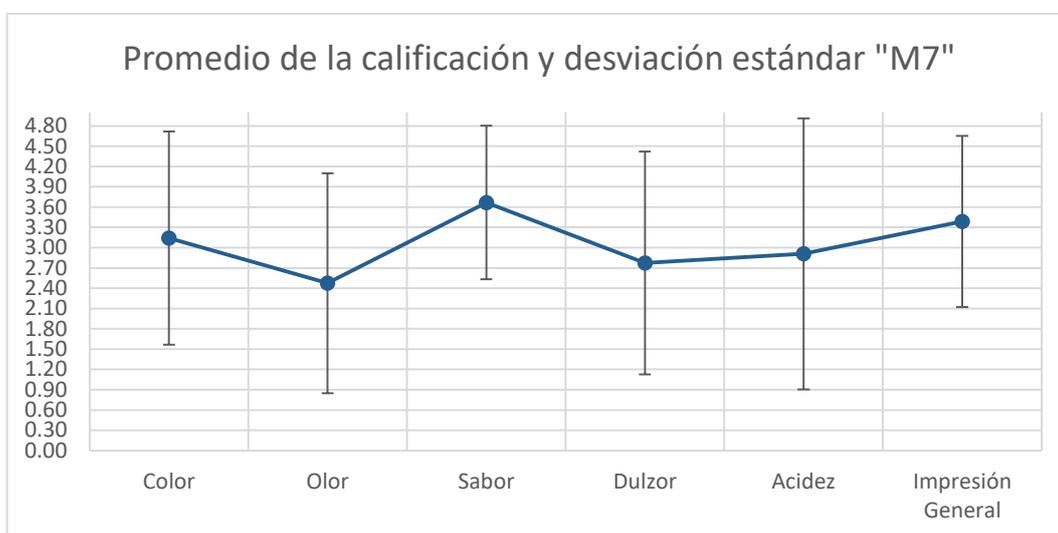


Figura 40. Calificación promedio por cada muestra.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26, se puede ver cuáles son las tres muestras mejor calificadas y la muestra peor calificada según atributo sensorial evaluado, incluido el parámetro nota.

Tabla 26. Ranking de muestras por atributo.

	1° mejor calificación	2° mejor calificación	3° mejor calificación	Menor calificación
Color	M7	M1 y M3	M4	M6
Olor	M6	M1	M2	M4
Sabor	M5	M4	M7	M6
Dulzor	M2	M3	M4	M6
Acidez	M4	M3	M2	M1
Impresión g.	M4	M7	M3	M1
Nota	M3	M4	M2	M1

Fuente: Elaboración propia.

Como se mostró en la tabla 21, la muestra M6 tiene la mayor concentración de algarrobina con 300 mL/L, la muestra M7 tiene 100 mL/L y el resto de muestras tiene una concentración de 200 mL/L.

La muestra M7 obtuvo la segunda mejor calificación en cuanto al parámetro impresión general y es tercera en cuanto a sabor. La muestra M6 es la peor calificada en cuanto a sabor y dulzor, lo cual indica que una mayor concentración de algarrobina no la hace mejor; además, la misma algarrobina contiene azúcar, por lo que usar una mayor concentración la puede volver empalagosa, razón por la cual puede tener la menor calificación en cuanto a dulzor de la bebida.

La muestra M4 tiene una concentración de ácido cítrico de 0,75 g/L, la muestra M5 una concentración de 0,25 g/L y el resto de muestras una concentración de 0,5 g/L. En cuanto al atributo acidez, la muestra M4, que es la que tiene una mayor concentración de ácido, es la mejor calificada; incluso es la mejor calificada en el parámetro impresión general, por lo que se concluye que 0,75 g/L de ácido cítrico es una buena concentración para la bebida.

La muestra M4, que es la segunda mejor calificada en cuanto al parámetro nota, tiene la menor desviación estándar, lo que supone que tuvo una aceptación muy similar por todos los evaluadores. Y, la muestra M6, que es la penúltima mejor calificada, tiene la mayor desviación estándar, lo que supone que no fue igualmente aceptada por los evaluadores.

La muestra M1 (formulación de la bebida base), tiene una desviación estándar media y es la muestra con menor puntaje del parámetro nota, por lo que se deduce que su formulación no es de la aceptación de los evaluadores.

4.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las muestras se va a realizar un análisis de varianza (ANOVA), el cual compara dos o más medias¹⁹ de distintas poblaciones. En este caso se efectúa un “Análisis de varianza de un factor”. Este factor vendría a ser los tratamientos, que son las muestras (Angulo Bustíos, 2011).

La tabla ANOVA tiene la estructura mostrada en la tabla 27. Donde:

SST: suma de cuadrados de los tratamientos.

SSE: suma de cuadrados del error.

SSTOT: suma de cuadrados total.

n: número de bloques.

k: número de datos en cada bloque.

PPT: promedio de los cuadrados de los tratamientos.

PPE: promedio de los cuadrados del error.

¹⁹ Es el promedio de un conjunto de *n* datos.

Tabla 27. Tabla ANOVA de un factor.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	<i>F</i>	<i>F*</i>
Entre muestras	<i>SST</i>	$k - 1$	$PPT = SST / (k - 1)$	PPT / PPE	F^*
Dentro de las muestras	<i>SSE</i>	$(n - 1)k$	$PPE = SSE / (n - 1)k$		
Total	<i>SSTOT</i>	$nk - 1$			

Fuente: Angulo Bustíos (2011).

Se realiza el análisis de varianza de forma independiente para cada uno de los parámetros evaluados (color, olor, sabor, dulzor, acidez, impresión general y nota).

El planteamiento de hipótesis, que se va a seguir en cada uno de los casos, es (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999, p. 128):

- Para los tratamientos (muestras):

H_0 : No hay diferencia entre muestras. $\sigma_{ET}^2 = \sigma_N^2$

H_1 : Al menos una muestra es diferente a las demás. $\sigma_{ET}^2 > \sigma_N^2$

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), se hace la Prueba F de comparación de varianzas, entonces se aceptaría si (Angulo Bustíos, 2011):

$$F < F^*$$

Se debe tomar en cuenta lo siguiente (Ureña, D'Arrigo, & Girón, 1999):

- Nivel de significación: 5%.
- Suposiciones:

Los datos siguen una distribución normal.

Los datos son extraídos de un muestreo al azar.

Ya con todos los datos a tomar en cuenta, se procede a elaborar la tabla ANOVA para cada parámetro.

4.3.1. Análisis estadístico del atributo color

De la tabla 29, se concluye que:

Para las muestras no existe diferencia estadística entre ellas (se acepta la hipótesis nula), por lo que se puede afirmar que para los jueces las muestras no presentan diferencias significativas en lo que respecta al atributo color. Es decir, todas las muestras presentan el mismo color.

Tabla 28. Tabla de calificaciones del parámetro color.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	4,29	3,13	3,17	2,04	4,13	4,88	1,75
2	3,25	2,67	4,25	4,25	4,29	4,75	4,83
3	4,00	4,46	4,04	4,42	4,04	3,08	4,71
4	1,63	1,38	1,42	1,25	1,13	1,08	2,17
5	3,75	3,79	4,71	3,67	3,75	3,71	0,13
6	1,71	2,21	2,25	2,63	3,42	2,29	3,63
7	2,13	3,21	3,88	3,38	1,92	1,21	3,83
8	4,17	2,83	1,63	3,33	1,33	1,75	4,71
9	1,67	1,00	1,00	1,04	0,92	1,13	1,92
10	3,04	3,13	3,25	3,21	2,46	2,50	3,75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Tabla ANOVA del parámetro color.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	F*
Entre muestras	1.7261	6	0.2877	0.1726	2.2464
Dentro de las muestras	104.9816	63	1.6664		
Total	106.7077	69			

Fuente: Elaboración propia.

El atributo color puede verse afectado principalmente por la cantidad de azúcar y de algarrobina utilizada. En todas las muestras se usó la misma concentración de azúcar, mientras que la concentración de algarrobina varió para las muestras M6 y M7.

4.3.2. Análisis estadístico del atributo olor

Tabla 30. Tabla de calificaciones del parámetro olor.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	1,42	4,33	1,58	0,92	1,00	4,08	0,50
2	3,83	4,08	4,92	1,42	1,83	5,00	4,92
3	2,92	1,58	1,67	1,50	0,92	2,67	1,00
4	5,00	3,83	3,08	2,33	2,08	2,50	1,67
5	2,17	2,50	4,08	3,83	4,92	5,00	5,00
6	4,08	4,25	3,83	4,58	2,75	4,08	2,17
7	3,33	1,58	1,58	2,42	4,92	4,08	2,42
8	3,08	3,50	1,42	0,67	3,67	0,33	0,75
9	2,58	1,67	2,33	3,33	4,33	2,58	2,58
10	3,08	3,92	4,17	2,50	4,50	4,92	3,75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Tabla ANOVA del parámetro olor.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	<i>F</i>	<i>F*</i>
Entre muestras	10.1057	6	1.6843	0.9019	2.2464
Dentro de las muestras	117.6452	63	1.8674		
Total	127.7509	69			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 31, se concluye que:

Para las muestras no existe diferencia estadística (se acepta la hipótesis nula), lo cual indica que para los jueces las muestras no presentan diferencias significativas. El olor en las siete muestras presentadas es el mismo o no varía mucho entre las muestras.

La concentración de algarrobina, es el principal factor que puede afectar el olor de la bebida. Esta concentración varía en las muestras M6 y M7, el resto de muestras tienen la misma concentración.

4.3.3. Análisis estadístico del atributo sabor

Tabla 32. Tabla de calificaciones del parámetro sabor.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	2,88	3,17	2,04	4,33	4,58	3,33	1,50
2	3,38	3,46	4,17	2,67	4,54	4,67	4,75
3	4,00	4,33	4,38	4,58	4,54	4,38	4,46
4	4,54	4,04	4,67	4,33	4,38	2,54	4,13
5	4,46	3,75	4,83	3,79	3,79	3,79	4,50
6	2,25	3,00	2,75	3,46	3,25	3,21	3,67
7	3,33	3,96	0,75	3,08	3,71	3,67	2,50
8	3,17	1,46	4,46	4,79	4,46	0,54	2,54
9	4,92	4,92	4,83	4,83	4,96	4,92	4,92
10	1,67	2,46	2,79	2,96	2,08	2,00	3,71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Tabla ANOVA del parámetro sabor.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	<i>F</i>	<i>F*</i>
Entre muestras	3.9299	6	0.6550	0.5415	2.2464
Dentro de las muestras	76.1983	63	1.2095		
Total	80.1282	69			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 33, se concluye que:

Las muestras no presentan diferencia estadística entre ellas (se acepta la hipótesis nula).

El atributo sabor se ve principalmente afectado por la concentración de algarrobina, de azúcar y de ácido cítrico utilizado en la bebida. La cantidad de azúcar empleada es la misma en todas las muestras; sin embargo, la algarrobina también contiene azúcar. Según, el análisis de varianza (ANOVA), no existen diferencias entre muestras, esto se puede deber a que las concentraciones no variaron mucho entre muestras, lo que llevó a los jueces a calificar de forma similar todas las muestras.

4.3.4. Análisis estadístico del atributo dulzor

Tabla 34. Tabla de calificaciones del parámetro dulzor.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	0,33	1,42	2,17	2,17	4,50	1,08	2,00
2	1,83	4,92	4,83	0,92	4,92	2,58	5,00
3	1,08	4,50	0,83	3,00	1,08	2,00	3,25
4	4,83	4,92	3,58	4,83	1,17	1,08	0,75
5	2,08	2,58	4,92	2,50	2,58	4,08	4,17
6	1,75	2,33	2,25	2,58	4,00	2,33	3,33
7	1,50	2,08	2,58	2,42	4,83	3,92	0,67
8	4,50	1,58	4,75	5,00	0,33	0,33	3,17
9	1,58	2,75	1,25	1,00	0,42	0,17	0,75
10	2,92	4,75	4,42	4,83	2,67	3,83	4,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Tabla ANOVA del parámetro dulzor.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	F*
Entre muestras	10.2293	6	1.7049	0.7024	2.2464
Dentro de las muestras	152.9241	63	2.4274		
Total	163.1533	69			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 35, se concluye que:

Para las muestras no existe diferencia estadística entre ellas (se acepta la hipótesis nula), lo cual quiere decir que para los jueces las muestras no presentan diferencias significativas.

El atributo dulzor se ve afectado por la concentración de azúcar presente en la bebida, la cual varía por la cantidad de algarrobina usada, pues ésta contiene azúcar.

4.3.5. Análisis estadístico del atributo acidez

Tabla 36. Tabla de calificaciones del parámetro acidez.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	2,42	3,75	3,25	3,83	3,83	2,58	2,25
2	4,75	2,83	3,92	5,00	5,00	4,92	4,92
3	3,33	4,08	2,83	3,75	1,83	2,17	4,17
4	4,92	3,42	3,17	2,25	2,25	3,33	2,92
5	4,92	3,75	5,00	4,17	5,00	5,00	5,00
6	1,50	2,17	1,58	2,33	2,25	3,58	3,92
7	3,08	5,00	4,08	3,42	3,17	3,00	0,42
8	1,17	1,25	4,92	5,00	0,92	1,08	0,33
9	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,08	0,17
10	1,58	4,92	4,83	4,92	4,75	4,92	5,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Tabla ANOVA del parámetro acidez.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	F*
Entre muestras	3.9471	6	0.6578	0.2324	2.2464
Dentro de las muestras	178.3338	63	2.8307		
Total	182.2809	69			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 37, se concluye que:

Las muestras no presentan diferencia estadística entre ellas (se acepta la hipótesis nula).

La acidez de la bebida se ve afectada por la cantidad de ácido cítrico empleado. La concentración de ácido varía en las muestras M4 y M5, las demás muestras presentan una concentración de ácido igual.

4.3.6. Análisis estadístico de impresión general

De la tabla 39, se concluye que:

No existe diferencia estadística entre las muestras (se acepta la hipótesis nula), por lo que se puede afirmar que para los jueces las muestras no presentan diferencias significativas.

La impresión general de la bebida se ve afectada por todos los ingredientes empleados, como la variación en la concentración de los ingredientes para las diferentes muestras no es muy grande; y además, solo varía un ingrediente por muestra, es de esperar que estadísticamente las muestras sean iguales. Esto quiere

decir que los jueces califican de manera similar, pero no igual, cada una de las muestras.

Tabla 38. Tabla de calificaciones del parámetro impresión general.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	3,67	2,79	2,21	3,42	3,88	3,50	1,79
2	3,29	3,54	4,17	3,08	3,46	4,75	4,92
3	3,21	4,00	3,67	3,63	3,71	3,46	4,00
4	3,79	4,04	4,67	4,46	4,17	3,17	4,08
5	2,54	2,50	3,67	2,58	2,58	3,75	3,50
6	1,54	2,04	1,71	3,33	3,33	2,96	3,79
7	1,71	3,08	1,75	2,50	3,46	3,42	1,04
8	3,29	3,13	3,42	4,38	0,21	0,21	2,58
9	4,92	4,71	4,58	4,92	4,92	4,92	4,92
10	2,04	2,54	2,63	2,63	2,17	1,58	3,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Tabla ANOVA del parámetro impresión general.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	F*
Entre muestras	1.5021	6	0.2504	0.1951	2.2464
Dentro de las muestras	80.8344	63	1.2831		
Total	82.3366	69			

Fuente: Elaboración propia.

4.3.7. Análisis estadístico de nota

Tabla 40. Tabla de calificaciones del parámetro nota.

Juez	Muestras						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	15,00	18,58	14,42	16,71	21,92	19,46	9,79
2	20,33	21,50	26,25	17,33	24,04	26,67	29,33
3	18,54	22,96	17,42	20,88	16,13	17,75	21,58
4	24,71	21,63	20,58	19,46	15,17	13,71	15,71
5	19,92	18,88	27,21	20,54	22,63	25,33	22,29
6	12,83	16,00	14,38	18,92	19,00	18,46	20,50
7	15,08	18,92	14,63	17,21	22,00	19,29	10,88
8	19,38	13,75	20,58	23,17	10,92	4,25	14,08
9	15,83	15,21	14,17	15,29	15,71	13,79	15,25
10	14,33	21,71	22,08	21,04	18,63	19,75	24,13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Tabla ANOVA del parámetro nota.

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	<i>F</i>	<i>F*</i>
Entre muestras	22.1192	6	3.6865	0.1731	2.2464
Dentro de las muestras	1341.6032	63	21.2953		
Total	1363.7224	69			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 41, se concluye que:

Las muestras no presentan diferencia estadística entre ellas (se acepta la hipótesis nula). Se podría afirmar que para los jueces las muestras no presentan diferencias significativas.

Para todos los atributos se concluye que no existen diferencias significativas entre las muestras, esto se puede explicar debido a que se trabajó con jueces no entrenados y a que las formulaciones empleadas no difieren mucho uno de la otra, pues se varía solo un factor a la vez por muestra.

Como se sabe, las muestras tienen una variación de un ingrediente a la vez y en una medida de $\pm 50\%$, que en cantidad no es mucho, por lo que es de esperar que su calificación no varíe mucho entre muestras.

Conclusiones

Se elaboró una prueba sensorial y se realizó pruebas fisicoquímicas de diferentes muestras, las cuales fueron analizadas para determinar una formulación aceptada de forma general. De esta forma, se cumple con el objetivo de elaborar una bebida carbonatada de algarrobina.

La muestra M4 es la más aceptada después de haber realizado el análisis de las pruebas hechas, pues esta es la que presenta una mejor calificación del parámetro impresión general y es la segunda mejor calificada del parámetro nota. Además, es la que presenta una menor desviación estándar. Esta muestra tiene una concentración de 200 mL/L de algarrobina, 0,75 g/L de ácido cítrico y 0,2 g/L de benzoato de sodio.

Durante la prueba sensorial algunos comentarios de los evaluadores era que la bebida terminaba sintiéndose muy dulce. Esto puede explicarse debido a que se dieron a degustar siete muestras cuando lo recomendado es cuatro o máximo cinco.

El método de carbonatación usado, a pesar de ser un método artesanal, permite tener un buen nivel de carbonatación. Dentro de las complicaciones que se presentaron fue que al momento de quitar la bebida del sistema de carbonatación hay una pequeña pérdida de gas entre destapar y tapar la botella.

Se estableció los parámetros a tomar en cuenta para la carbonatación, los cuales son: $T \approx 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $P = 551,58\text{ kPa} = 80\text{ psi}$. Además, debido al método de carbonatación usado, se requiere agitar la bebida durante un tiempo de $t = 60\text{ s}$.

Se debe mejorar algunos aspectos muy puntuales de la bebida, como: el nivel de dulzor, que resultó en términos generales muy dulce para los evaluadores, por lo que se tendría que reducir la concentración de azúcar; y la concentración de ácido cítrico, pues los evaluadores hicieron mención en que al tratarse de una bebida gasificada, esta podría ser un poco más ácida.

Si se pretendiese lanzar una bebida gasificada de algarrobina al mercado, se tendría que llevar a cabo las correcciones respectivas en la formulación de la bebida, luego del análisis sensorial efectuado.

El plantear la posibilidad de lanzar una bebida carbonatada al mercado, implicaría llevar a cabo una investigación de mercado con el fin de evaluar la aceptación comercial de la bebida.

El principal problema durante la elaboración de la bebida, fue la repetibilidad del método de carbonatación empleado, de tal manera que permita obtener una gasificación similar para las diferentes muestras.

No existen diferencias significativas entre muestras, para ninguno de los atributos sensoriales evaluados.

Se estableció un nivel de carbonatación de la bebida de alrededor de 2,5 volúmenes de CO₂.

Para el análisis sensorial, se trabajó con un grupo de evaluadores no entrenados, por lo cual los resultados mostrados pueden no ser muy exactos. Por ello, se recomienda un entrenamiento previo de los evaluadores, con el fin de obtener datos más consistentes.

Las diferentes muestras elaboradas, durante las pruebas preliminares y las pruebas de laboratorio, así como las muestras elaboradas para la evaluación sensorial, cumplieron en su totalidad con los requisitos fisicoquímicos que exige la Norma Técnica Peruana 214.001.

Se evitó el uso de saborizantes en la bebida, tal y como se había propuesto al inicio de la tesis como objetivo, por el contrario sí se usa el benzoato de sodio como conservante, con el fin de que la bebida no se deteriore de forma muy rápida.

Para un mejor análisis de la bebida, se recomienda realizar formulaciones en las cuales se varíe más de un factor a la vez, pues esto permitiría analizar las posibles interacciones que existen entre todos los componentes involucrados en la formulación.

Referencias bibliográficas

- A DUE. (s.f.). Obtenido de A DUE: <http://www.adue.it/es/soluciones/bebidas-carbonatadas.html>
- Angulo Bustíos, C. (2011). *Estadística* (Tercera ed.). Piura: Aleph Impresiones SRL.
- Armfield. (s.f.). *Explore armfield*. Recuperado en Enero de 2016, de Explore armfield: <http://exploreamfield.com/es/products/view/ft102x/sistema-de-carbonatacion-y-llenado>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (11 de Julio de 2000). *Norma Técnica Nicaragüense 03 01-99, Norma Técnica de Bebidas Carbonatadas*. Nicaragua. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/4c9d05860ddef1c50625725e0051e506/3098b5c5a7be1dda0625735d007a87c4?OpenDocument>
- Aspprabos. (s.f.). *CITEagroPiura*. Obtenido de Centro de Innovación Tecnológica Agroindustrial de Piura: <http://www.citeagropiura.org/web/index.php/proyectos/aspprabos.html>
- Backus. (s.f.). *Backus*. Obtenido de Backus: <http://backus.pe/marcas/otras-bebidas/maltin-power/>
- Blog movimiento de energía. (8 de Setiembre de 2011). *Blog movimiento de energía*. Obtenido de Blog movimiento de energía: <http://movimientodeenergia.blogspot.pe/2011/09/descripcion-del-proceso-de-elaboracion.html>
- Boustens. (s.f.). Obtenido de <http://www.boustens.com/manometro-presion-interna-botellas-pvt/>

- Bravo, L., Grados, N., & Saura-Calixto, F. (1998). *Characterization of syrup and dietary fiber obtained from mesquite pods (Prosopis Pallida L)*. Journal of agricultural and food chemistry, 46(5), 1998, pp. 1727-1733.
- Cerdeira, S., Ceretti, H., & Reciuschi, E. (25 de Marzo de 2009). *Educ.ar*. Obtenido de Educ.ar: http://www.educ.ar/recursos/ver?rec_id=15070
- Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. Ministerio de Economía. (14 de Agosto de 1986). *Norma Guatemalteca Obligatoria NGO 34 155 h1, Bebidas Carbonatadas: Determinación del volumen de dióxido de carbono (anhídrido carbónico)*. Obtenido de atp consultores: http://www.atpconsultores.com/conservasymermeladas/normas/COGUANOR%20NGO_%2034_%20155%20h1%20Bebidas%20carbonatadas%20volumen%20carb%20ono.pdf
- Empresa Polar. (s.f.). *Empresa Polar*. Obtenido de Empresa Polar: <http://empresapolar.com/nuestra-historia/cronologia/primera-planta-cerveceria-polar-antimano>
- Extech. (2005). *Manual de usuario Refractómetro Brix Modelo RF18*. Obtenido de Flir: http://www.flir.com/uploadedFiles/Extech/US_Datasheets/Lab_Instruments/Refractometers/RF18_UM_sp.pdf
- Flores, C. (10 de Julio de 2015). Peruanos consumen 100 litros de gaseosa. Perú. Obtenido de <http://diariocorreo.pe/economia/peruanos-consumen-100-litros-de-gaseosa-601251/>
- Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W., Maus, L., & Andersen, L. B. (2006). *Principios de operaciones unitarias* (Decima ed.). (F. Torres Roldán, Trad.) México DF: CECSA.
- García Sarquiz, M. (14 de Febrero de 2013). *Asesoría Nutricional*. Obtenido de Asesoría Nutricional: <http://anutricional.com/?p=726>
- García Valdés, D. A. (2003). *Programa de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebidas*. Tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0245_MI.pdf
- GEA Diessel GmbH. (13 de Mayo de 2013). *GEA Group*. Obtenido de GEA Group: http://www.gea.com/global/en/binaries/D3752-00en_DICAR-C_tcm11-19899.pdf
- Grados, N., Ruiz, W., Cruz, G., Diaz, C., & Puicón, J. (2000). *Productos industrializables de la algarroba peruana (Prosopis pallida): algarrobina y harina de algarroba*. Multequina 9(2): 119-132. Obtenido de http://www.cricyt.edu.ar/multequina/indice/pdf/09_02/9_2_8.pdf
- Grández Gil, G. (2008). *Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones*. Tesis de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura. Obtenido de <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1553>

- Haskoning S.A. & Consejería del Medio Ambiente. (s.f.). *Junta de Andalucía*. Obtenido de Junta de Andalucía:
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/CA-107-1_MANUAL_DE_AUDITORIA_MEDIOAMBIENTAL-_SECTOR_DE_ELABORACION_DE_BEBIDAS_REFRESCANTES/CA-107-1/2_DESCRIPCION_DEL_PROCESO_DE_ELABORACION_DE_BEBIDAS_REFRESCANTES.PDF
- INDECOPI. 1985 (revisada el 2012). *Norma Técnica Nacional NTP 214.001, Bebidas Gasificadas Jarabeadas. Requisitos*. Lima, Perú.
- Kinch, R. J. (Noviembre de 2015). *Truetex*. Obtenido de Truetex:
<http://www.truetex.com/carbonation.htm#zahm>
- McEVER Distributors Inc. (s.f.). *McEVER distributors*. Obtenido de McEVER distributors: <http://mceverdistrib.com/post-mix-machines/>
- Morrow, R. S., Quinn, C. M.; Update by Staff (2007). Carbonated Beverages. En *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Capítulo 8. Wiley Online Library. doi:10.1002/0471238961.0301180213151818.a01.pub2
- Red Institucional de Tecnologías Limpias. (s.f.). *Red Institucional de Tecnologías Limpias*. Obtenido de Red Institucional de Tecnologías Limpias:
http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313403/313403_proc.htm#PROCESO_DE_PRODUCION.
- Representaciones Adendorf. (s.f.). *Adendorf*. Obtenido de Adendorf:
<http://www.adendorf.net/refractometro-brix-45-82-p-588.html>
- Sander, R. (8 de Abril de 1999). *henrys-law*. Obtenido de <http://www.henrys-law.org/henry-3.0.pdf>
- SensoFood Solutions*. (s.f.). Obtenido de SensoFood Solutions:
<http://www.sensofoodsolutions.com/index.php?pag=serv>
- Servibev. (s.f.). *Servibev*. Recuperado el Enero de 2016, de Servibev:
<http://servibev.com/members/tracy-king/>
- Steen, D. P., & Ashurst, P. R. (2006). *Carbonated Soft Drinks: Formulation and Manufacture*. Blackwell Publishing Ltd.
- Steinfurth, Inc. (7 de Noviembre de 2014). *Steinfurth Electromechanical Measuring Systems*. Obtenido de Steinfurth: <http://www.steinfurth.de/files/steinfurth-lcs710p-laboratory-carbonation-system-beverage-carbonator.pdf>
- Supermalt UK Ltd. (s.f.). *Supermalt*. Obtenido de Supermalt: <http://www.supermalt.com/>
- The CHI Company. (s.f.). *Chi company*. Obtenido de Chi company:
http://www.chicompany.net/index.php?main_page=product_info&cPath=361_25&products_id=1883
- Universidad de Piura. (2013). *UDEP*. Obtenido de UDEP:
<http://udep.edu.pe/hoy/files/2013/03/algarrobo1.jpg>

- Ureña Peralta, M. O., D'Arrigo Huapaya, M., & Girón Molina, O. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (Primera ed.). Lima, Perú: Agraria.
- WikiHow. (s.f.). *WikiHow*. Obtenido de WikiHow: <http://es.wikihow.com/carbonatar-una-bebida>
- Wikipedia. (4 de Diciembre de 2015). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Prosopis_pallida
- Wikipedia. (14 de Enero de 2016). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Henry
- Wikipedia. (4 de Agosto de 2016). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%81cido_c%C3%ADtrico&oldid=92725083
- Wikipedia. (8 de Junio de 2016). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Benzoato_de_sodio&oldid=91576104
- Wikipedia. (3 de Noviembre de 2015). *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Obtenido de Wikipedia, The Free Encyclopedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Supermalt>

Anexos

Anexo 1

Compensación de temperatura para medida de grado Brix (referenciada a 20 °C)

%	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
°C	Reste lo siguiente de la medida													
10	0.58	0.59	0.61	0.64	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74	0.74	0.74	0.75	0.76	0.77
11	0.51	0.54	0.55	0.58	0.61	0.63	0.65	0.65	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68	0.69
12	0.47	0.49	0.50	0.52	0.55	0.57	0.58	0.58	0.60	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61
13	0.42	0.44	0.44	0.45	0.49	0.50	0.51	0.51	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
14	0.37	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46
15	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
16	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
17	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
18	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
19	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Sume lo siguiente a la medida													
21	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
22	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15
23	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.22
24	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.31	0.31
25	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39
26	0.43	0.44	0.44	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47
27	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55
28	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63
29	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.71
30	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.80	0.79

Fuente: Extech (2005).

Anexo 2

Volúmenes de dióxido de carbono disueltos en un volumen de agua

Temperatura en °C	Presión manométrica, en kilopascales																
	0	13.8	27.6	41.4	55.2	68.9	82.7	96.5	110.3	124.1	137.9	151.7	165.5	179.3	193.1	206.8	220.6
0	1.71	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.7	4.9	5.2	5.4
0.6	1.68	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3
1.1	1.64	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.2
1.8	1.61	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1
2.2	1.57	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	5.0
2.8	1.54	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.9
3.3	1.51	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.8
3.9	1.47	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.3	4.5	4.7
4.4	1.45	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5
5.0	1.42	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4
5.6	1.40	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
6.1	1.37	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3
6.7	1.35	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2
7.2	1.32	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1
7.8	1.29	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.0
8.3	1.26	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0
8.9	1.24	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9
9.4	1.21	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.7	3.8
10.0	1.19	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7
10.6	1.17	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7
11.1	1.15	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6
11.7	1.13	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6
12.2	1.11	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5
12.8	1.10	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4
13.3	1.08	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4
13.9	1.06	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3
14.4	1.04	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3
15.0	1.02	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
15.6	1.00	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1
16.1	0.98	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1
16.7	0.97	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0
17.2	0.95	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0
17.8	0.93	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9
18.3	0.92	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9
18.9	0.90	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
19.4	0.89	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8
20.0	0.88	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
20.6	0.86	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7
21.1	0.85	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7
21.7	0.84	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
22.2	0.83	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6
22.8	0.81	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
23.3	0.79	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
23.9	0.78	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5
24.4	0.77	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.4
25.0	0.76	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
25.6	0.75	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
26.1	0.74	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
26.7	0.73	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
27.2	0.72	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
27.8	0.71	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
28.3	0.70	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
28.9	0.69	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
28.4	0.68	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1
30.0	0.67	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
30.6	0.66	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
31.1	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
31.7	0.64	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0
32.2	0.63	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
32.8	0.62	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
33.3	0.61	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9
33.9	0.60	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9
34.4	0.60	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9
35.0	0.59	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
35.6	0.58	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8
36.1	0.57	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8
36.7	0.57	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8
37.2	0.56	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
37.8	0.56	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (1986).

Anexo 2 (continuación)

Volúmenes de dióxido de carbono disueltos en un volumen de agua

Temperatura en °C	Presión manométrica, en kilopascuales																
	234.4	248.2	262.0	275.8	289.6	303.4	317.2	330.9	344.7	358.5	372.3	386.1	399.9	413.7	427.5	441.3	455.1
0	5.6	5.8	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	7.2	7.4	7.7	7.9	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.3
0.6	5.5	5.7	5.9	6.2	6.4	6.6	6.8	7.1	7.3	7.5	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.9	9.1
1.1	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.5	6.7	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.7	8.9
1.8	5.2	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.3	8.5	8.7
2.2	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3	8.6
2.8	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4
3.3	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2
3.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0
4.4	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9
5.0	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.5	7.7
5.6	4.6	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6
6.1	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.0	7.2	7.4
6.7	4.4	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.0	6.2	6.4	6.6	6.7	6.9	7.1	7.3
7.2	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.8	6.9	7.1
7.8	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0
8.3	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.7	5.7	6.0	6.2	6.3	6.5	6.7	6.9
8.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6	5.9	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.8
9.4	4.0	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.5	5.6	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4	6.6
10.0	3.9	4.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.5
10.6	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4
11.1	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3
11.7	3.7	3.8	4.0	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	6.1
12.2	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0
12.8	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9
13.3	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.1	5.2	5.4	5.5	5.7	5.8
13.9	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7
14.4	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6
15.0	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6
15.6	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4
16.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3
16.7	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1	5.3
17.2	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.2
17.8	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1
18.3	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.0
18.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9
19.4	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8
20.0	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7
20.6	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
21.1	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6
21.7	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
22.2	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4
22.8	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.4
23.3	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3
23.9	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
24.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
25.0	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1
25.6	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1
26.1	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
26.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.9
27.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
27.8	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8
28.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
28.9	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
28.4	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
30.0	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
30.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
31.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
31.7	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
32.2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4
32.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3
33.3	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3
33.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
34.4	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2
35.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2
35.6	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
36.1	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1
36.7	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1
37.2	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1
37.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (1986).

Anexo 2 (continuación)

Volúmenes de dióxido de carbono disueltos en un volumen de agua

Temperatura en °C	Presión manométrica, en kilopascales																
	468.8	482.6	496.4	510.2	524.0	537.6	551.6	565.4	579.2	592.9	606.7	620.5	634.3	648.1	661.9	675.7	689.5
0	9.5	9.7	10.0	10.2	10.4	10.7	10.9	11.2	11.5	11.7	12.0	12.2	12.4	12.7	12.9	13.2	13.4
0.6	9.3	9.5	9.8	10.0	10.2	10.4	10.7	11.0	11.3	11.5	11.7	11.9	12.2	12.4	12.6	12.9	13.1
1.1	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.2	10.5	10.8	11.0	11.2	11.5	11.7	11.9	12.2	12.4	12.6	12.8
1.8	8.9	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.3	10.6	10.8	11.0	11.3	11.5	11.7	11.9	12.1	12.3	12.5
2.2	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.7	11.9	12.1	12.3
2.8	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.1	10.3	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0
3.3	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.4	11.6	11.8
3.9	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5
4.4	8.1	8.3	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3
5.0	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1
5.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.5	8.7	8.9	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9
6.1	7.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.5	8.7	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7
6.7	7.5	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.1	9.2	9.5	9.6	9.8	10.0	10.2	10.3	10.5
7.2	7.3	7.5	7.7	7.8	8.0	8.2	8.4	8.7	8.9	9.0	9.3	9.4	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3
7.8	7.2	7.4	7.5	7.7	7.9	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.7	9.9	10.1
8.3	7.0	7.2	7.4	7.6	7.7	7.9	8.0	8.3	8.5	8.7	8.9	9.0	9.2	9.4	9.5	9.7	9.9
8.9	6.9	7.1	7.2	7.4	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	9.3	9.5	9.7
9.4	6.8	6.9	7.1	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.5	8.7	8.9	9.0	9.2	9.3	9.5
10.0	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	7.6	7.9	8.0	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.0	9.2	9.3
10.6	6.5	6.7	6.8	7.0	7.2	7.3	7.5	7.7	7.9	8.0	8.2	8.4	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2
11.1	6.4	6.6	6.7	6.9	7.0	7.2	7.3	7.6	7.8	7.9	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.0
11.7	6.3	6.4	6.6	6.7	6.9	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	7.9	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9
12.2	6.2	6.3	6.5	6.6	6.8	6.9	7.1	7.3	7.5	7.6	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4	8.6	8.7
12.8	6.1	6.2	6.3	6.5	6.6	6.8	6.9	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4	8.6
13.3	6.0	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.8	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4
13.9	5.9	6.0	6.1	6.3	6.4	6.6	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.1	8.3
14.4	5.8	5.9	6.0	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.1
15.0	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3	6.5	6.7	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0
15.6	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.6	6.7	6.8	7.0	7.1	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8
16.1	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.9	7.0	7.1	7.3	7.4	7.6	7.7
16.7	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.3	6.5	6.6	6.8	6.9	7.0	7.2	7.3	7.4	7.5
17.2	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.2	7.3	7.4
17.8	5.2	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.2	7.3
18.3	5.1	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.2
18.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0
19.4	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
20.0	4.8	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
20.6	4.8	4.9	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7
21.1	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6
21.7	4.6	4.7	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
22.2	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4
22.8	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3
23.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1
23.9	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
24.4	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
25.0	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
25.6	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
26.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
26.7	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7
27.2	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6
27.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5
28.3	3.9	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4
28.9	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3
28.4	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3
30.0	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2
30.6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1
31.1	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
31.7	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
32.2	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
32.8	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8
33.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8
33.9	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	4.0	4.1	4.1	4.2	4.4	4.4	4.4	4.6	4.7	4.7
34.4	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6	4.7
35.0	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.6
35.6	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6
36.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5
36.7	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4
37.2	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4
37.8	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (1986).

Anexo 3

Formato de evaluación sensorial usado en esta tesis

Se debe caracterizar cada muestra según el atributo sensorial presentado. Para ello, se debe realizar una raya perpendicular a la línea horizontal según la intensidad del atributo.

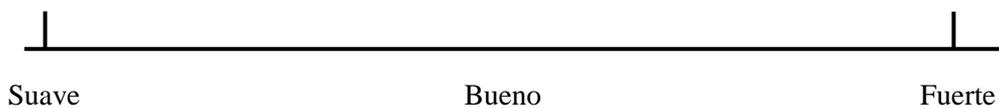
Nombre: _____

Fecha: _____ Muestra: _____

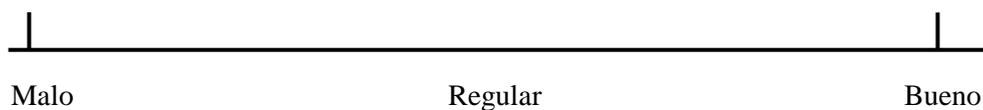
1. Color



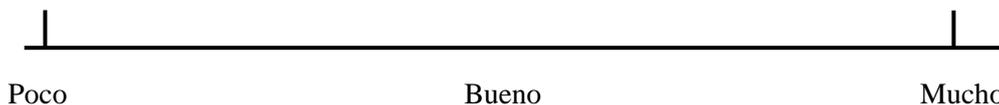
2. Olor



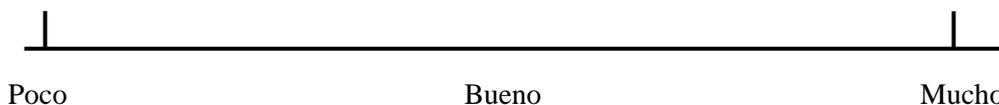
3. Sabor



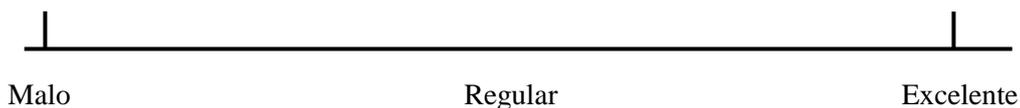
4. Dulzor



5. Acidez



6. Impresión general



Observaciones

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4

Calificaciones de cada panelista en la prueba sensorial

Panelista	Muestra	Color	Olor	Sabor	Dulzor	Acidez	Impresión general	Nota
1	M1	4,29	1,42	2,88	0,33	2,42	3,67	15,00
	M2	3,13	4,33	3,17	1,42	3,75	2,79	18,58
	M3	3,17	1,58	2,04	2,17	3,25	2,21	14,42
	M4	2,04	0,92	4,33	2,17	3,83	3,42	16,71
	M5	4,13	1,00	4,58	4,50	3,83	3,88	21,92
	M6	4,88	4,08	3,33	1,08	2,58	3,50	19,46
	M7	1,75	0,50	1,50	2,00	2,25	1,79	9,79
2	M1	3,25	3,83	3,38	1,83	4,75	3,29	20,33
	M2	2,67	4,08	3,46	4,92	2,83	3,54	21,50
	M3	4,25	4,92	4,17	4,83	3,92	4,17	26,25
	M4	4,25	1,42	2,67	0,92	5,00	3,08	17,33
	M5	4,29	1,83	4,54	4,92	5,00	3,46	24,04
	M6	4,75	5,00	4,67	2,58	4,92	4,75	26,67
	M7	4,83	4,92	4,75	5,00	4,92	4,92	29,33
3	M1	4,00	2,92	4,00	1,08	3,33	3,21	18,54
	M2	4,46	1,58	4,33	4,50	4,08	4,00	22,96
	M3	4,04	1,67	4,38	0,83	2,83	3,67	17,42
	M4	4,42	1,50	4,58	3,00	3,75	3,63	20,88
	M5	4,04	0,92	4,54	1,08	1,83	3,71	16,13
	M6	3,08	2,67	4,38	2,00	2,17	3,46	17,75
	M7	4,71	1,00	4,46	3,25	4,17	4,00	21,58
4	M1	1,63	5,00	4,54	4,83	4,92	3,79	24,71
	M2	1,38	3,83	4,04	4,92	3,42	4,04	21,63
	M3	1,42	3,08	4,67	3,58	3,17	4,67	20,58
	M4	1,25	2,33	4,33	4,83	2,25	4,46	19,46
	M5	1,13	2,08	4,38	1,17	2,25	4,17	15,17
	M6	1,08	2,50	2,54	1,08	3,33	3,17	13,71
	M7	2,17	1,67	4,13	0,75	2,92	4,08	15,71
5	M1	3,75	2,17	4,46	2,08	4,92	2,54	19,92
	M2	3,79	2,50	3,75	2,58	3,75	2,50	18,88
	M3	4,71	4,08	4,83	4,92	5,00	3,67	27,21
	M4	3,67	3,83	3,79	2,50	4,17	2,58	20,54
	M5	3,75	4,92	3,79	2,58	5,00	2,58	22,63
	M6	3,71	5,00	3,79	4,08	5,00	3,75	25,33
	M7	0,13	5,00	4,50	4,17	5,00	3,50	22,29

Anexo 4 (continuación)

Calificaciones de cada panelista en la prueba sensorial

Panelista	Muestra	Color	Olor	Sabor	Dulzor	Acidez	Impresión general	Nota
6	M1	1,71	4,08	2,25	1,75	1,50	1,54	12,83
	M2	2,21	4,25	3,00	2,33	2,17	2,04	16,00
	M3	2,25	3,83	2,75	2,25	1,58	1,71	14,38
	M4	2,63	4,58	3,46	2,58	2,33	3,33	18,92
	M5	3,42	2,75	3,25	4,00	2,25	3,33	19,00
	M6	2,29	4,08	3,21	2,33	3,58	2,96	18,46
	M7	3,63	2,17	3,67	3,33	3,92	3,79	20,50
7	M1	2,13	3,33	3,33	1,50	3,08	1,71	15,08
	M2	3,21	1,58	3,96	2,08	5,00	3,08	18,92
	M3	3,88	1,58	0,75	2,58	4,08	1,75	14,63
	M4	3,38	2,42	3,08	2,42	3,42	2,50	17,21
	M5	1,92	4,92	3,71	4,83	3,17	3,46	22,00
	M6	1,21	4,08	3,67	3,92	3,00	3,42	19,29
	M7	3,83	2,42	2,50	0,67	0,42	1,04	10,88
8	M1	4,17	3,08	3,17	4,50	1,17	3,29	19,38
	M2	2,83	3,50	1,46	1,58	1,25	3,13	13,75
	M3	1,63	1,42	4,46	4,75	4,92	3,42	20,58
	M4	3,33	0,67	4,79	5,00	5,00	4,38	23,17
	M5	1,33	3,67	4,46	0,33	0,92	0,21	10,92
	M6	1,75	0,33	0,54	0,33	1,08	0,21	4,25
	M7	4,71	0,75	2,54	3,17	0,33	2,58	14,08
9	M1	1,67	2,58	4,92	1,58	0,17	4,92	15,83
	M2	1,00	1,67	4,92	2,75	0,17	4,71	15,21
	M3	1,00	2,33	4,83	1,25	0,17	4,58	14,17
	M4	1,04	3,33	4,83	1,00	0,17	4,92	15,29
	M5	0,92	4,33	4,96	0,42	0,17	4,92	15,71
	M6	1,13	2,58	4,92	0,17	0,08	4,92	13,79
	M7	1,92	2,58	4,92	0,75	0,17	4,92	15,25
10	M1	3,04	3,08	1,67	2,92	1,58	2,04	14,33
	M2	3,13	3,92	2,46	4,75	4,92	2,54	21,71
	M3	3,25	4,17	2,79	4,42	4,83	2,63	22,08
	M4	3,21	2,50	2,96	4,83	4,92	2,63	21,04
	M5	2,46	4,50	2,08	2,67	4,75	2,17	18,63
	M6	2,50	4,92	2,00	3,83	4,92	1,58	19,75
	M7	3,75	3,75	3,71	4,67	5,00	3,25	24,13