

22
2g.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EVALUACION DEL METODO DEL ELECTRODO SENSIBLE A CO_2 CON RESPECTO AL METODO MANOMETRICO, PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CO_2 EN BEBIDAS CARBONATADAS



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
JOSE ANDRES ESTRADA REYES

MEXICO, D. F.

1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E .

INTRODUCCION

GENERALIDADES

MATERIALES Y METODOS

RESULTADOS

DISCUSION

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

I N D I C E

Página

CAPITULO 1.

Introducción 8

CAPITULO 2.

Generalidades.....	10
2.1. Bebidas Carbonatadas.....	11
2.1.1. Clasificación de las Bebidas Carbonatadas.....	11
2.1.2. Desarrollo Histórico de las Bebidas Carbonatadas.....	13
2.2. El Agua en las Bebidas Carbonatadas.....	18
2.2.1. El Agua y su Tratamiento.....	20
2.2.2. Normas para el Agua usada en Bebidas.....	36
2.2.3. El Agua y la Salud.....	38
2.3. Preparación de Jarabes.....	45
2.3.1. Agentes Edulcorantes.....	48
2.3.2. Acidulantes.....	63
2.3.3. Sabores.....	69
2.3.4. Colores.....	80
2.3.5. Agentes Emulsificantes.....	84
2.3.6. Conservadores.....	85
2.3.7. Método de Preparación de Jarabe Terminado.....	86
2.4. Carbonatación.....	91
2.4.1. Dióxido de Carbono.....	91
2.4.2. Volumen de CO ₂	96
2.4.3. Carbonatación.....	99
2.5. Electrodo.....	106
2.5.1. Electrodo Sensible a CO ₂	114

CAPITULO 3.

Materiales y Métodos.....	117
3.1. Material.....	118
3.2. Métodos de Análisis.....	119
3.3. Experimentación.....	124

	Página
CAPITULO 4. Resultados.....	131
CAPITULO 5. Discusión.....	143
CAPITULO 6. Conclusiones.....	147
BIBLIOGRAFIA	150

C A P I T U L O I .

I N T R O D U C C I O N .

OBJETIVOS:

Conocer el método de análisis más exacto en la determinación del contenido de CO_2 en bebidas carbonatadas, con el fin de ser utilizado en la industria de refrescos como aseguramiento de calidad de la carbonatación del producto terminado.

INTRODUCCION.

El método manométrico se ha utilizado en la industria de refrescos en forma sistemática, para verificar el contenido de CO_2 en las bebidas gaseosas.

Relativo al electrodo sensible a CO_2 se plantea la posibilidad de utilizarlo en la industria de refrescos, por lo que surgió el interés de realizar la evaluación del método del electrodo sensible a CO_2 .

La evaluación incluye un trabajo de laboratorio con pruebas comparativas tanto en agua carbonatada como en bebidas carbonatadas de marca comercial (refrescos).

Se efectúa un análisis estadístico de correlación lineal para conocer la forma en que se relacionan ambos métodos.

Se considera que el contenido de CO_2 en la bebida imparte la sensación característica de sabor, de la cual depende en gran parte la aceptación por los consumidores a tal

producto comercial.

Dicho contenido de CO_2 en la bebida se ve afectado por una serie de factores, tales como la calidad de los ingredientes y de las técnicas de elaboración, por lo que se presentan en este trabajo los distintos ingredientes utilizados en la - elaboración de las bebidas carbonatadas y la manera en que influyen en la carbonatación del producto final.

C A P I T U L O 2

G E N E R A L I D A D E S

2. GENERALIDADES.

2.1. Bebidas Carbonatadas.

Las bebidas carbonatadas o refrescos son definidos como bebidas no alcohólicas que además de agua potable pueden contener como máximo un 2% de alcohol etílico, edulcorantes, saborizantes, dióxido de carbono, jugos, pulpas de frutas y otros aditivos autorizados. (25).

Estas bebidas son ampliamente consumidas y disfrutadas por ser refrescantes, además tienen la cualidad de apagar la sed, son relativamente baratas y disponibles en la mayoría de los establecimientos, son agradables para casi todos los grupos de edades. (37).

Las bebidas carbonatadas o refrescos han adoptado diferentes nombres de acuerdo a la localidad, por ejemplo el término "Soda" se utiliza en Estados Unidos, nombre derivado del método original de cargar el agua con dióxido de carbono, el cual es preparado a partir del bicarbonato de sodio o carbonato de sodio. Otro término generalmente muy usado es el de "Soft Drink". (15)

2.1.1. Clasificación.

La Norma Oficial Mexicana establece la clasificación y definiciones de las bebidas no alcohólicas, excluyendo aguas minerales, leche, productos lácteos, cacao, café, té puro, mate, cocoa, sasafras, corteza de árbol, hojas y plantas similares, y

las bases de preparación (concentrados y jarabes) para refrescos.

Los refrescos se clasifican de acuerdo a su composición en tres grupos:

- (a) Refrescos de
- (b) Refrescos sabor de.....
- (c) Refrescos bajos en calorías.

(a) Refrescos de....

Es aquel que contiene menos del 10 % y como mínimo 6 % de jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres.

(b) Refrescos sabor de....

Es aquel que puede contener jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres en cantidad menor al 6 %.

Quedan comprendidos dentro de este grupo aquellos refrescos cuyas cualidades específicas los clasifican como de un sabor indefinido característico e inherente al producto.

(c) Refrescos bajos en calorías.

Son aquellos que en su composición eliminan el uso del azúcar, sustituyéndola por edulcorantes autorizados. (25) .

2.1.2. Desarrollo histórico.

Se considera que la industria de las bebidas carbonatadas no alcohólicas fué iniciada por el químico inglés Joseph Priestley.

En el año de 1767, Priestley, mientras conducía experimentos con el dióxido de carbono que recogía de los tanques de fermentación de cerveza, encontró que este gas, identificado como "aire fijado", daba un sabor acidulante placentero al agua en el que se disolvía. A esta agua se le llamó en aquel entonces "agua aerada". Poco tiempo después, Priestley encontró un procedimiento más barato para preparar dióxido de carbono, por la acción del ácido sulfúrico sobre el yeso.

Joseph Priestley publicó en 1772 un panfleto titulado "Direcciones para impregnar agua con aire fijado para comunicar a ella el espíritu peculiar y virtudes del agua Pymont, y otras aguas minerales de naturaleza similar" (Directions for Impregnating Water with Fixed Air in order to communicate to it the peculiar Spirit and Virtues of Pymont Water, And other Mineral Waters of a similar nature).

Priestley utilizó para sus investigaciones datos y registros disponibles en su tiempo de científicos del siglo XVI. Por ejemplo, por 1572 Leonhard Thurneisser (1530-1596), físico de Branderburgo, preparó agua sulfurosa artificial que se consideró entonces como medicinalmente útil. Gubelilitscher cubrió la historia del agua mineral, composición y análisis, desde los tiem-

pos de los Griegos y Romanos. En 1606, Andreas Libavius (1546-1616) escribió un libro titulado "De la Evaluación de Aguas - Minerales" (De iudicio aquarum mineralium). Más temprano aún, Paracelsus (1493-1541) notó que durante la fermentación y por la acción de ácidos sobre el yeso se formaban gases.

Priestley también estaba enterado de los estudios e intentos anteriores de hacer una copia artificial del agua efervescente por muchos científicos europeos y británicos.

Jean Baptiste van Helmont (1577-1644) de Bélgica, tiene el crédito del descubrimiento del dióxido de carbono y del hecho de que el mismo gas se forma cuando la madera es quemada, cuando el ácido actúa sobre la piedra caliza, y en la fermentación de ciertos materiales. Johann Joachin Becher (1635-1682) repitió el trabajo de van Helmont. Otros que experimentaron con o prepararon aguas minerales artificiales y aguas carbonatadas fueron Robert Boyle (1660-1742), químico inglés, el químico sueco Urban Hierne, Hoffman, Geoffroy y Venel. En 1685, Friedrich Hoffman (1660-1742), físico, químico y profesor en la Universidad de Halle, publicó un reporte titulado "De Métodos para el exámen de aguas saludables" (De Methode Examinande Aquas Salubres). Etienne Francois Geoffroy (1672-1731) intentó seguir el trabajo de Hoffmann, pero no tuvo éxito.

De los científicos que trabajaron con gases tenemos al francés Gabriel Francois Venel (1750), al inglés Stephen Hales (1677-1761) cuyos métodos sobre gases fueron utilizados por Black y Cavendish.

Joseph Black (1728-1799), científico escocés, trabajó mucho con el dióxido de carbono mientras fué profesor de - - Glasgow, obteniéndolo del carbonato de magnesio (magnesia al ba) y subsecuentemente de la piedra caliza y de carbonatos - alcalinos.

William Brownrigg (1711-1800), físico inglés, más o - menos al mismo tiempo que Priestley, notó que el dióxido de carbono daba al agua un sabor acidulante agradable y presentó un artículo sobre este tópico ante la Sociedad Real en Londres en 1765. Henry Cavendish (1731-1810), famoso por el descubrimiento del hidrógeno y por sus análisis meticolosos y exactos, desarrolló métodos para coleccionar gases y los describió en un artículo titulado "Gases Artificiales" (Factitious Airs), leído ante la Sociedad Real en 1766. Cavendish notó el efecto de la temperatura sobre la solubilidad de los gases y estableció que el agua absorbe más "aire fijado" en un ambiente frío que en uno caliente.

Tobern Olof Bergman (1735-1784), químico sueco, elaboró y trabajó con agua carbonatada artificialmente (1770) dando mu cha atención al análisis y a la duplicación de aguas minerales y su carbonatación, generando el gas con yeso y aceite de vi- - triolo. Pierre Joseph Macquer (1718-1784) perfeccionó métodos para el lavado del dióxido de carbono.

Cerca de 1780, Thomas Henry y más tarde su hijo William Henry, del que proviene la ley de Henry, trabajaron sobre la so lubilidad de los gases y encontraron que esta solubilidad podía

ser incrementada si se aumentaba la presión. Por esta misma fecha, John Mervin Nooth construyó un equipo para la saturación del agua con dióxido de carbono y describió éste en un artículo presentado a la Sociedad Real en 1774. Gosse y Paul inventaron un aparato que comprendía una bomba para incrementar la presión del gas, un artificio para lavar el dióxido de carbono gaseoso y una cámara de mezclado. Estas instalaciones fueron conocidas por mucho tiempo como el aparato de Geneva.

A finales del siglo XVIII habían varios establecimientos donde se elaboraba el agua mineral artificial (15).

En 1807 en Estados Unidos se abrió el primer establecimiento para la manufactura y venta de agua carbonatada embotellada, fué el Dr. Benjamín Silliman (1179-1864), químico americano, quien logró hacerlo. (40).

En otros países entre los primeros fabricantes de aguas carbonatadas estaban, Meyer en Stettin en 1791. En 1803 Fries empezó la manufactura de agua mineral en Regensburgo (15).

La primera patente en Estados Unidos para preparar agua mineral artificial se concedió a Joseph Howkins en 1809 (40).

Las primeras etapas del desarrollo de la industria de bebidas carbonatadas fueron estrechamente asociadas con las farmacias, los productos se combinaban y preparaban para ser consumidos al instante, esto fué el inicio de la fuente de sodas.

Posteriormente se presentaron cuatro desarrollos principales que contribuyeron en forma definitiva para el crecimiento. El primero de estos fué la adición de sabor al agua carbonatada a partir de jugos de frutas. Esto probablemente fué una innovación americana y es atribuida a Speakman.

El segundo desarrollo fué la manufactura de dióxido de carbono líquido. En Inglaterra, 1823, Sir Humphry Davy y Michael Faraday, obtuvieron el CO_2 líquido.

El dióxido de carbono líquido permite al embotellador eliminar el laborioso proceso de preparación de dicho componente.

El tercer desarrollo fué la tapa corona la cual, fué inventada por William Painter en 1892. La importancia de este invento se puede deducir del hecho de que más de 1500 diferentes aparatos habian sido usados para cerrar las botellas de bebidas carbonatadas antes de este acontecimiento.

El cuarto desarrollo fué la introducción de botellas hechas a máquina, la uniformidad de las botellas permitió el desarrollo de muchas otras máquinas, como llenadoras y tapadoras, - que de esta forma asistieron materialmente al crecimiento de la industria (15).

2.2. El agua en las bebidas carbonatadas.

El agua es básica para la bebida terminada. En la bebida es el vehículo o porción líquida que lleva el azúcar, sabor, ácido, color y dióxido de carbono. Más del 85% del volumen de una bebida es agua. El agua debe ser de suficiente calidad como para mantener el balance correcto de los ingredientes saborizantes y, al mismo tiempo, no debe contribuir con sustancias que puedan afectar el sabor o la apariencia de la bebida. Para producir una calidad consistente, es esencial utilizar agua tratada.

Para entender el porqué se requiere agua tratada para la elaboración de las bebidas, se debe empezar con un estudio de las fuentes del agua y sus impurezas. La mayor parte del agua proviene del océano, por evaporación llega a las nubes y desciende de ellas en forma de lluvia. Cuando la lluvia cae a la tierra, recoge impurezas como polvo, nitrógeno, oxígeno, hierro y otros gases atmosféricos. Forma lagos y ríos, recolectando pequeñas cantidades de partículas del suelo, bicarbonatos, carbonatos bacterias, algas y otros materiales. De aquí que el agua ordinaria contenga impurezas en diferentes grados y éstas afectan el sabor (40).

Las fuentes del agua utilizada para la manufactura de las bebidas carbonatadas pueden ser clasificadas como:

- a).- Aguas superficiales, que abarcan a las corrientes de arroyos, riachuelos y ríos que forman depósitos, lagunas y lagos.

- b).- Aguas subterráneas, que se clasifican a su vez en manantiales, pozos profundos, y pozos de poca profundidad.
- c).- Aguas de lluvia.

Estas fuentes pueden rearrreglarse en orden de su claridad normal antes del tratamiento como sigue:

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| a).- Pozos profundos | e).- Depósitos |
| b).- Pozos poco profundos | f).- Lagos |
| c).- Manantiales | g).- Corrientes |
| d).- Aguas de lluvia | h).- Lagunas |

Pueden también agruparse de acuerdo a su contenido de minerales, en este caso, las aguas de lluvia son las menos afectadas, las aguas superficiales contienen pequeñas cantidades de minerales, y las que tienen más minerales son las aguas subterráneas (41).

2.2.1. El agua y su tratamiento.

Una serie de medidas son incluidas en un completo tratamiento de agua. Cantidades de sustancias y agua son mezcladas en el tanque de reacción. Las sustancias son totalmente mezcladas hasta que la reacción produzca un flóculo o precipitado insoluble, sedimentándose en el fondo del tanque de tratamiento. El agua clarificada del tanque de tratamiento pasa a través de un filtro de arena para separar sustancias suspendidas en el agua. Entonces el agua fluye del filtro de arena hacia el purificador de carbón activado para separar olores y sabores censurables, finalmente el agua pasa a través de un filtro especial para asegurar que todas las trazas de microparticulas son separadas y obtener el agua completamente cristalina.

El acondicionamiento del agua o etapas del tratamiento en una planta embotelladora incluyen cloración, coagulación, reducción de la alcalinidad, filtración por arena y filtración con carbón activado. El proceso debe llevarse a cabo bajo condiciones controladas, cada etapa requiere del procedimiento correcto y equipo eficiente, así como una operación ordenada que incluya pruebas al agua en forma regular (41).

Cloración:

La cloración se efectúa agregando cloro al agua cruda a medida que entra al tanque de tratamiento. La aplicación de cloro al agua es en forma de hipoclorito de calcio en una cantidad de 4 - 12 PPM.

El cloro es adicionado al agua a embotellar con el propósito de matar algas, levaduras, bacterias y vida animal, -- así como consumir completamente materia orgánica que cause sabor y olor indeseable en el producto terminado (40).

La cantidad de cloro en PPM que se desea en el agua se obtiene en el cuadro 2.2.1. - 1

Cuadro 2.2.1. - 1. Cantidades de cloro que se añaden a 3,785 litros de agua (1).

PPM de cloro que se desea en agua	Cloro 15 % Las cantidades están en gramos	Cloro 50 %	Cloro 70%
4	90.72	28.35	19.84
6	136.08	42.52	28.35
8	181.44	56.70	39.69
10	226.80	73.71	51.03
12	272.16	87.88	62.37

Se considera una buena cloración cuando el tiempo de retención de cloro es de dos horas, esto permitirá al cloro actuar sobre los elementos indeseables del agua.

El cloro tiene otras propiedades además de destruir microorganismos, también tiene propiedades oxidantes para la destrucción de sabor, olor, color, fierro, manganeso y ácido sulfhídrico,

además ayuda al sulfato ferroso durante la coagulación.

El cloro es separado del agua tratada, pasando el agua a través de un purificador de carbón activado. El carbón activado tiene la propiedad de absorber, esto es, recolectar en su superficie, ciertos vapores, compuestos orgánicos, olores y colores, eliminándolos de las soluciones.

El hipoclorito de calcio se vende comercialmente en forma de polvo, al 15 - 70 %, en tanto que el hipoclorito de sodio se vende como solución al 3 - 5 % (40).

Coagulación.

El proceso de coagulación consiste en la conversión de materia finamente dividida a flóculos suficientemente grandes para el efecto de una sedimentación rápida. Esto incluye la mezcla de sustancias en el agua para obtener la floculación. Esta condición no sucederá satisfactoriamente en un procedimiento ordinario necesita ser llevado por la acción química. El sulfato ferroso es usado como coagulante para ayudar a sedimentar las impurezas.

Cuando el sulfato ferroso es adicionado al agua con cal bajo condiciones controladas se dispersará, produciendo hojuelas finamente divididas o partículas conocidas como floculos. El flóculo es de naturaleza gelatinosa y tiene la propiedad de atrapar impurezas suspendidas en el agua.

El control mecánico del coagulante es tan importante como el control químico. La coagulación requiere la apropiada mez

cla de coagulante con el agua y otras sustancias usadas.

La temperatura del agua tiene un efecto importante so
bre la coagulación, con agua fría será más lentamente la for
mación de flóculos a pesar de cualquier dosificación de sus-
tancias dada.

El pH del agua tiene una marcada influencia sobre la
coagulación, cuando se usan sales de aluminio como coagulante
se obtiene el mejor flóculo, generalmente entre pH de 6.5 y -
7.5, siendo esta una regla muy general, tiene grandes excepcion
es como es la coagulación de algunas aguas a un pH de 5.5.

Condiciones adecuadas deberán considerarse en el tanque
de reacción para permitir una apropiada sedimentación antes de
la filtración (28).

Prueba de la coagulación.

El éxito del tratamiento de agua depende grandemente so
bre la eficiencia de la coagulación. Esto puede ser fácilmente
determinado como sigue: Una muestra de agua puede ser colectada
por medio de una botella pesada a la cual se le ata una cuerda
y se hace descender aproximadamente a tres cuartos de profundid
ad en la cámara del tanque de reacción, se mantiene ahí hasta
que la botella ha sido llenada, separe la muestra y conservela
bajo observación por un período de 15 a 20 minutos. Si las par
tículas de sedimento crecen gradualmente en tamaño y sedimen-
tan rápidamente en el fondo de la botella, entonces la coagula
ción es satisfactoria.

En la mayoría de los equipos, los tanques de retención - están dotados con grifos para extraer muestras de las cámaras de mezcla, de la zona de agua clara y del área de sedimentos. Las muestras deberán ser colectadas en vasos cilíndricos graduados para ser observados, se dejará correr el agua por un tiempo corto antes de tomar la muestra. La muestra no debe ser agitada ya que el flóculo puede desintegrarse y la observación será errónea (29).

REDUCCION DE LA ALCALINIDAD.

La reducción de la alcalinidad es realizada por la adición de cal al agua sin tratamiento contenida en los tanques. Agua con una alta alcalinidad, esto es, alcalinidad "M" superior a 50 PPM, afectará el sabor.

Agua con una alta alcalinidad neutraliza el ácido en la bebida terminada y causa a la bebida un sabor dulce o insípido. Así como también hará a la bebida un medio más favorable para el crecimiento de microorganismos. Microbiólogos han mostrado que las levaduras crecen y fermentan las bebidas más rápidamente cuando el ácido en la bebida ha sido parcialmente neutralizado por el agua con una alta alcalinidad. Estas son las principales razones del tratamiento del agua en esta etapa. (40).

Cal hidratada reacciona químicamente con bicarbonatos de calcio y magnesio en el agua, principales sustancias que causan la alta alcalinidad y forman precipitados que sedimentan en el tanque de retención. Es esencial adicionar la cantidad correcta de cal durante el tratamiento para remover la alcalinidad presente.

La reacción que se lleva a cabo en la reducción de la alcalinidad es:



Las sustancias químicas, como la cal, el coagulante y el cloro, son preparados en soluciones conocidas por el nombre de

"carga básica" y son alimentados al agua a tratarse en el tanque de retención mediante dispositivos de corriente constante, esto es, bombas proporcionales u orificios de corriente fija (30).

La cal es añadida en relación directa a la cantidad de al calinidad en el agua. La dosis exacta de la cal se basa en el análisis químico. Sin embargo, las cantidades mostradas en el cuadro 2.2.1.-2 son relativamente exactos y servirán como guía para la dosis inicial, de la cual se podrán hacer los ajustes necesarios. (41).

Cuadro 2.2.1. - 2 Dosis aproximada de cal para 3,785 litros de agua (41).

(1000 galones)

Alcalinidad **	Cantidad de cal hidratada.
	Gramos
100	311.85
120	368.55
140	453.60
160	510.30
180	567.00
200 *	623.70

* Multiplos para alcalinidad más alta.

** Si la alcalinidad es causada por el magnesio, se necesitará

dos veces más cal que la requerida para la alcalinidad de calcio.

Determinación del tratamiento de cal.

El propósito del tratamiento de cal es el de reducir la alcalinidad total "M" a la cifra más baja posible. Esto se logra ajustando la carga básica de cal a fin de que dos veces "P" sea 5 PPM mayor que "M". Si "P" es cero, esto es, si no se obtiene un color rosado cuando se añade el indicador de fenolftaleína, al agua tratada, la carga básica de cal deberá ser aumentada hasta que se obtenga la lectura "P".

Esto se expresa de la siguiente forma:

$$A = 2P - M$$

Incrementétese la carga de cal cuando A sea menor de 2 PPM - redúzcase la carga de cal cuando A sea mayor de 7 PPM. Por lo tanto, cuando el agua ha sido tratada con propiedad, dos veces "P" deberá ser entre 2 y 7 PPM, mayor que "M" (30).

Cloruro de Calcio con Cal.

Con ciertos tipos de agua es necesario usar cloruro de calcio con cal, especialmente cuando la dureza total es inferior que la alcalinidad "M", anaranjado de metilo. Si la dureza es inferior que la alcalinidad, se debe añadir suficiente cloruro de calcio para hacer que la dureza sea igual a la alcalinidad. La -

adición del cloruro de calcio ajusta la dureza y permite que la cal reaccione mejor. El cuadro 2.2.1. - 3, servirá como guía para satisfacer los requisitos de cloruro de calcio (41).

Cuadro 2.2.1. - 3 Dosis aproximada de cloruro de calcio para - -
3,785 litros de agua (1000 galones) (41).

Diferencia entre la
dureza y la alcali-
nidad en:

Cantidad de cloruro de calcio

PPM

Gramos.

20	170.1
40	340.2
60	510.3
80	680.4
100 *	850.5

* Múltiplos para diferencia más alta.

Ajuste del Tratamiento.

Antes de hacer cambios en la cantidad de sustancia química se debe verificar lo siguiente:

- a) Alimentación del agua a una velocidad adecuada.
- b) Limpieza a la entrada de la sustancia química.
- c) Uso de una cal de buen grado, fresca y adecuada.

Cuando son requeridos hacer cambios en el tratamiento de -

cal, se usan los datos presentados en El cuadro 2.2.1 - 4, como guía. (41).

Cuadro 2.2.1. - 4 Interpretación de los resultados del tratamiento (41).

Alcalinidad P	Alcalinidad M	Tipo de Tratamiento	Como corregirlo
0	25	Bueno	
14	25	Perfecto 2p-M=2 a 7	
10	50	Bueno	
26	50	Perfecto 2p-M= 2 a 7	
40	50	Bueno	
0	100	Malo	Añádase más cal a la carga bási ca.
55	110	Malo	Añádase cloruro de calcio a la carga.
100	110	Malo	Excesivamente - tratado redúzca se la cal.

FILTRACION POR ARENA

La filtración puede definirse como el proceso mediante el cual se eliminan pequeñas partículas de materia suspendidas en el agua, pasando ésta a través de un medio poroso. En una planta embotelladora, el filtro de arena tiene esa función. El filtro se carga con grava y arena. Las partículas más finas de arena se colocan en la capa superior del filtro, con los más grandes en el fondo. El diseño de los filtros de arena depende, en cierta manera, de su tamaño. Casi todos los filtros sin importar su tamaño, poseen capas de grava. La capa de arena tiene generalmente 61 centímetros de profundidad. En el cuadro 2.2.1. -5, se aprecian los diferentes tamaños de la grava que se emplea (40).

Cuadro 2.2.1 - 5 Tamaño de grava y su profundidad de capa (40).

Tipo	Tamaño (Centímetros)	Profundidad. (Centímetros).
Aspero	3.8 - 4.45	7.62 - 20.32
Medio	1.9 - 1.27	6.35
Fino	1.27--0.63	6.35
Extra fino	0.63- 0.31	7.62

Durante la filtración, el agua a filtrarse entra por la parte superior del filtro, y en la entrada se emplea una placa de flectora para distribuir el agua uniformemente sobre el área filtrante. Si no se emplea la plancha deflectora y se permite que el agua entre por un solo lugar, se alterará el lecho, haciendo que

la arena se mueva reduciéndose al mismo tiempo la efectividad del aparato.

El agua filtrada es recolectada en el fondo por un sistema de tubos laterales, ideado para recoger el agua de toda el área en el fondo del filtro. Si no se usa tal sistema de tubos, el agua es forzada a través de la arena formando un canal en el lecho filtrante. El sistema lateral de tubos en el fondo se emplea también para distribuir uniformemente el agua a través del filtro durante el lavado a contracorriente (40)

Lavado del filtro a contracorriente.

Este es un método de limpieza para remover las impurezas separadas del agua durante la operación normal del filtrado. El lavado a contracorriente se logra invirtiendo la corriente del agua a través del filtro (41).

Cuando el filtro se lava a contracorriente después de cada día de trabajo, rara vez requiere más de tres o cuatro minutos a la corriente invertida para limpiar la unidad, se deberá enjuagar el filtro cada mañana para descartar el agua que haya permanecido en el aparato por la noche (28).

Esterilización de Filtros de Arena.

El filtro de arena puede ser esterilizado sin dificultad si se emplean soluciones de cloro, ya que tales compuestos son agentes antigermicidas potentes y efectivos que se enjuagan y eliminan con facilidad de los equipos. Con frecuencia se supo-

ne erróneamente que estos equipos no requieren esterilización pero éste no es el caso porque el equipo de filtración está sometido de continuo a la contaminación acarreada por el agua.

La industria ha desarrollado un sistema simple de inyección para introducir las soluciones de cloro en el filtro de arena y esto hace que la esterilización sea aún más fácil (41).

PURIFICACION CON CARBON ACTIVADO.

El purificador de carbón activado es considerado más que un filtro. El carbón activado se emplea para absorber el cloro y otras sustancias químicas de naturaleza gaseosa que se encuentran disueltas en el agua.

El carbón activado está contenido en una cubierta del mismo diseño general que el filtro de arena. En la cubierta se encuentra un lecho-soporte de grava para la arena fina, la cual sostiene el carbón activado en la parte superior. Está dotado también con la plancha deflectora para el agua y los sistemas laterales de tuberías. La única diferencia es que el purificador de carbón activado tiene un revestimiento especial porque este material es altamente corrosivo al acero dulce.

Un purificador de carbón activado debe estar siempre precedido por un filtro de arena para que éste remueva la materia en suspensión del agua antes que pase por el lecho de carbón, protegiéndose así su actividad (29).

Lavado a contracorriente del purificador.

El procedimiento es idéntico al que se emplea con el filtro de arena, excepto que hay que tener cuidado con respecto a la corriente del agua. El carbón es más ligero que la arena y por eso flota con facilidad, lo cual hace que se desperdicie parte del material si no se tiene una corriente lenta. En esta operación se debe usar agua filtrada (30).

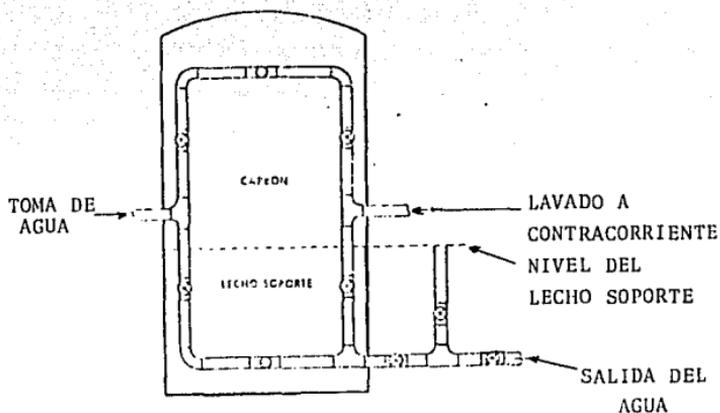
Esterilización del Purificador.

El objeto de la esterilización de este aparato consiste en prevenir el contacto prolongado entre el cloro y el carbón, pero aplicarlo al lecho-soporte de grava, como se aprecia en la figura 2.2.1 - 1.

La función del carbón consiste en remover el cloro, pero si tiene contacto con una dosis alta de cloro, su actividad se destruye. Relativamente se encuentra muy poca contaminación en el carbón, pero en el lecho-soporte debajo del carbón donde el cloro ha sido removido del agua, hay posibilidad de que se desarrolle la contaminación.

El objeto pues, será el de aplicar la solución esterilizante de cloro al lecho-soporte, empleando un dispositivo indicador adecuado para saber cuándo se eleva el cloro sobre la capa o lecho-soporte (30).

Figura: 2.2.1. - 1 Purificador de Carbón Activado.



La capacidad de los filtros de arena y de los de carbón activado se presentan en el cuadro 2.2.1. - 6.

Cuadro: 2.2.1. - 6 Capacidades de los Filtros (5) .

Diámetro (centímetros)	Litros (por Hora).
40.64	643.45
50.80	984.10
60.96	1438.30
76.20	2233.15
91.44	3217.25
106.68	4352.75
121.92	5677.50
137.16	7229.35
152.40	8932.60

Al filtro que se coloca después del purificador de carbón activado se le llama "Pulidor de Agua". Este filtro elimina las pequeñas partículas de moho o material turbio que todavía puede contener el agua. El medio filtrante de estos filtros son unos paños de algodón preparado, asbestos o de papel (29).

El agua tratada que viene de los filtros finales contiene aire, la presencia de aire en el agua tiene algunas desventajas, entre las cuales se reduce la capacidad de retención del CO_2 y además causa derramamiento en la etapa de llenado.

Se utiliza un equipo para la deaeración del agua, al estar libre de aire el agua se bombea hacia el siguiente equipo (41).

Sistema contínuo automático de tratamiento de agua.

Este tipo de equipo se ocupa en la mayoría de las industrias embotelladoras, la unidad de tratamiento de agua consiste de tres partes esenciales. La primera, es un controlador de agua, un mecanismo que mide e introduce el agua dentro del área de mezclado del tanque de retención. La segunda, es el equipo para la alimentación química que proporciona los compuestos químicos al flujo de agua. La tercera y más importante parte del equipo, es el tanque de mezclado y asentamiento. Algunos de estos tanques tienen un agitador mecánico para producir el mezclado. Otros, dependen de la fuerza de entrada del agua para llevar a cabo el mezclado con los productos químicos. La operación correcta de este sistema, reducirá prácticamente, todas las im-

purzas indeseables en los refrescos.

El agua tratada deberá probarse por lo menos dos veces al día, un registro de las pruebas es muy benéfico para asegurar que el agua usada en las bebidas carbonatadas está siendo la mejor, ver Cuadro 2.2.1. - 7.

Cuadro: 2.2.1. - 7. Análisis del Agua en Diversas Etapas de Purificación (22).

Análisis	Agua de entrada	Salida de Filtro de arena.	Salida de Purificador de carbón activado.
Alcalinidad Total	100 - 200 PPM	22 - 40 PPM	17 - 20 PPM
CO ₂ Disuelto	8 - 12 PPM	3 - 4 PPM	-
PH	7.1	6.8 - 6.9	6.7
Turbidez	6 - 9	Fracción	Despreciable
Cloro	-	6 - 8 PPM	0

2.2.2. NORMAS PARA EL AGUA USADA EN BEBIDAS

Al especificar las normas para el agua de las bebidas gaseosas, es evidente que ésta no debe tener impurezas de ninguna clase o tipo que interfieran con el gusto, el color, la apariencia física y la carbonatación del producto. Tales normas son, por lo general:

- 1.- El suministro de agua cruda debe ser de origen de incuestionable sanidad, libre de microorganismos (levaduras, bacterias, materias vegetal y algas) y materias orgánicas.
- 2.- Debe haber un suministro adecuado con presión suficiente y uniforme.
- 3.- El total de sólidos minerales no debe exceder de 500 partes por millón o ser del tipo y en la cantidad que impartan sabores censurables. Se requiere que no tenga hierro y azufre, manganeso y otros compuestos de esta naturaleza.
- 4.- La alcalinidad no debe exceder de 50 partes por millón.
- 5.- El agua no debe tener olor y sabor alguno.
- 6.- El agua debe encontrarse libre de turbiedad, sedimentos y materia suspendida.

La naturaleza de las impurezas y su efecto en las bebidas se presentan en el cuadro 2.2.2.

Cuadro: 2.2.2. Impurezas y su efecto en las Bebidas (41).

Naturaleza de impurezas	Tolerancia Máxima PPM	Efecto típico en la bebida
Alcalinidad	50	Neutraliza el ácido en la bebida.
Sólidos totales	500	Cloruros - Sabor Salado Sulfatos - Sabor Salobre
Hierro o Manganeso	0.2	Manchas, descoloración <u>sa</u> bor censurable.
Residuos de cloro	Ninguno	Sabor censurable.
Olor y Sabor	Ninguno	Sabor censurable
Turbidez	1.0	Sabor censurable, descolo <u>ra</u> ción.
Microorganismos	Ninguno	Sabor Censurable, descolo <u>ra</u> ción.

2.2.3. EL AGUA Y LA SALUD.

El agua es necesaria para la existencia de humanos y - -
otras formas de vida, el cuerpo humano está compuesto de 100% -
de materia en su forma sólida, líquida y gaseosa. El agua cons-
tituye el 66% de esta materia.

El hombre ha desarrollado el más complejo mecanismo de -
humedad de entre los demás seres vivos. El agua es uno de los -
alimentos reguladores más importantes, además es el principal -
componente de las células y tejidos que forman su cuerpo. Los
músculos, por ejemplo, contienen 75% de agua y deben utilizar
ésta para contraerse. El 90% del plasma sanguíneo es agua. Es-

te plasma es el que actúa como nuestro sistema de transportación sanguínea, llevando alimento a las células y eliminando materiales de desecho de ellas (40).

La función de cada célula depende de la concentración relativa de agua. El agua transporta materiales nutrientes que se difunden en las células, elimina los desperdicios de las mismas y ayuda a mantener un estado de equilibrio físico y químico en el cuerpo. Este equilibrio involucra a (a) las relaciones osmóticas, (b) el mantenimiento del pH en la sangre y (c) la estabilización de la temperatura. Estos factores deben mantenerse dentro de un rango normal para permitir el desarrollo de las reacciones químicas necesarias para el metabolismo del cuerpo (34).

El adulto promedio pierde 2.7 Kg. de agua por día aproximadamente, y todos los días debe reemplazar la misma cantidad de líquido, para que su cuerpo contenga un nivel constante de humedad.

El cuerpo obtiene el agua de la comida y de la bebida que es absorbida en la corriente sanguínea y es transportada a cada célula en el cuerpo. La piel, los músculos, los pulmones, los huesos, todo en nuestro cuerpo está compuesto de pequeñas células y cada una de ellas debe ser constantemente bañada de fluido para mantenerlas vivas.

Cerca del 80% del agua que necesitamos se encuentra en los alimentos que comemos. Por ejemplo, la leche es 90% agua,

el pan es más de 33% agua, la carne es 73% agua, la sandía es 92% agua, etcétera (40).

Cuando ingerimos agua o comida, ésta pasa a través del esófago al estómago. El estómago tarda de tres a cinco horas para convertir la comida en un alimento semifluido, parcialmente digerido, llamado quimo. Esto se hace mediante la acción de 35 millones de glándulas gástricas que se localizan en el forro del estómago, las que secretan los jugos digestivos. Los fluidos, sin embargo, pasan a través del estómago en unos cuantos minutos. Una pequeña cantidad de los productos de la digestión de las moléculas de comida y del agua, son absorbidas a través de las paredes del estómago. La mayor parte del quimo pasa al intestino delgado, donde las secreciones de éste y de otros órganos como el páncreas y el hígado, completan el proceso digestivo.

El producto de la digestión es absorbido en el intestino delgado a través de los vellos intestinales. Estos vellos son microscópicos, son proyecciones que tapizan las paredes del intestino. Las células que cubren a los vellos absorben el agua y la comida digerida y les permite pasar a las capilaridades - que transportan la sangre. Los vellos se mueven constantemente y el quimo es mezclado con los jugos digestivos mientras que - la comida y el agua pasan a través de la superficie de las células. La grasa va generalmente hacia los recipientes linfáticos en los vellos, mientras los azúcares y los aminoácidos entran en las capilaridades sanguíneas. De ésta manera, la comida y el

agua son distribuidas por todo el cuerpo en la sangre que los absorbió y es bombeada por el corazón a todas las células. En el intestino grueso, el agua es absorbida del material que no fué digerido.

Esta masa de material de desperdicio, está lista a ser excretada o eliminada del cuerpo (34).

Pérdidas a través del Ejercicio.

Cuando se hace ejercicio, la rapidéz de la transpiración se incrementa para enfriar el cuerpo. El agua es el fluído del sistema de control de la temperatura; las glándulas sudoríparas a través de las que se transpira, son parte de este sistema. - Hay cerca de 2 millones de glándulas sudoríparas en nuestra piel y el agua se escapa constantemente por ellas. La transpiración se evapora rápidamente. Cuando el cuerpo se calienta debido al trabajo pesado o al ejercicio, más sangre se concentra en los tejidos cercanos a la superficie y la transpiración aumenta. Al evaporarse el sudor, éste toma calor para lograrlo, de ésta manera la piel y los tejidos que se encuentran debajo de ella se enfrían. Al eliminarse el calor excesivo, se mantiene una temperatura adecuada en todo el cuerpo (40).

Pérdida a través de la Respiración.

Al respirar, el cuerpo pierde humedad y gases de la sangre. El agua abandona la sangre vía los alveolos pulmonares. Cada vez que respiramos, perdemos más humedad y la superficie de la piel derrama humedad a cada minuto del día, ya sea que se --

duerme o que se camine. Esto se debe a que nuestro sistema digestivo trabaja, nuestra sangre circula, nuestro corazón palpita y bombea sangre a nuestro cuerpo, y toda ésta energía produce calor. De tal manera que una cierta cantidad de humedad aparece constantemente sobre nuestra piel para mantenernos fríos. La humedad también se pierde a través de las glándulas salivales y lacrimales. Perdemos agua constantemente a través de los riñones, los que filtran los productos de desecho y el agua de la sangre en forma de orina. Toda ésta pérdida de fluido estimula la sed, la cual es una guía segura de la cantidad requerida de tal manera que se desea de inmediato recuperar el balance de humedad en el cuerpo.

Sólo el oxígeno es más importante que el agua a nuestro cuerpo. Interviene en el proceso digestivo, en la excreción de desechos, regula la temperatura, lubrica las articulaciones y protege al cuerpo de lesiones que resultasen de golpes o impactos (40).

El agua en el proceso Digestivo.

Sin el agua suficiente la comida no puede ser adecuadamente digerida, absorbida y transportada a todas las partes del cuerpo a través de la corriente sanguínea. De hecho, el complejo proceso de la digestión consiste en la hidrólisis, la reacción de los constituyentes alimenticios con el agua, en donde la reacción química del agua con las proteínas, el almidón, azúcares y con las grasas, produce sustancias que pueden usarse en las funciones celulares. En el estómago, el agua estimula las

glándulas gástricas para apresurar la digestión y en el intestino, la dilución de alimentos sólidos, la absorción de nutrientes y la excreción de desechos, son efectuados con la ayuda del agua (34).

El primer paso del proceso digestivo ocurre en la boca, donde la saliva (99.5 agua) empieza el rompimiento de los carbohidratos. En el estómago, la comida y otras proteínas son digeridas por los jugos gástricos (90 % agua). De aquí, el alimento, ahora en estado semifluido, pasa a la sección superior del intestino delgado, llamado duodeno. Ahí, las secreciones enzimáticas de las paredes del duodeno, así como las del hígado y páncreas (90 % agua), completan el proceso digestivo. El alimento pasa, entonces, a otras secciones del intestino delgado, luego al intestino grueso o colon y por último al recto (40).

El Agua y la excreción de Desechos.

El agua es también esencial para la excreción de desperdicios solubles a través de los pulmones, de la piel y de los riñones.

Las paredes de los pequeños sacos de aire que comprenden los pulmones, deben ser humedecidos constantemente para que el oxígeno pueda entrar al cuerpo y al dióxido de carbono ser expulso.

Bajo condiciones normales de temperatura y actividad, los riñones son la avenida principal para la eliminación del agua. La cantidad varía con la cantidad tomada. Como regla ge-

neral, un litro de agua que pase a través de los riñones se -
llevará 45 gramos de desperdicio soluble (40).

El Agua y la regulación de la Temperatura.

Una de las propiedades más características del agua es su habilidad para absorber calor. Esto es sumamente importante para los organismos vivientes que deben mantener su temperatura interna constante. Para el funcionamiento óptimo del cuerpo humano, éste debe mantener una temperatura interna de 37° C bajo condiciones que pueden variar del desierto al ártico.

La evaporación del exceso de agua a través de la piel en forma de sudor es crucial para la regulación de la temperatura. Cerca del 25% del calor generado por los procesos metabólicos es disipado a través de la transpiración insensible y de la humedad de los pulmones.

La transpiración sensible, el sudor, promueve la pérdida de calor por evaporación bajo ciertas condiciones. En una - atmósfera caliente y seca la cantidad de agua liberada como sudor es enorme. Bajo condiciones de extremo calor, puede llegar a un litro por hora. A bajas temperaturas, no sólo se deja de sudar sino que se realiza una movilización del agua de la sangre hacia los tejidos, para que el calor se conserve en ellos. El agua que se pierde como sudor debe ser reemplazada tan pronto como sea posible para prevenir la fatiga; uno de los primeros síntomas del déficit de agua (40).

El agua como protector.

El cuerpo obtiene agua de tres fuentes principales. La primera, es el agua o el agua contenida en las bebidas u otros fluidos. La segunda, son los alimentos sólidos. La tercera fuente es el agua metabólica, producida por el cuerpo mismo como uno de los productos finales de los cambios químicos que convierten los alimentos ingeridos en alimentos celulares. El ser humano utiliza el agua metabólica sólo en circunstancias extremas.

Cualquier decremento considerable en la cantidad normal de agua en el cuerpo, interfiere seriamente con los procesos físicos y químicos que son esenciales para la vida y la salud (34).

2.3. Preparación de Jarabes.

Los jarabes, en términos generales, tienen tres funciones en la elaboración de las bebidas carbonatadas: provee de el dulzor necesario para balancear el ácido y otros componentes productores del sabor de las bebidas, para obtener una bebida con un sabor agradable; provee a la bebida de suficiente cuerpo; transportar en él, el color y sabor (40).

Jarabe Simple: El azúcar disuelto en agua es comúnmente llamado jarabe simple, es necesario proporcionar cuidadosamente las cantidades de agua y azúcar para que la solución final tenga la fuerza deseada. El jarabe simple normalmente contiene - - 55-56% de sacarosa, dependiendo como es natural de la fórmula

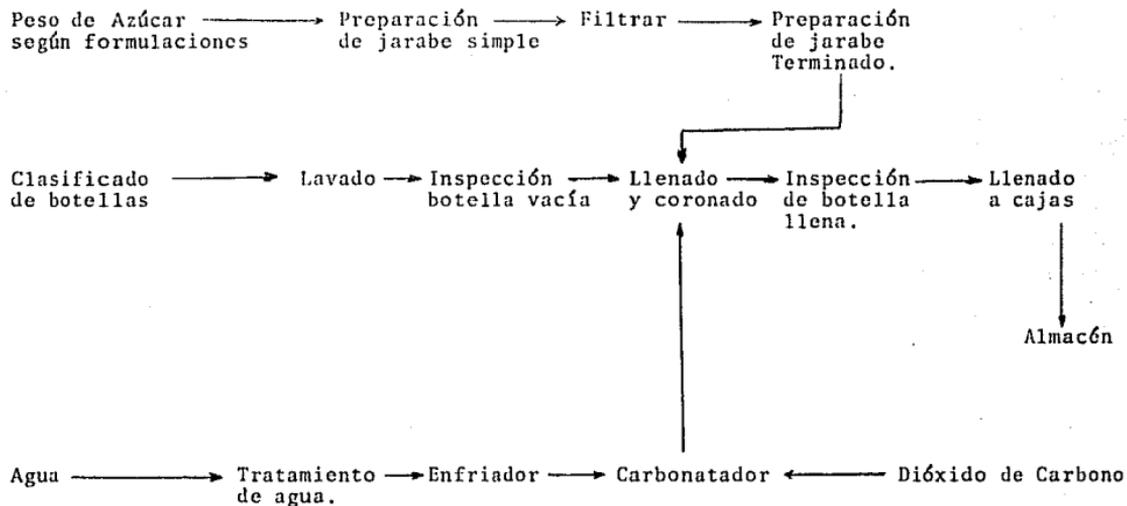
individual.

Jarabe Terminado: Consiste en la preparación por completo del jarabe, mediante la adición de todos los ingredientes saborizantes. Para la preparación se deben seguir instrucciones de mezclado con toda exactitud, a partir del jarabe simple filtrado agregándole la base de la bebida o concentrado (41).

La designación general de los jarabes con respecto a su densidad es en grados Brix o grados Baumé. Aunque en la industria se tiene la tendencia a usar la graduación Baumé para los jarabes concentrados y cuando se hace referencia a la bebida final es en términos de grados Brix o porcentaje de azúcar ver cuadro 2.3.7.-1 y 2.3.7.-2 (41).

La preparación de los jarabes es una de las operaciones más importantes de la planta embotelladora (figura 2.3.-1) tanto desde el punto de vista de la sanidad como del control de concentraciones. Los métodos de preparación de jarabe terminado serán tratados en la sección 2.3.7.

Figura: 2.3.-1. Diagrama de flujo de una planta embotelladora. (40).



2.3.1. Agentes Edulcorantes.

Un agente edulcorante es aquella sustancia, artificial o natural, que tiene el poder de endulzar un alimento y en este caso, una bebida. Es necesario considerar las propiedades y las características de estas sustancias para poder ser usadas en forma adecuada en las bebidas carbonatadas. Los agentes edulcorantes se clasifican en: a) Nutritivos, b) No Nutritivos.

a) Agentes Edulcorantes Nutritivos:

Cualquier edulcorante que proporcione energía o valor calórico a la bebida es considerado como un edulcorante nutritivo. Estos edulcorantes tienen la cualidad adicional de proveer a la bebida de suficiente "cuerpo" que ayuda a portar o transmitir el sabor. A continuación se mencionan algunos de estos edulcorantes(15).

Azúcar:

Compuesto incoloro o blanco cuando se halla en un estado puro, derivado principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha, es uno de los edulcorantes más usados en la industria de las bebidas carbonatadas.

Por definición y por el uso común, el azúcar significa sacarosa. La sacarosa es un disacárido compuesto de dos monosacáridos D-glucosa y D-fructosa, enlazados, (Figura 2.3.1.-1). El azúcar comercial es 99.99 por ciento de sacarosa pura.

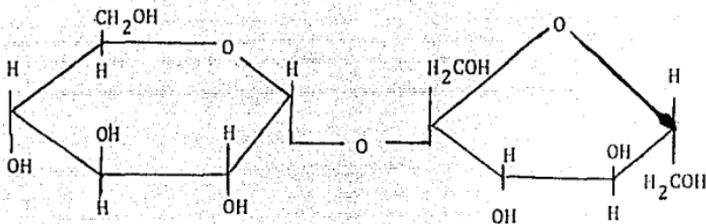


Figura 2.3.1.-1. Estructura de la sacarosa

El azúcar se distingue por (a) El sabor dulce y por su habilidad para acentuar otros sabores, (b) Su rápida solubilidad en agua, (c) Su estabilidad ante la presencia de muchas sustancias químicas, y (d) Su alto valor calórico como un alimento.

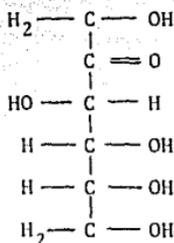
Las bebidas carbonatadas son valiosas como alimento productor de energía, ya que contienen azúcar para muchos de los caracteres del sabor y porque el valor alimenticio depende de los tipos y cantidades de azúcar en el producto. En 236 ml. (8 onzas) de una bebida encontramos normalmente de 14 a 28 gramos de azúcar, esto nos da entre 70 y 140 calorías de energía, cerca de 110 calorías en general (41).

Fructosa:

La fructosa conocida también como levulosa o azúcar de fruta, es un monosacárido D-fructosa (Figura 2.3.1.-2). Es el más dulce de todos los azúcares naturales y generalmente se encuentra en alimentos como frutas y miel. Por ejemplo, una manza na es aproximadamente cuatro por ciento de sacarosa por peso,

seis por ciento de fructosa y uno por ciento de dextrosa (24).

Figura: 2.3.1.-2. Estructura de la Fructosa.



Combinaciones de fructosa, gluconato y sacarina, serán aplicables a las formulaciones de las bebidas carbonatadas por que estas proporcionan de dulzor, poder amortiguador, acidez y reducción del valor calórico frecuentemente a menor costo (40).

Jarabe de Maíz Alta concentración de Fructosa.
(HFCS).

El jarabe de maíz alta concentración de fructosa, es - hecho por un proceso enzimático único el cual convierte dextrosa, derivada del almidón de maíz, a fructosa. Este proceso utiliza la enzima inmovilizada glucosa isomerasa.

El jarabe de maíz Alta concentración de fructosa, puede ser hecho con una composición de 40 a casi 100 por ciento de -- fructosa. Su uso en bebidas permite una reducción en la cantidad edulcorante utilizado obteniéndose un producto con menos calorías

debido a que la fructosa tiene un dulzor más alto que la sacarosa (24).

Azúcar Líquida:

La presencia de ciertas impurezas en la sacarosa, aun en cantidades traza puede enmascarar completamente ciertos sabores de las bebidas. Por esta razón la industria de las bebidas requiere de un edulcorante el cual esté disponible en perfecta forma, tal como un azúcar líquida estandarizada.

Sacarosa líquida, azúcar líquida invertida y azúcar de maíz son azúcares líquidos los cuales superan los estandares de calidad de el azúcar seca. Estos azúcares son refinados hasta un contenido extremadamente bajo en cenizas, menos de 0.1 %, y ajustados a un pH específico. Ligeras variaciones en el azúcar no solo alteraran el sabor sino también el color, consistencia y estabilidad de la bebida.

El azúcar líquida contenida en tanques, puede ser descargada del camión repartidor y ser transportada hasta la sección donde se preparan los jarabes con un mínimo de trabajo, además - como el azúcar líquida esta en solución, el tiempo requerido para preparar el jarabe es reducido. Debido a la eliminación de bolsas y costos de envasado, el azúcar líquida es normalmente menor en precio que el azúcar seca.

El azúcar líquida es azúcar disuelta en agua. Los tres --

tipos son, sacarosa -hecha de caña de azúcar o remolacha; cualquiera de estos azúcares es satisfactorio como edulcorante en las bebidas carbonatadas. La sacarosa líquida normalmente contiene 66.5 - 67 % sólidos de azúcar por peso, la densidad no será superior a 68% debido a que puede cristalizar.

Azúcar líquida tipo invertida es hecha también de la sacarosa, pero es invertida por la acción de ácidos o enzimas, produciéndose partes iguales de dos azúcares más simples, glucosa y fructosa.

Normalmente el azúcar líquida invertida es 76 % de sólidos de azúcar, esta densidad tan grande de el azúcar líquida invertida es posible porque la cristalización del 50% de el azúcar no sucederá hasta que la densidad esté cerca del 70 % de sólidos. Para los embotelladores el grado de esta azúcar contiene aproximadamente 50% de sólidos de azúcar presentes como sacarosa, y 50% de sólidos presentes como azúcar invertida. El sabor de las bebidas carbonatadas es el mismo si se elabora a partir de sacarosa seca, sacarosa líquida o de azúcar líquida invertida (40).

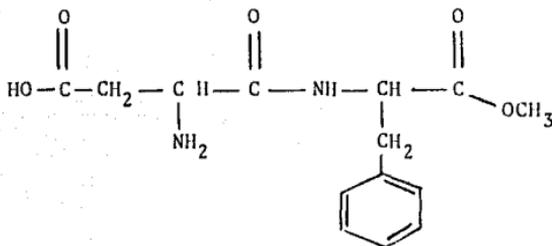
El azúcar de maíz puede ser seca, pero casi siempre está líquida, el azúcar de maíz con un DE (equivalente de dextrosa) de 20 o más es purificada y concentrada en soluciones acuosas de monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. En base al DE es clasificada dentro de 4 tipos: Tipo I de 20 - 38. DE: tipo II de 38 - 55 DE; tipo III de 55 - 73 DE: y tipo IV de 73-(+) -- DE (17).

Aspartame.

El aspartame fué descubierto en 1965, comercializado bajo el nombre de NutraSweet (Grupo NutraSweet, G.D. Searle & Co. Skoke, III.). En julio de 1983 la administración de alimentos y drogas de Estados Unidos aprueba el aspartame para el uso en be bidas carbonatadas.

El aspartame es un metil ester de dos aminoácidos fenil alanina y ácido aspártico (Fig. 2.3.1.-3). Se obtiene como un polvo blanco cristalino sin olor.

Figura 2.3.1.-3. Estructura del Aspartame.



El aspartame tiene un poder edulcorante de aproximadamente 180 - 200 veces más que la sacarosa, es metabolizado por el cuerpo como un alimento nutritivo pero como se requiere en pequeñas cantidades para lograr la cantidad de dulzor deseado, prácticamente no proporciona calorías. La solubilidad del aspartame en

agua depende de la temperatura y pH, consiguiéndose la máxima solubilidad a un pH de 2.2. y la mínima es notada en el punto isoeléctrico, pH de 5.2. La estabilidad del aspartame en solución está en función de la temperatura, pH y tiempo. La mejor estabilidad está dentro de un rango de pH de 3-5. El aspartame es capaz de intensificar y prolongar los sabores de frutas tales como limón y naranja en alimentos y bebidas, en combinación con la sacarina produce un sabor más dulce que cualquiera de ellos en forma separada (17).

Los niveles usados de aspartame variaran de 0.01% para modificación del sabor a 0.6% para endulzar. Niveles exactos - dependen de la formulación, pH, temperatura y características del sabor en el producto (39).

El aspartame es digerido de la misma manera como los otros aminoácidos y peptidos. Debido a que el aspartame contiene fenilalanina, los productos que lo contengan debefán ser etiquetados para notificar a individuos con fenilcetonuria - (una rara enfermedad hereditaria la cual requiere el control de la ingesta diaria de fenilalanina.), la etiqueta deberá declarar "Fenilcetonuricos: contiene fenilalanina". (6).

La inclusión del aspartame en las bebidas ha demostrado la capacidad para sobrevivir a los ciclos normales de distribución y a las temperaturas ambientales.

Este edulcorante bajo en calorías ha revolucionado la industria de las bebidas carbonatadas. (17).

Otros agentes Edulcorantes Nutritivos.

La Glicerrizina es de 50 a 100 veces más dulce que la sacarosa, pero tiene un sabor indeseable para las bebidas.

El miralin es una glicoproteína de la *Synsepalum dulcificum*, con el nombre común de "fruta milagrosa". Tiene un sabor que persiste por una o dos horas, lo que la hace indeseable para un refresco.

El stevioside es un glicosido que puede extraerse de una planta del Paraguay. Es 300 veces más dulce que la sacarosa, el problema de la stevioside es que los costos de producción son muy elevados por lo que tiene un futuro incierto como agente edulcorante para las bebidas carbonatadas. (40).

Dulzor Relativo de los Edulcorantes.

La percepción del dulzor es influenciado por un número de factores. La intensidad y el perfil son percibidos distintamente debido a diferencias innatas en la capacidad de degustar entre la gente. La percepción depende también sobre el tipo de azúcar en evaluación, el grado de hidrólisis, configuración, y otras propiedades inherentes. El análisis sensorial es típicamente el método aplicado en determinar el dulzor.

La intensidad del dulzor de los azúcares, (cuadro 2.3.1.-1) es influenciada por el porcentaje de sólidos edulcorantes y la combinación de edulcorantes presentes. El dulzor relativo es un indicador de la intensidad del dulzor percibido de un compuesto comparado contra una referencia como la sacarosa.

Cuadro: 2.3.1.-1 Dulzor Relativo de los Edulcorantes. (27).

Azúcar	Indice
Sacarosa	100
Dextrosa	70-80
Fructosa	140
Azúcar de maíz alta conversión	65
Azúcar de maíz mediana conversión	50
Maltosa	30-50
Lactosa	20
Jarabe de maíz alta concentración de Fructosa.	
90 %	120-160
55 %	> 100
42 %	100
Azúcar invertida	> 100
Azúcar de maíz 70 DE	70 - 75

b) Agentes Edulcorantes No-Nutritivos.

Los edulcorantes no-nutritivos son compuestos que no son metabolizados por el cuerpo y por lo tanto no contribuyen con nada de calorías a la dieta. Este edulcorante resulta ventajoso especialmente para personas que requieren limitadas calorías en sus dietas , (personas con algún tipo de diabetes o personas con exceso de peso) y para la prevención de la caries dental (11).

En seguida se mencionan algunos de estos compuestos:

Sacarina.

La sacarina fué sintetizada originalmente por Ira Remsen y C. Fahlberg en la Universidad John Hopkins en 1879. El sabor dulce de la sacarina fué descubierto accidentalmente cuando Fahlberg se comió un pedazo de pan sin lavarse las manos y notó que el sabor dulce provenía del o-sulfobenzamida que había estado manipulando.

La sacarina se introdujo comercialmente en 1900 y ha permanecido en él desde entonces. Se presenta en dos formas, sacarina insoluble y sacarina en sus formas de sales de sodio o calcio. La sacarina en su sal de sodio, también llamada sacarina soluble, es la más común para los alimentos y las bebidas.

En la figura 2.3.1.-4 se muestra la estructura de la sacarina de sodio.

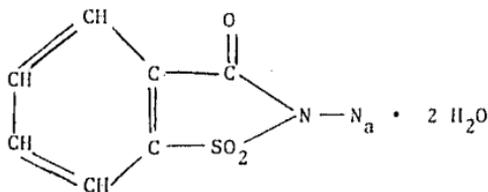


Figura 2.3.1.-4 Estructura de la Sacarina de Sodio.

La sacarina de sodio es un polvo blanco cristalino, inodoro, estable dentro de un amplio rango de temperatura, soluble en agua, 1 gramo se disuelve en 15 gramos de agua a 25°C, y tiene un sabor dulce de 300 a 700 veces más dulce que la sacarosa. Esta amplia variación en el dulzor relativo, se atribuye a la variación en la respuesta sensorial de cada individuo. Un resabio amargo, metálico y astringente es asociado con este edulcorante.

En las bebidas carbonatadas, la sacarina de sodio es generalmente de 300 a 400 veces más dulce que la sacarosa, dependiendo del sabor y de la formulación de cada bebida, combinaciones de sacarina con aspartame son empleadas en estos productos. La Tabla 2.3.1.-2 presenta cantidades equivalentes de sacarosa y sacarina. (3).

Cuadro 2.3.1.-2. Sustitución del azúcar por sacarina (15).

AZUCAR (Kg)	SACARINA (gramos)
0.454	0.91
2.270	4.50
4.540	9.10
11.350	22.50
22.700	45.00
45.400	91.00

Ciclamatos.

Michael Sveda y L.F. Audreith en 1937 descubrieron, también accidentalmente el sabor dulce de los ciclamatos, el de sodio y el de calcio.

El ciclamato de sodio se sintetizó por primera vez en 1937 en la Universidad de Illinois. Se introdujo comercialmente en 1950. Su nombre químico es ciclohexilsulfamato de sodio, aunque se le conoce con los nombres de ciclamato, sulfamato, sucarril de sodio, cylan, etc. Es aproximadamente 30 veces más dulce que la sacarosa, el sabor es muy parecido al de la sacarosa. El ciclohexilsulfamato de sodio (Fig. 2.3.1-5) es un sólido blanco cristalino, inodoro, no corrosivo y no tiene valor alimenticio.

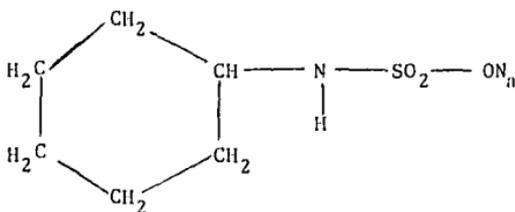


Fig.- 2.3.1.- 5 Estructura del Ciclamato de Sodio.

Este edulcorante es compatible con todos los ingredientes usados en la elaboración de alimentos y bebidas, no tiene efecto sobre la vida de almacenamiento de los alimentos o de las bebidas y retiene su dulzor indefinidamente. Es estable en un rango de pH

de 2.0 a 10.0 y no se vé afectado por temperaturas hasta - - - de 260°C. Es muy soluble en agua, 1 gramo de ciclamato de sodio es soluble en 5 ml. de agua, forma soluciones claras e incoloras. (5).

Otra sal del ácido ciclohexilsulfámico que es muy dulce es el ciclamato de calcio. Su nombre químico es ciclohexil-sulfamato de calcio dihidratado, su fórmula es - - - - - - - ($C_6H_{11}NHSO_3$)₂ Ca. 2H₂O. Es un sólido blanco cristalino que es de 30 a 40 veces más dulce que la sacarosa, no tiene valor nutritivo. El ciclamato de calcio es muy soluble en agua, 1 gramo de este compuesto se disuelve en 4 ml. de agua, y forma soluciones clara e incoloras.

El ciclamato de calcio reacciona con el ácido tartárico tartratos, oxalatos y algunos fosfatos, formando sales de calcio insolubles. Consecuentemente, es preferible usar el ciclamato de sodio en aquellas formulaciones en donde se pueda formar un precipitado de calcio. (40).

En 1969, la Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos, conocida como la FDA, prohibió el uso de los ciclamatos en cualquier tipo de alimento, argumentando que era nocivo para la salud. Sin embargo, en 1973 los laboratorios - Abbott, los únicos productores de ciclamato en Estados Unidos. solicitaron a la FDA la aprobación para comercializar el edulcorante para uso exclusivo en alimentos dietéticos. Dentro de la petición se incluyeron aproximadamente 400 informes toxico

lógicos, concluidos después de 1970, los cuales trataron la carcinogenicidad, mutagenicidad acerca del ciclamato.

La solicitud anterior no tuvo éxito por lo que una segunda petición fué presentada en 1982 por los mismos laboratorios solicitando a la FDA permiso para usar el ciclamato en bebidas y en otros productos alimenticios, en esta ocasión se incluyeron datos de 59 nuevos estudios y se sugirió la posibilidad de minimizar riesgos toxicológicos usando combinaciones con otros edulcorantes artificiales. Los datos fueron evaluados por un comité de la FDA, el comité encontró que dichos datos no fueron concluyentes sobre la relación entre altas concentraciones de ciclamato y la formación de tumores en vejiga de ratas.

Un estudio independiente sobre la carcinogenicidad del ciclamato fue realizada en 1985 por, The National Academy of Sciences/National Research Council, a petición de la FDA. El estudio concluyó que el ciclamato no es un compuesto carcinógeno, aunque podría servir como un promotor o co-carcinógeno en presencia de otras sustancias (17).

Actualmente la FDA está en espera de estudios adicionales de los fabricantes antes de tomar una decisión sobre los ciclamatos para el uso en alimentos. Además, las evaluaciones de los estudios del ciclamato, sobre la máxima seguridad humana, están en marcha en la FDA y en otros laboratorios independientes (24).

Acesulfame K.

El acesulfame K fué descubierto por el alemán Hoechst

Aktiengesellschaft en 1967. Este edulcorante sintético se obtiene como un sólido blanco cristalino (Fig. 2.3.1.-6) que es -- aproximadamente 200 veces más dulce que una solución de sacarosa al 3%, es muy soluble en agua, 1 gramo de acesulfame K se disuelve en 4 ml. de agua a 20° C, a altas concentraciones un sabor amargo puede ser detectado, mezclas de acesulfame K con aspartame o sacarina actúan sinérgicamente.

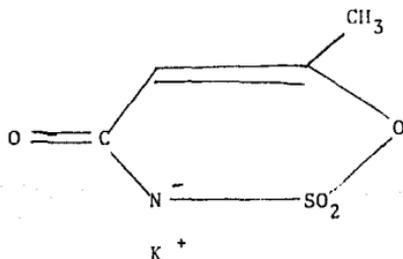


Fig. 2.3.1.- 6. Estructura del Acesulfame K.

El acesulfame K es más estable al calor que la sacarosa, a valores de pH menores de 3 se detecta la pérdida en su estabilidad. Este edulcorante no es metabolizado, y no se acumula en el cuerpo.

El acesulfame K es aprobado para su uso en el Reino Unido, Alemania y Bélgica. Tiene aplicaciones en bebidas carbonatadas y en otros productos alimenticios (17).

Hay otros compuestos químicos que tienen un sabor dulce, y con los cuales se realizan una serie de pruebas tendientes a poder ser usados en las bebidas carbonatadas.

2.3.2. Acidulantes.

Como componentes de las bebidas, los ácidos ocupan el tercer lugar en importancia después del agua y de los agentes edulcorantes. El sabor y la calidad de las bebidas carbonatadas no alcohólicas dependen, en cierta medida, de la cantidad y del carácter del ácido que se adicione al refresco. Los ácidos que más se utilizan en la manufactura de los refrescos son: el ácido cítrico, tartárico, fosfórico, láctico y málico. En ocasiones, el ácido acético y el adípico se pueden utilizar. Todos estos ácidos, con excepción del fosfórico, son ácidos orgánicos. Todos los ácidos que se emplean en la manufactura de bebidas, incluyendo el fosfórico, deben ser comestibles (15).

Las principales funciones de los ácidos en las bebidas son: dar a la bebida un ligero sabor ácido o amargo; resaltar el sabor de la bebida; aumentar el efecto de "apagar" la sed al provocar un flujo de saliva en la boca; modificar el dulzor de los agentes edulcorantes; impartir el pH correcto y crear un medio no apropiado para el crecimiento de los microorganismos (1).

El factor más importante para seleccionar el ácido a emplear con un determinado sabor, es su habilidad de resaltar el sabor en cuestión. Sobre esta base, el ácido tartárico, es por ejemplo, el indicado para un sabor de uva; el ácido cítrico para sabores cítricos, y el ácido málico para un sabor de manzana. Sin embargo, es un hecho el que otros factores, tales como el precio y la disponibilidad, intervengan al escoger el ácido a utilizar (15).

Generalmente, el ácido fosfórico se usa para sabores de root beer, cola, y sabores similares; el ácido cítrico se utiliza para sabores de frutas, particularmente para sabores de frutas cítricas y también se usa para ginger ale; el ácido tartárico se emplea para sabores de uva; y el ácido málico se usa para sabores de manzana, y cereza, ver el cuadro 2.3.2-1.

Cuadro 2.3.2.-1. Sabor, % de ácido, pH y ácido utilizado. (15).

Sabor	Acidéz Titulable (% de ácido)	pH	Acido Utilizado.
Manzana	0.10	3.5	Málico, cítrico
Cereza	0.10	3.0	Málico, cítrico
Uva	0.10	3.0	Tartárico
Piña	0.12	3.3	Cítrico
Fresa	0.10	3.0	Cítrico
Toronja	0.18	3.0	Cítrico
Limón	0.13	2.7	Cítrico
Lima	0.14	2.6	Cítrico
Naranja	0.08	3.5	Cítrico
Ginger Ale	0.12	2.8	Cítrico
Cola	0.05	2.3	Fosfórico

Los ácidos pueden tener diferentes funciones en la bebida y frecuentemente se utilizan dos o más ácidos. La concentración de cada ácido puede variar según lo quiera la empresa. Sin embargo, la cantidad apropiada de ácido a utilizar en una bebida, solo se puede determinar probando la bebida, lo que se lleva a

cabo con la ayuda de técnicos especialistas en sabor y con pruebas de consumidores (41).

Los ácidos utilizados en las bebidas varían en fuerza. Esto se debe a su estructura y a su grado de ionización. En el cuadro 2.3.2.- 2, se puede observar la fuerza relativa de los ácidos.

Cuadro 2.3.2.-2 Fuerza relativa de los ácidos (15).

Acido-Peso molecular-peso equivalente-Fuerza relativa			
Láctico	90	90	100
Cítrico	210	70	125
Tartárico	150	75	200
Fosfórico	98	49	650

a) Acido Cítrico:

El ácido cítrico, (Fig. 2.3.2-1), es un sólido prácticamente incoloro e inodoro, forma cristales, gránulos o polvo. Fue aislado por primera vez por Scheele en 1784 del jugo de limón. Es muy soluble en agua, aproximadamente 133 partes se disuelven en 100 partes de agua fría.

Además de encontrarse en las frutas cítricas, también aparece en la fresa, la piña, la frambuesa, etc. Puede prepararse sintéticamente, por fermentación o por extracción. El ácido cítrico es el principal ácido utilizado en la industria de los refrescos. La razón es que se combina bien con sabores ligeros y

de fruta. (15).

b) Acido Tartárico:

El ácido tartárico, (Fig. 2.3.2-1) es un ácido dibásico que forma cuatro isómeros. El ácido común es el de la forma dextro y se obtiene de las uvas. Aparece como cristales incoloros transparentes o como gránulos o polvo blanco. Tiene un fuerte - sabor amargo. Es muy soluble en agua, 139 gramos se disuelven en 100 ml. de agua a 20°C. Como es el ácido característico de las uvas, generalmente se emplea en la preparación de bebidas con sabor de uva. (15).

c) Acido Fosfórico:

El ácido fosfórico, (Fig. 2.3.2 - 1) es un líquido incoloro e inodoro. Es miscible con agua. Disponible comercialmente en concentraciones de 75%, 80%, 85% y 90%. Este ácido es ampliamente utilizado como acidulante en las bebidas carbonatadas particularmente con sabores como cola y root beer, y como estos sabores constituyen la mayor parte en porcentaje de consumo, el ácido fosfórico puede ser el ácido más importante en la industria de los refrescos. Es el ácido más barato de los que se utilizan en la industria embotelladora y el de más fuerza relativa. (40).

d) Acido Láctico:

El ácido láctico comercial se vende en varias concentraciones, tal como el ácido láctico comestible al 50% ó al 80%. El ácido láctico, (Fig. 2.3.2-1) es ampliamente usado como acidulante en la manufactura de bebidas carbonatadas. (40).

En el cuadro 2.3.2-3, se presentan las concentraciones de los ácidos que imparten una acidez igual en las bebidas.

Cuadro 2.3.2-3. Equivalencia de los ácidos (40).

Acido	Concentración (g/l).
Cítrico	1.28
Tartárico	0.95
Láctico	1.60
Ascórbico	3.00
Fosfórico	0.85

e) Acido Acético.

El ácido acético, (Fig. 2.3.2-1), es uno de los ácidos más conocidos desde hace mucho tiempo. Es un líquido incoloro -- con un olor penetrante y un sabor agrio. Se ha sugerido usar este ácido como acidulante en las bebidas pero a una concentración no mayor de 20% ya que ésta solución tendría una equivalencia a una solución de ácido cítrico al 50% (15).

f) Acido Adípico.

El ácido adípico, (Fig. 2.3.2.-1) es un polvo blanco. Este ácido puede reemplazar al ácido cítrico en una proporción de 1 a 1, y actúa como un agente acidulante en las bebidas carbonatadas. (40).

g) Acido Málico:

El ácido málico, (Fig. 2.3.2.-1), es el ácido característico de la manzana. Es un sólido blanco o cristalino, es muy soluble en agua.

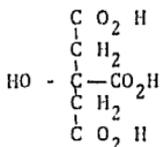
El ácido málico se encuentra en manzanas, duraznos, cerezas, uvas, piñas y en otras frutas. El ácido fué aislado en 1785, por Scheele y ahora se puede producir sintéticamente. Se recomienda usar este ácido en bebidas carbonatadas con sabor de manzana y cereza. (15).

h) Acido Ascórbico:

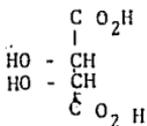
El ácido ascórbico (Fig. 2.3.2-1) se utiliza como anti-oxidante. Estabiliza la vida del sabor en la bebida. Cuando se utilizan ingredientes de sabor que contienen aldehidos, cetonas o cetoesteres, es aconsejable utilizar este ácido, ya que previene la oxidación de la materia orgánica al oxidarse él mismo, y de esta manera se conserva el sabor del refresco. (1).

Figura 2.3.2.-1. Estructura de los ácidos utilizados en las bebidas carbonatadas (14).

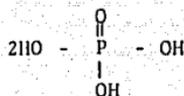
a) Cítrico



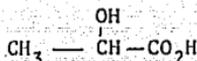
b) Tartárico



c) Fosfórico



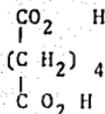
d) Láctico



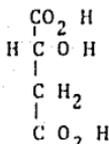
e) Acético



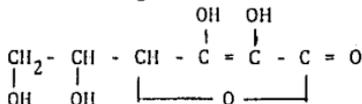
f) Adípico



g) Málico



h) Ascórbico



2.3.3. Sabores.

El sabor es la sensación causada por esas propiedades de cualquier sustancia llevada a la boca la cual, estimula los sentidos del gusto y el olfato. (Ver figura 2.3.3.-1 (13).

El sabor no es una sensación bien definida sino la combinación de muchas sensaciones básicas. Tales como: lo dulce, lo sa lado, lo ácido y lo amargo. Otras sensaciones que contribuyen al sabor total son: La temperatura, el "cuerpo", la textura y el color.

El cuerpo es el efecto de la cantidad total de masa presente y está generalmente asociada con el peso y la viscosidad. En las bebidas es proporcional a la cantidad de azúcar presente. Puede, sin embargo obtenerse de gelatinas, gomas vegetales, sólidos, etc.

La textura, es el efecto de la distribución de la masa, si el producto es suave fino, homogéneo o heterogéneo.

El color tiene un efecto puramente mental, pero muchas bebidas derivan su sensación de sabor de su color. Por ejemplo: muchas bebidas de naranja tienen como sabor predominante al limón, pero debido a que están coloreados de anaranjado, el consumidor asocia su sabor con la naranja.

Como un ejemplo general vemos un refresco de ginger ale. Este sabor de ginger ale es el resultado de las sensaciones atribuidas al sabor dulce del azúcar u otro agente edulcorante, al sabor agrio del acidulante, al sabor penetrante, del jengibre, a las sensaciones de sabor y olor de los otros componentes del sabor, la sensación cosquillosa de las burbujas de CO_2 al chocar con las paredes del paladar y la lengua en nuestra boca, la sensación de frescura debida a la baja temperatura del refresco al efecto de cuerpo de la bebida y finalmente, a la sensación de satisfacción que se obtiene de un buen refresco.

Se puede apreciar, entonces, que el sabor de un refresco es la suma de la acción saborizante de las diversas componentes del refresco: en azúcar o agente edulcorante, el acidulante, el

dióxido de carbono y los materiales saborizantes (40).

Se tienen ciertos requisitos con los que un saborizante para bebidas debe cumplir. Estos requisitos son: la solubilidad, la fidelidad del sabor, la resistencia a la acidez, la no-contaminación y algunos otros requisitos.

a) Solubilidad.

Posiblemente este es el requisito más importante que debe cumplir un saborizante para su uso en una bebida. Siendo una característica básica, es frecuentemente necesario eliminar - - ciertos componentes que normalmente se presentan en un material saborizante natural por ejemplo, si se desea obtener un refresco perfectamente claro de limón o sabor naranja, es necesario utilizar saborizantes cítricos en donde la concentración de terpenos se haya reducido.

b) Fidelidad del sabor:

El sabor deberá impartir el perfil característico el cual representa.

c) Resistencia a la acidez:

Como la mayoría de las bebidas carbonatadas tienen un pH relativamente bajo es decir una alta acidez es necesario que los componentes saborizantes resistan a la descomposición atribuida al ácido o a la oxidación acelerada del ácido .

d) No contaminación.

Es muy importante que el saborizante usado no contamine la bebida, ya que ésta no es tratada con calor. En algunos sabores, la concentración del ácido es suficientemente alta como para reducir el peligro de contaminación. En el caso de aquellas bebidas que utilicen jugos de frutas o pulpas, el problema será más complejo y se tendrá que usar un conservador químico, como el benzoato de sodio (13).

e) Otros requisitos:

La resistencia a la destrucción por calentamiento no es una característica esencial para un saborizante de refrescos, - sin embargo, deben soportar temperaturas del orden de los 40° C en un medio ácido.

La aplicación de los saborizantes es dictada por la apariencia del producto final, así como la legislación gobernante (13).

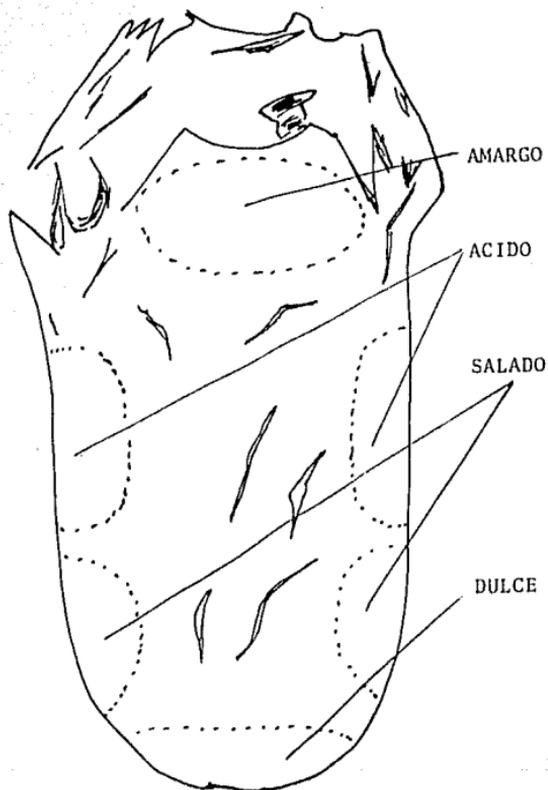
Los materiales saborizantes pueden clasificarse de una manera simple en dos tipos: saborizantes naturales y saborizantes artificiales (40).

a) Saborizantes Naturales:

Los materiales naturales usados en la preparación de la base del sabor, se presentan en las siguientes formas: Aceite esencial, alcoresinas, jugos, extractos, etc.

Figura 2.3.3 - 1.

LABRAL FISIOLÓGICO
(GUSTO)



I. Aceites esenciales:

Aceite esencial es una mezcla volátil de compuestos orgánicos derivados del material de plantas olorosas por medios físicos. La mayoría de los aceites esenciales existen por si mismos en el material de las plantas, pero ciertos aceites son formados solamente como resultado de una reacción enzimática después de que el tejido ha sido triturado y macerado con agua. Hay cuatro grupos principales de aceites esenciales de acuerdo a su método de preparación. Primero están los aceites obtenidos por destilación; segundo los aceites derivados de una extracción por solvente; tercero los obtenidos al presionar el material -- donde se encuentran; y cuarto, aquellos preparados por impregnación. Para el uso en las bebidas, los métodos más importantes son la destilación (aceite de jengibre, aceite dulce de abedul, -- aceite de pirola y algunos aceites cítricos particularmente el de lima) y el de presión (aceites cítricos de naranja, limón, lima, mandarina, toronja, etc. Obtenidos al presionar la cáscara de la fruta) (13).

Los aceites esenciales son mezclas de hidrocarburos, tales como los terpenos y sesquiterpenos, compuestos oxigenados como los ésteres, alcoholes, éteres, cetonas, fenoles, oxidos y compuestos de más de un grupo funcional; o pequeñas cantidades de sustancias relativamente no volátiles, tales como ceras y parafinas.

Los compuestos oxigenados son los componentes principales

del sabor, aunque los terpenos y sesquiterpenos tienen también cierto valor saborizante. Los compuestos oxigenados son más solubles en agua que los terpenos y sesquiterpenos, los cuales - son hidrocarburos de fórmula general $(C_5 H_8)_n$ donde n es 2 para terpenos y 3 para sesquiterpenos; de ésta manera si los aceites esenciales tales como los aceites cítricos, son usados hay la - posibilidad de que los terpenos y sesquiterpenos precipiten en solución. Esto será indeseable en una bebida de tipo claro, para evitar tales dificultades serán usados aceites sin terpenos y sesquiterpenos como saborizantes (13).

II. Oleoresinas:

Las oleoresinas son obtenidas de hierbas o especias por extracción con un solvente seleccionado o solventes los cuales, deberán ser totalmente separados del producto final por destilación al vacío. (13).

Las principales oleoresinas usadas como saborizantes para las bebidas son las de jengibre y la del pimiento (40).

III. Jugos:

Jugos de fruta son ampliamente usadas en la base de los sabores, la mayoría de estos son concentrados por separación del agua al vacío tal que el jugo final es de 4, 5 ó 6 veces más -- fuerte que el original. La intensidad del sabor del jugo depende no solamente del grado de concentración sino del tipo de fruta usada y del método de concentración. Los jugos son normalmente

preservados por pasteurización y/o adición de pequeñas cantidades de benzoato de sodio, para mejores resultados son almacenados en refrigeración (40).

b) Sabores Artificiales:

De acuerdo a la legislación en alimentos, el sabor de un producto que derive de un material saborizante producido sintéticamente deberá ser designado como un sabor artificial.

Aunque los materiales sintéticos contribuyen en una cantidad pequeña a el sabor terminado. Los compuestos sintéticos están presentes en forma natural en el sabor mismo de la hierba o fruta. Esto conduce a la siguiente clasificación de los sabores tipo imitación.

a) Conteniendo solamente sustancias sintéticas como agentes saborizantes, b) Conteniendo saborizantes naturales más compuestos sintéticos con origen en las frutos o hierbas. c) Conteniendo saborizantes naturales más compuestos sintéticos ajenos a el sabor.

Compuestos químicos sintéticos usados como agentes saborizantes son principalmente compuestos oxigenados encontrados en la naturaleza. Sin embargo, el hombre ha sido capaz de producir la mayoría de éstos sintéticamente, más baratos, y/o mejores que los naturales.

Las sustancias sintetizadas son usadas en la manufactura de sabores porque ellas son económicas, uniformes, disponibles - con una mayor fuerza y de mayor pureza que su replica natural (40).

Formas comerciales de los Saborizantes.

Para que un saborizante sea aceptado en un producto de uso comercial deberá ser soluble en agua o dispersable. Los principales saborizantes utilizados en la manufactura de las bebidas vienen de diferentes formas: Extractos, emulsiones, concentrados de jugo de fruta, polvos y combinaciones de cada una.

Un saborizante puede ser considerado como "extracto" - cuando únicamente el solvente usado es el alcohol etílico.

Un extracto puede ser o no ser una extracción verdadera a partir de una hierba. El extracto de vainilla es hecho disolviendo el aceite de naranja en alcohol, algunos extractos pueden ser hechos por cualquier método, factores tales como costo, conveniencia, clase del sabor deseado, etc., determinan el método usado (40).

Una emulsión de un saborizante se prepara mezclando completamente los aceites esenciales con una cantidad calculada de agente emulsificante, adicionando agua hasta que se alcance la consistencia deseada. La capacidad de los agentes emulsificantes para mantener el aceite en suspensión es proporcional al tamaño de partícula, entonces las partículas de aceite son reducidas por homogenización. Hay emulsiones que no son claras, esto es porque el material saborizante no está realmente en solución, pero se mantiene en suspensión, por lo tanto, las emulsiones son usadas donde el "sabor oscuro" no es perjudicial para la bebida

terminada. Para bebidas con sabor a naranja, limón, lima y root beer, la turbiedad es usada con gran ventaja. La turbiedad no es más que partículas de aceite suspendida que difunden la luz y causan el efecto oscuro. Pero la cantidad del aceite esencial presente en la bebida terminada es demasiada pequeña para crear suficiente turbiedad tal que un aceite neutral tiene que ser -- adicionado.

Las bebidas terminadas tienen una gravedad específica - de aproximadamente 1.05 mientras que la mayoría de los aceites saborizantes son menores de 1.00. Esto significa que algo deberá ser hecho para balancear los aceites saborizantes. Los materiales usados para este propósito son los aceites vegetales bromados, los cuales, tienen una alta gravedad específica, obteniéndose fácilmente el punto deseado.

Para la manufactura del sabor, "concentrado" significa - una base saborizante en la cual, todo o parte del sabor viene a la concentración real de las frutas o jugos naturales. La base saborizante es normalmente preservada con alcohol, propilen glicol o benzoato de sodio, pero esto no es suficiente para conservarlo de la oxidación. Por lo tanto todos los concentrados deberán ser almacenados en frío.

Por lo general, los sabores son suministrados en fuerza de 1, 2, 4 ó 5 onzas. Esta fuerza se refiere a la cantidad necesitada para producir un galón de Jarabe para el embotellado, la fuerza también puede ser referida como 1 - 31, lo cual, significa que un galón del sabor, añadido a 31 galones de jarabe simple

producirá 32 galones de jarabe terminado listo para embotellar (40).

En el cuadro 2.3.3., se muestran algunos de los sabores de las bebidas carbonatadas y además importantes observaciones para la adecuada preparación de dichos productos.

Cuadro 2.3.3., guía práctica para la elección de los saborizantes de las bebidas carbonatadas (40).

Sabor	Tipo	Forma	Fuerza	Observación
Cola	Natural	Extracto o emulsión	4 oz	El saborizante y colorante pueden ser incorporados en fuerza de 4 onzas, algo de ácido adicional puede ser <u>ne</u> cesitado.
Limón	Natural	Concentrado emulsión	1-17	Debe contener jugo y mostrar una intensa -- turbiedad.
Lima/Limón	Natural	Emulsión	2 oz 1-10	Necesita una emulsión para producir una intensa turbiedad.
Naranja	Natural	Concentrado	1-17 2 oz.	Si la economía es <u>con</u> siderada 2 onzas son usadas.
Toronja	Natural	Concentrado Emulsión	1-10 1-17 ó 2 oz.	Se obtiene un aceptable sabor sin jugo, <u>pe</u> ro la adición de jugo brinda una mejor <u>pre</u> sentación.
Uva	Imitación	Extracto	2 oz	Combinación del jugo de uva y de sustancias aromáticas dan un <u>exce</u> lente sabor.

Sabor	Tipo	Forma	Fuerza	Observación
Ginger Ale	Natural	Extracto	4 oz ó 2 oz	El aroma del sabor se debe a los aceites cítricos con algo de aceites de flores y es especial, extracto es necesitado para producir una bebida clara.
Root Beer	Natural Imitación	Extracto Emulsión	4 oz	Root Beer es hecho, de aceites de sasafrás, abedul, especias, cítricos, vainilla y otros materiales. El producto es coloreado con caramelo.

2.3.4. Colores.

Los colores agradables hacen a una bebida más atractiva y deseable. La función que tienen los colores en las bebidas es sencilla, agradar al consumidor. De aquí, que todos los productores de bebidas carbonatadas se esmeren en presentar al público una bebida con un color apropiado a ella (15).

Los colorantes empleados en las bebidas pueden agruparse en tres grandes categorías: colorantes naturales, colorantes artificiales y colorantes sintéticos. Para los propósitos de la manufactura de bebidas, es necesario distinguir entre los colores artificiales, éste es, colorantes hechos, mediante algún artificio, de materias naturales, y los colores netamente sintéticos. En la elaboración de las bebidas carbonatadas, los colorantes más importantes son los artificiales y los sintéticos (41).

Los colores naturales no se emplean ampliamente en la preparación de los refrescos debido a las ventajas que representa el

uso de los colores sintéticos. Una de ellas, es el poder colorante. El poder de algunos tintes sintéticos es tan alto que bastan 30 ml. para colorear 960 litros. De hecho se utilizan concentraciones de partes por millón (15).

Los colores sintéticos pueden clasificarse de acuerdo a su uso en la industria de refrescos como: primarios, secundarios y terciarios. Un color primario es aquel que emplea un sólo color, sin mezclas, en la tabla 2.3.4, se muestran estos colores. Un color secundario consiste de una mezcla de dos o más colores primarios, y el color terciario es el que emplea una mezcla de colores secundarios y un color primario (9).

Cuadro 2.3.4.- 1. Colores certificados (FD&C) y sus tonos asociados (9) .

C o l o r	T o n o
Azul No. 1 ^a	Azul brillante.
Azul No. 2 ^a	Azul real.
Verde No. 3 ^a	Verde azulado
Rojo No. 3 ^a	Rojo Sandía.
Rojo No. 40 ^b	Rojo anaranjado
Amarillo No. 5 ^b	Amarillo limón.
Amarillo No. 6 ^b	Anaranjado.

a Tinte trifenilmetano
b Tinte Azo

a) Colores Naturales:

De los colorantes naturales, únicamente se utiliza el β - caroteno, para mejorar el color de ciertas bebidas de naranja (9).

b) Colores Artificiales.

Existe solamente un colorante artificial importante. Este es el color caramelo. Se define como la solución acuosa concentrada del producto que se obtiene al calentar la sacarosa o la dextrosa hasta que el sabor dulce se destruye y resulta una masa oscura uniforme. Debe notarse que el color caramelo se define como artificial, ya que está hecho por el artificio de "quemar" el azúcar. El caramelo es un líquido viscoso café oscuro a negro que tiene un olor característico de azúcar quemada. Tiene un sabor amargo. Es soluble en agua y una parte disuelta en 1000 partes de agua forma una solución con un color naranja - amarilloso (15).

El color caramelo ha sido producido comercialmente por calentamiento de remolacha o azúcar de maíz altamente refinada en presencia de ciertos catalizadores. La caramelización involucra el proceso simultáneo de inversión y reversión. Moléculas grandes de carbohidratos son hidrolizados (inversión), bajo condiciones de presión, calor y acidez a monosacáridos, los cuales, en cambio son polimerizados (reversión) bajo las mismas condiciones, conjuntamente con nitrógeno y azufre. (21).

El caramelo es ampliamente utilizado como colorante pero debe mencionarse que también tiene ciertas propiedades saborizantes. Su principal uso en la industria de refrescos es para la co-

loración de las bebidas con sabor de root beer, crema soda y algunos ginger ales. (1).

El color caramelo se emplea también para la coloración de bebidas tipo cola, usándose aproximadamente 0.25% en el jara be terminado (13).

c) Colores Sintéticos.

Los colores sintéticos que se usan en los Estados Unidos con permiso del gobierno, se conocen como "colores certificados". Para poder ser usados deben someterse a un procedimiento llamado "Certificación", que consiste en enviar a la Administración de Alimentos y Drogas muestras de estos colorantes, para que los analistas y científicos del gobierno analicen química, bioquímica y toxicológicamente si el tinte o color posee sustancias deletéreas. (15).

Los colores certificados que se usan en Estados Unidos están controlados por la Administración de Alimentos y Drogas. Esta agencia les ha asignado ciertos nombres particulares. Se les conoce como los colores FD&C (Food, Drug, and Cosmetic). Los colores certificados están disponibles como tintas FD&C y lacas FD&C. Los tintes son solubles en agua y presentan su color al ser disueltos en un solvente, en contraste, las lacas son pigmentos, ellos son materiales insolubles, el color es por dispersión.

Los tintes son los colorantes preferidos para la elaboración de las bebidas carbonatadas, los niveles usados variarán de 5 - 150 partes por millón (16).

En el cuadro 2.3.4.-2, se muestran las cantidades recomendadas de color a emplearse en las bebidas.

Cuadro 2.3.4.-2 . Colores aplicados en las bebidas carbonatadas(40).

S a b o r	C o l o r	Rango Permisible de uso (PPM).
Limón	Amarillo No. 5 FDC	10 - 15
Naranja	Amarillo No. 6 FDC	30 - 40
Lima	Amarillo No. 5 95% Azul No. 1 5%	20 - 30
Uva	Rojo No. 2 90% Azul No. 1 10%	60 - 70
Fresa	Rojo No. 2 50% Amarillo No. 6 50%	60 - 70
Frambuesa	Rojo No. 2 FDC	60 - 70
Cereza	Rojo No. 2 88% Amarillo No. 1 10% Azul No. 1 2%	60 - 70
Toronja	Amarillo No. 5 FDC	5 - 10

2.3.5, Agentes Emulsificantes.

Aunque no contribuyen al sabor como tal, los emulsificantes tienen dos funciones relacionadas a la aceptabilidad de el producto:

a) Como un medio para solubilizar y permitir una dispersión uniforme de los aceites saborizantes.

b) Como un agente enturbiante para dar al producto una apariencia apropiada.

Un gran número de agentes emulsificantes están disponibles, los más ampliamente usados son goma de acacia, tragacanto, karaya y guar. Otros hidrocoloides tales como alginatos, alginato de sodio, metilcelulosa, carboximetilcelulosa son usados también como estabilizadores de la dispersión en bebidas turbias y como agentes de cuerpo en bebidas claras con bajo contenido de azúcar. El nivel de uso de estos aditivos es limitado por la cantidad que puede ser disuelto en la solución (13).

2.3.6. Conservadores.

La función de los conservadores es la de prevenir el deterioro causado por las enzimas y bacterias que existen de grado variable en todos los productos alimenticios.

Los conservadores permitidos para uso en bebidas carbonatadas son:

a) Dióxido de azufre. Frecuentemente empleado en la forma de una solución acuosa al 6%. La cantidad máxima permitida es definida por la legislación, usualmente es de 100 ppm, que equivale a 1.5 oz (44.5 ml.) de la solución por galón (3.78 l) de jarabe.

b) Benzoato de Sodio - Acido benzóico es el conservador más comúnmente usado pero, como es soluble solamente a muy bajos niveles en agua es generalmente empleado en la forma de la sal de sodio la cual es rápidamente soluble. Ya que es el ácido mismo, el conservador, es esencial que cuando el benzoato de sodio sea usado, debe estar el jarabe en un nivel adecuado de acidez.

Los límites para el ácido benzóico varían, pero 0.1% es el máximo permitido. Esta dosificación es alcanzada por el uso de 1 oz (28.35 g) por un galón (3.78 l.) de jarabe. Por conveniencia muchos manufactureros usan una solución al 10% de benzoato de sodio (13).

2.3.7. Métodos de Preparación de Jarabe Terminado.

Los principales métodos de preparación de Jarabes aplicados a la manufactura de las bebidas carbonatadas son: a) proceso frío. b) proceso en caliente.

a) Proceso frío, consiste en mezclar el azúcar con el agua a la temperatura ambiente. Esto se puede hacer directamente sin la adición de ácido, o bien con el uso de este material a fin de obtener un efecto preservativo contra los microorganismos. El éxito de este método para la preparación del jarabe depende de las precauciones estrictamente sanitarias.

Se ha demostrado que los jarabes de alta densidad, en la escala de 36 grados baumé poseen una acción retardante definitiva al desarrollo de microorganismos, especialmente si se almacenan unas cuantas horas o durante la noche. Esta adición se puede incrementar considerablemente con la adición de aproximadamente un por ciento de ácido cítrico o fosfórico a los jarabes de alta densidad. Los jarabes sin ácido añadido o más ligeros de 30 - 32 grados Baumé no deben ser almacenados porque las levaduras se multiplican con rapidez en tales soluciones.

b) Proceso en caliente, consiste en calentar el jarabe -

simple por lo general mediante una camisa de vapor en el tanque o suspendiendo un serpentín de vapor en el interior de dicho tanque. Es evidente que el jarabe preparado por este método debe enfriarse antes de ser convertido en un jarabe condimentado con el sabor. Esto se puede hacer en el tanque encamisado donde se preparó el jarabe usándose algún tipo de enfriador de jarabe. La eliminación de aire durante estos procesos es ventajoso desde el punto de vista de la estabilidad del sabor.

La pasteurización, el procedimiento ideado para destruir o reducir el número de organismos objetables, es usualmente efectivo a cualquiera de dos combinaciones de temperatura y tiempo, por ejemplo jarabe de 32 grados Baumé hervido por cinco minutos y enfriado; jarabe de 32 grados Baumé con aproximadamente 1.0% de ácido, calentado a 82° C y enfriado después. No obstante, la pasteurización no es una garantía de que el jarabe se encontrará exento de contaminaciones después de la preparación. Por lo que condiciones sanitarias de almacenamiento y manejo son requeridas en las operaciones subsiguientes.

Las altas normas bacteriológicas para el azúcar y los jarabes, y también la sanidad escrupulosa, son acentuadas enfáticamente en la manufactura de las bebidas porque las propiedades duraderas del producto terminado dependen de ingredientes completamente exentos de microorganismos que causen el deterioro. Esto es de particular importancia porque el envase final no es tratado térmicamente. (41).

El conocimiento para medir la cantidad correcta de ingre

dientes requiere de algunos cálculos simples y necesarios.

Siempre que se usen los cálculos en la preparación de jarabes, la cifra fundamental que debe emplearse es el peso del azúcar seca por galón (3.78 litros) de jarabe.

La preparación de 3.78 litros de jarabe simple de 32 grados Baumé, se resuelve de la manera siguiente: Primero conocer las cantidades de azúcar y agua requeridas para tal preparación, el cuadro 2.3.7.- 1 muestra que en 3.78 litros de jarabe de 32 grados Baumé contiene 2.86 Kilogramos de azúcar. El peso de tal jarabe es de 4.84 Kilogramos.

$4.84 - 2.86 = 1.98$ Kilogramos, el peso del agua en 3.78 litros de 32 grados Baumé es de 1.98 Kilogramos. Como 1 litro de agua pesa 1 Kilogramo a 4°C, por lo tanto $1.98 \text{ Kg.} \times 1 \text{ l./1 Kg.} = 1.98$ litros de agua deberá ser agregada a el azúcar para producir 3.78 litros de jarabe (41).

Cuadro: 2.3.7.- 1

RELACION DE GRADOS BAUME A LA COMPISICION Y PESO DEL JARABE

Grados	% Azúcar Por peso (Brix)	Kilogramos de Azúcar en 3.78 Litros de Jarabe	Kilogramos de Agua en 3.78 Litros de Ja- rabe.	Peso del ja- rabe por 3.78 litros (en Kg).
20	36.4	1.59	2.79	4.38
21	38.2	1.68	2.73	4.41
22	40.1	1.78	2.66	4.44
23	41.9	1.88	2.60	4.49
24	43.8	1.98	2.54	4.52
25	45.7	2.08	2.47	4.56
26	47.6	2.18	2.41	4.60
27	49.5	2.29	2.34	4.64
28	51.4	2.40	2.27	4.68
29	53.3	2.51	2.20	4.71
30	55.2	2.63	2.13	4.75
31	57.1	2.74	2.05	4.80
32	59.1	2.86	1.98	4.84
33	61.0	2.98	1.90	4.88
34	63.0	3.10	1.82	4.93
35	64.9	3.22	1.74	4.97
36	66.9	3.36	1.66	5.02
37	68.9	3.49	1.58	5.07
38	70.9	3.62	1.49	5.12
39	72.9	3.76	1.40	5.16
40	74.9	3.91	1.30	5.21
41	77.0	4.05	1.21	5.26
42	79.0	4.20	1.11	5.31
43	81.1	4.35	1.01	5.37
44	83.2	4.50	0.91	5.42
45	85.3	4.67	0.80	5.48

Cuadro 2.3.7.-2

RELACION ENTRE GRADOS BRIX, BAUME, COMPOSICION Y PESO DEL JARABE
(Concentraciones de Jarabes y Bebidas)

BRIX (% Saca rosa por peso.	Kilogramos de Azúcar en 3.78 Litros de Jarabe	Peso del Jarabe por 3.78 Litros (en Kg.).	BAUME
6	0.23	3.86	3.35
7	0.27	3.87	3.91
8	0.31	3.89	4.46
9	0.35	3.91	5.02
10	0.39	3.93	5.57
11	0.43	3.94	6.13
12	0.47	3.94	6.68
13	0.52	3.97	7.24
14	0.56	3.99	7.79
15	0.60	4.00	8.34
36	1.57	4.37	14.81
38	1.67	4.41	20.89
40	1.78	4.44	21.97
42	1.88	4.39	23.04
44	1.99	4.52	24.10
46	2.10	4.56	25.17
48	2.21	4.60	26.23
50	2.32	4.64	27.28
52	2.44	4.69	28.33
54	2.55	4.73	29.38
56	2.67	4.77	30.42
58	2.79	4.82	31.46
60	2.92	4.86	32.49
62	3.04	4.91	33.51
64	3.17	4.95	34.53
66	3.30	5.00	35.55
68	3.43	5.04	36.55
70	3.56	5.09	37.56

2.4. Carbonatación

2.4.1. Dióxido de Carbono.

La gran aceptación que tienen las bebidas carbonatadas bajo la forma de refrescos se debe en parte al sabor y al burbujeo que el dióxido de carbono (CO_2) imparte al producto (41).

Orígenes del Dióxido de Carbono.

El dióxido de carbono se produce por un intercambio de gases entre los animales y las plantas. Todos los animales y las plantas. Todos los animales, igual que el hombre, respiran oxígeno y constantemente emiten dióxido de carbono. Las plantas absorben éste porque lo necesitan para vivir, de la misma manera que los animales necesitan el oxígeno. A su vez, las plantas emiten el oxígeno y de este modo el suministro de oxígeno y dióxido de carbono se mantiene estable.

El dióxido de carbono se forma también por la descomposición de las rocas y materia vegetal; Sin embargo, el CO_2 usado comercialmente se deriva de estos suministros principales:

- (a) Al quemar compuestos de carbón (coque, aceite, gas, etc.);
- (b) Al calentar la piedra caliza se forma la cal y el CO_2 ; (c)-
- Proceso de fermentación produce alcohol y CO_2 ; (d) Dióxido de
- carbono gaseoso de los pozos. Algunas de las reacciones que se
- llevan a cabo en estos procesos son las siguientes:

la absorción, indicado antes. Sin embargo se considera que el CO_2 requiere de una purificación especial. Esta purificación consiste por lo general de (a) lavado con agua (b) tratamiento químico para separar los elementos sulfurosos, si están presentes, (c) eliminación del olor por algún medio químico o por el paso a través de carbón activado, (d) secado para eliminar el agua. El CO_2 purificado es aún un gas, debe ser licuado antes de ser almacenado o envasado en los cilindros o bien puede ser solidificado (31).

Propiedades Químicas y Físicas.

El dióxido de carbono puro no tiene color y posee un ligero olor. Como es una y media veces tan pesado como el aire, se puede vaciar de un recipiente a otro lo mismo, que el agua. No arde, pero apaga una flama. Esta propiedad es valiosa cuando se emplea en los extintores contra incendios. Como muchos otros gases, el dióxido de carbono es más soluble en agua a bajas temperaturas que a altas.

Aunque el dióxido de carbono en su forma seca es relativamente inerte y un compuesto muy estable, bajo condiciones apropiadas y altas temperaturas puede reaccionar químicamente con ciertos productos químicos. Tiene la tendencia a desintegrarse en oxígeno y monóxido de carbono a temperaturas de más de 649°C (1200°F), pero ambos productos tienen también la tendencia a volver a formar el dióxido de carbono.

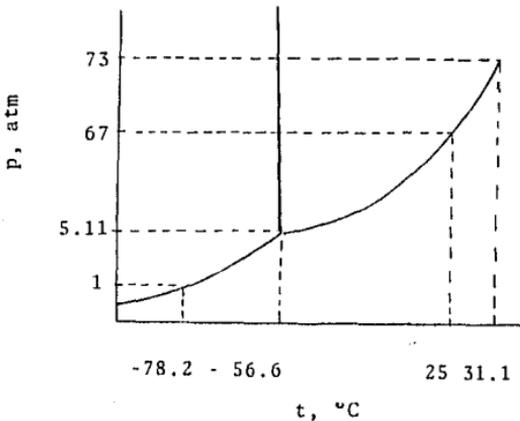
Cuando se disuelve en agua, el dióxido de carbono produce ácido carbónico y la solución es químicamente activa por sus

propiedades ácidas. Sólo una pequeña parte del gas disuelto se une químicamente con el agua para formar el ácido, y su valor de pH está en el rango de 3.7 a 3.2 (36).

En la fabricación de bebidas, el dióxido de carbono no sólo proporciona el sabor distintivo de la bebida carbonatada, sino que inhibe y destruye el crecimiento de bacterias. Esta acción de conservar se incrementa en proporción con el número de volúmenes de carbonatación usada. Sin embargo aún en las altamente carbonatadas como el ginger ale, la acción del CO_2 es un factor de seguridad adicional y no se deben olvidar los estrictos controles de sanidad (32).

El dióxido de carbono se encuentra en tres formas o estados: Sólido (hielo seco), líquido y gaseoso. Las condiciones de presión y temperatura determinan el estado. Estas condiciones -- pueden apreciarse en la figura 2.4.-1, que es un diagrama de fases del CO_2 .

Figura 2.4.-1 Diagrama de Fases del Dióxido de Carbono (6).



El hielo seco es formado por licuefacción, congelación del dióxido de carbono para obtener un sólido. A la presión normal del aire tiene una temperatura de -73°C , cuando se expone al calor se vaporiza o se sublima. Mientras no se aumente la presión, la vaporización actúa como autorrefrigerante que mantiene la temperatura de -73°C , del resto de sólido durante el proceso de la vaporización. A la temperatura y presión normal de aire, el dióxido de carbono existe sólo bajo la forma de gas.

Cuando se encierra el hielo seco en un convertidor a baja presión y se le aplica calor, el hielo se sublima primero y, después, como ocupa un volumen mayor que el producto sólido, la presión se eleva. Si la presión aumenta, el sólido se calienta gradualmente hasta que alcanza una temperatura de 56.6°C y una presión de 75 lb/in^2 (5.1 atm.) A ese punto, el hielo seco se empieza a derretir y adquiere una forma líquida en lugar de volverse gas.

A ese punto, la aplicación de calor adicional no afecta la presión o la temperatura hasta que todo el sólido se ha licuado. La aplicación adicional del calor creará un aumento tanto en la temperatura como en la presión del dióxido de carbono, y con la eliminación del calor, la temperatura, así como la presión bajarán en seguida. Un equilibrio definitivo existe entre la presión y la temperatura a través de todos estos cambios de manera que para cualquier temperatura menor de 31°C , (temperatura crítica) una presión definida es siempre encontrada.

El cambio de estado es reversible. El dióxido de carbo-

no al ser comprimido y enfriado forma un líquido que al enfriarse suficientemente se congela formando el sólido. Por lo contrario, al calentarse el sólido forma un gas frío que a su vez, bajo presión, forma un líquido. Este, al calentarse adicionalmente forma un gas comprimido. La presión ejercida en el envase es una función de la proporción del volumen al peso contenido del CO_2 (41).

Las propiedades físicas importantes que permiten la distribución comercial del CO_2 son las siguientes: facilidad con que puede ser licuado y contenido en recipientes a alta presión, tales como cilindros; manejo a temperatura ambiente o en camiones-tanque de tipo aislado para contener el líquido a temperaturas - bajo cero y a presión media, más la propiedad adicional de que puede ser solidificado y manejado como "hielo seco" que a su vez puede ser empleado como un refrigerante o convertido a vapor como suministro de gas (40).

2.4.2. Volumen de CO_2

El volumen de dióxido de carbono es un factor muy importante en la bebida final, ya que es la cantidad de éste gas disuelto en la bebida lo que le dá a ésta el sabor chispeante, además de que gobierna el tiempo, junto con otros factores como la temperatura, de la efervescencia del refresco.

La Ley de Henry, establece que la cantidad de gas disuelto en un volumen dado de un solvente a temperatura constante es directamente proporcional a la presión del gas a la que está en

equilibrio. De acuerdo con esta ley, la cantidad de dióxido de carbono disuelta en agua a una temperatura dada, es proporcional a la presión del CO_2 en el agua. La variación real de esta ley, en el caso de las bebidas carbonatadas no es grande (15).

A presión atmosférica, la cantidad de CO_2 disuelto en agua depende solamente de la temperatura. Ya se mencionó que a bajas temperaturas la solubilidad es mayor que a altas temperaturas. La unidad de medida que se ha adoptado en la industria de la manufactura de bebidas carbonatadas como estándar es el "volumen". Esta se define como la cantidad de gas en mililitros que a un volumen dado de agua se absorberán a presión atmosférica, 760 mm. de Hg. y a 15.5°C . Esto significa que a 15.5°C el agua absorberá un volumen de CO_2 . Cuando la presión se incrementa 1 atm., el agua absorberá 2 volúmenes del gas (35).

Determinación del volumen.

Para estimar los volúmenes de dióxido de carbono en la botella de una bebida carbonatada, es necesario conocer la temperatura de la bebida y la presión del contenido de la botella. Los datos son determinados con manómetro y termómetro.

El procedimiento se realiza de la siguiente manera: Se sujeta la botella en el marco del aparato probador. Se perfora la tapa corona y no se agita la botella. Se desaloja rápidamente el gas de la parte superior de la botella hasta que la lectura del aparato llegue al cero. Asegúrese que la válvula quede cerrada cuando se marque el cero. Se agita la botella vigorosa-

mente hasta que el aparato dé una lectura estable. Se anota la presión. Se anota la temperatura y se obtiene el volumen de carbonatación mediante el cuadro 2.4.2. Los detalles exactos del procedimiento son presentados en la sección 3.2.

Los valores que aparecen en el cuadro 2.4.2 (volúmenes de CO_2) han sido calculados a la presión atmosférica del nivel del mar. Por lo tanto la presión atmosférica del lugar afectará en las pruebas de carbonatación. De acuerdo a la altitud de la ciudad donde se efectúe la determinación del volumen, se tiene una cifra específica que servirá para hacer la corrección de la presión manométrica, ésta cifra será restada del valor obtenido en la determinación con el manómetro, en Kg./cm^2 . Ver. Cuadro - - 2.4.2.-1 (35).

Cuadro 2.4.2.-1. Corrección del Volumen por la Altitud. (35).

Altitud (Metros)	Corrección en el manómetro. (Kg/cm^2).
0	0
305	0.036
610	0.072
914	0.107
1219	0.140
1524	0.174
1829	0.205
2134	0.236

En la determinación del volumen, se recomienda que la bebida tenga una temperatura de 10°C, pues de lo contrario se tendrá que aplicar el factor de corrección para compensar la cantidad perdida de CO₂ durante la descarga del espacio libre de las botellas. Ver Cuadro 2.4.2.-2.

Cuadro 2.4.2.-2. Corrección del Volumen por temperatura. (3).

Temperatura (°C)	Factor de Corrección
4.4	Restar 0.1 de volumen
10.0	Restar 0.0 (estándar)
15.5	Sumar 0.1 de Volumen
21.1	Sumar 0.2 de Volumen
26.6	Sumar 0.3 de Volumen

2.4.3. Carbonatación

La carbonatación consiste en incorporar suficiente dióxido de carbono al agua o a la bebida a fin de que cuando se sirva el producto deje escapar el gas bajo la forma de burbujas finas y para que tenga ese sabor "picante" característico de las bebidas carbonatadas (41).

Como el dióxido de carbono es más soluble en agua fría que en agua caliente, es conveniente enfriar el agua antes de mandarla al carbonatador. El carbonatador es un aparato mediante el cual, una gran superficie de agua puede ser expuesta al CO₂ gaseoso

so bajo presión. La combinación de estas variables facilitan la carbonatación (41).

Los carbonatadores comerciales varían en capacidad de 950 a 13 626 litros por hora. (15).

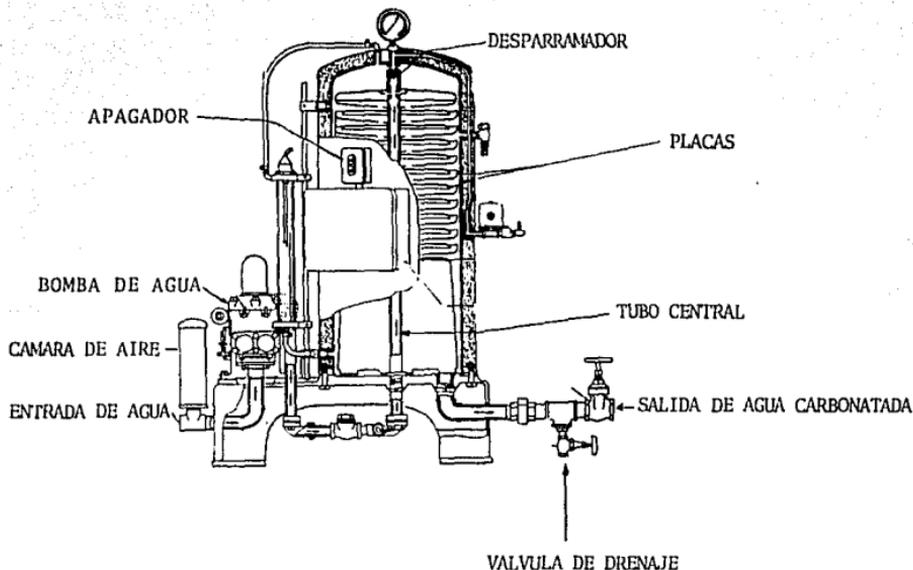
Hay dos tipos principales: uno en el que el agua es carbonatada y el segundo en el que el agua se enfría y carbonata simultáneamente. (Figuras 2.4.3.-1 y 2.4.3.-2 respectivamente).

a) Carbonatador :

El primero de estos tipos de carbonatadores es el conocido como "Cem Saturador", trabaja con los principios mencionados anteriormente. No contiene aparatos de agitación, como paletas. En este aparato, el CO_2 entra a través de una conexión de gas que penetra al tanque a la presión de operación. El agua fría es bombeada del refrigerante hacia el tanque. Ahí se le dá fuerza para que suba por un tubo central de donde sale por un orificio especial de manera muy suave. Es desparramada y baja lentamente por cada una de las placas interiores hasta llegar al área de depósito de agua carbonatada, en la parte baja del carbonatador. De éste, el agua se bombea a la llenadora. La cantidad de agua carbonatada almacenada en la sección inferior del carbonatador es regulada automáticamente mediante una bomba.

Es indispensable que los carbonatadores sean hechos con metales resistentes a la corrosión, tal como las placas de acero inoxidable, los cilindros de bronce, las válvulas y los pistones (6).

Figura 2.4.3.- 1. Carbonatador "Cem Saturador". (15).

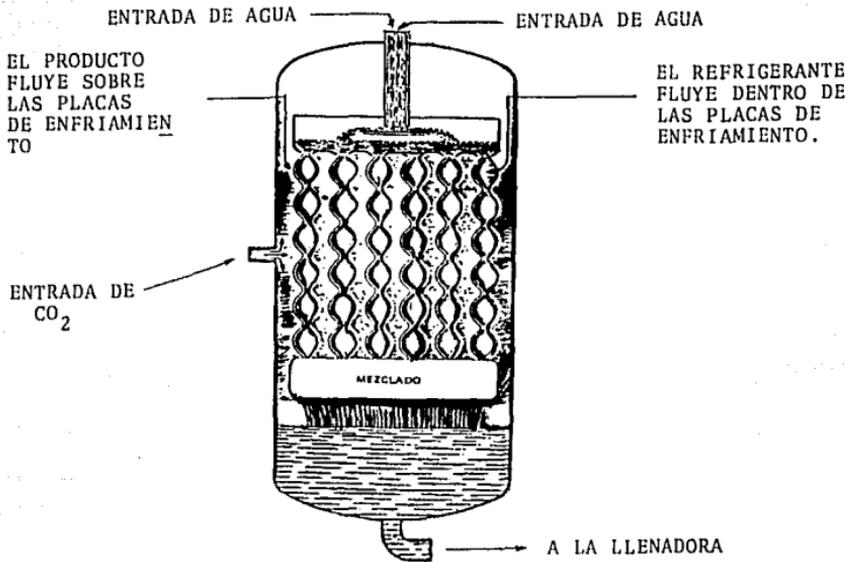


b) Carbonatador y Enfriador.

El tipo representativo del carbonatador que enfría y carbonata al mismo tiempo es el "Carbo-enfriador", que se aprecia en la figura 2.4.3-2 Este tipo de equipo, el agua entra por la parte superior llegando a un panel de distribución, de donde fluye hacia abajo sobre placas enfriadoras de acero inoxidable y se carbonata con el dióxido de carbono que penetra al carbonatador por un costado. El agua fría carbonatada fluye a un depósito del que se puede conducir a la llenadora a una tempe-

ratura de aproximadamente 1°C.

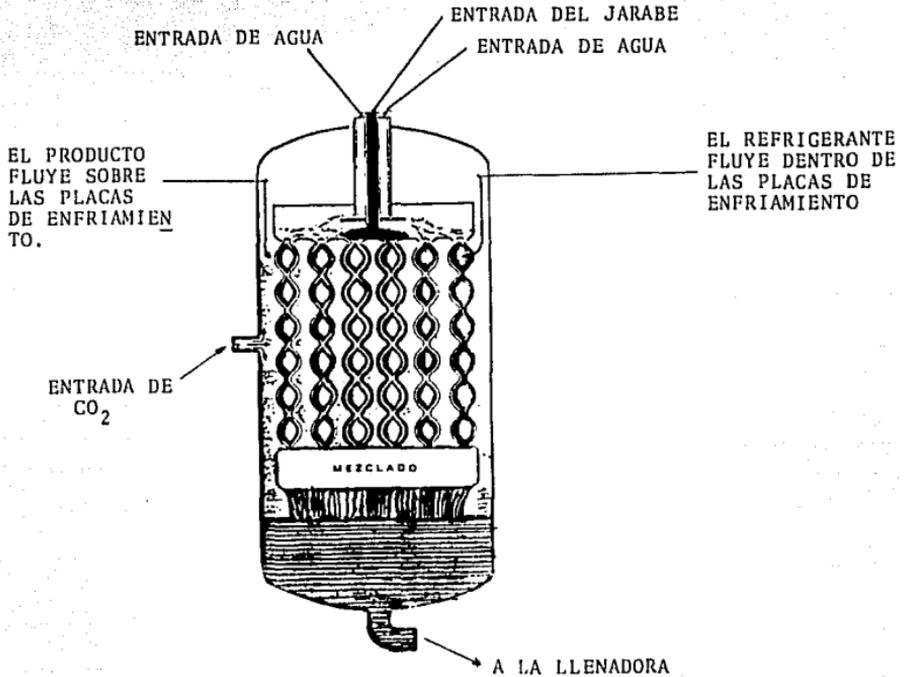
Figura 2.3.4-2 Carbo-enfriador. (15)



Una modificación al equipo, es el mostrado en la figura 2.3.4-3, aquí, el agua y el jarabe, medidos con un medidor conocido como un "sincrómetro", entran por la parte superior del carbo-enfriador. El jarabe se disuelve parcialmente con el agua entrante y fluye hacia abajo quedando parcialmente carbonatado y enfriado. El agua, sigue el mismo camino que el jarabe y es carbonatada y enfriada hasta 1°C. El agua y el jarabe fluyen hacia una cámara de mezclado donde se mezclan, pasando posteriormente al depósito. La bebida final fluye hacia la llenadora. Las botellas o latas que se utilizan en la llenadora, -

no necesitan de un mezclado adicional.

Figura 2.4.3-4 Carbo-enfriador Premix. (15)



En ambos métodos el enfriamiento se efectúa en una atmósfera de dióxido de carbono, de esta manera, no se absorbe ningún otro gas mientras el jarabe y el agua se carbonatan y enfrían.

La correcta carbonatación es un factor muy importante sobre el cual, el éxito de una bebida depende considerablemente.

Algunas bebidas saben mejor con una alta carbonatación, como en el caso de los ginger ales. Otros, saben mejor con baja car

bonatación, ese es el caso de los refrescos con sabor a naranja (2).

El número de volúmenes de dióxido de carbono que se recomiendan en los diferentes refrescos, se enlistan en el Cuadro 2.4.3.

Cuadro 2.4.3. Carbonatación de Diferentes Refrescos (40).

S a b o r	V o l ú m e n e s d e CO ₂	
Ginger Ale	4.0	- 4.5
Cola	3.5	- 3.7
Root Beer	3.0	- 3.5
Limón	2.5	- 3.5
Lima	2.5	- 3.5
Toronja	2.5	- 3.5
Fresa	1.0	- 2.5
Piña	1.0	- 2.5
Uva	1.0	- 2.5
Naranja	1.0	- 2.5

Cuando la temperatura aumenta, la presión dentro del recipiente que contiene el refresco aumenta también. En el caso de refrescos embotellados, puede presentarse una fuga en la tapa corona. Si se trata de refrescos enlatados, el incremento en la presión más allá de los límites permitidos, puede ocasionar que la lata se distorsione.

La pérdida de la carbonatación en la llenadora o después de que la botella ha sido abierta es un problema serio en la manufactura y venta de las bebidas carbonatadas.

La rápida pérdida de CO_2 al abrir la botella, se debe a varias causas, las principales son: a) Exceso de aire en la bebida; b) Agitación innecesaria y c) almacenamiento no apropiado. (33)

Contenido de aire más de lo normal (0.3 - 0.5 cc) en el producto terminado puede ser debido a una inadecuada purga en el carbo-enfriador mientras estas pasan de la llenadora, a la máquina con las tapas coronas. (23)

Los problemas que ocasionan la presencia del aire en las bebidas carbonatadas son los siguientes: a) el aire que se encuentran en la parte superior de las botellas interfiere con las pruebas de volumen gaseoso; b) como el aire no se disuelve tan fácilmente en el agua como el CO_2 , tiene una mayor tendencia a escapar y esto produce una pérdida de CO_2 ; c) el aire contribuye a una pérdida violenta de gas al abrirse la botella; d) el oxígeno en el aire favorece el crecimiento de ciertos microorganismos; e) el aire es un factor en la pérdida del sabor y del color debido a la oxidación. (31)

Se pueden mencionar algunas otras causas del derramamiento. Estas son: a) el congelado durante el almacenamiento, b) la estratificación del contenido y c) períodos largos de al-

macenamiento. Estas causas pueden evitarse manteniendo la temperatura por arriba del punto de fusión y rotando las botellas durante el almacenamiento. (22)

2. 5. ELECTRODOS.

Las propiedades electroquímicas de las soluciones forman las bases de una clase de mediciones químicas. Se pueden observar éstas propiedades cuando un par de electrodos es insertado en una solución electrolítica y se forma una celda electroquímica. La clase y magnitud del fenómeno observado depende de muchas variables controlables que incluye, naturaleza, forma y espaciamento de los electrodos, composición de la solución, valor de agitación temperatura y voltaje aplicado. En respuesta a estas variables se presentan en la celda de transferencia de electrones, migración iónica y otros procesos fundamentales. La medición en general de la celda, puede proveer información acerca de la identidad y concentración de los componentes de la solución. (38).

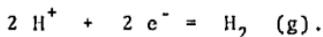
Entre dos electrodos se puede medir una diferencia de potencial.

Se llaman electrodos indicadores los que utilizan las -- reacciones electroquímicas para seguir los fenómenos en disolu -- ción. Los electrodos de referencia o de comparación son los -- que tienen un potencial constante, independientemente de la -- composición de la solución estudiada. La medida de la diferen -- cia de potencial entre un electrodo indicador y un electrodo de referencia permite seguir las variaciones de potencial del elec -- trodo indicador. (7).

Electrodos de referencia:

Un electrodo de referencia debe ser fácil de montar, pro -- porcionar potenciales reproducibles y tener un potencial sin -- cambios con el paso de pequeñas corrientes. Varios sistemas de electrodos satisfacen estos requisitos.

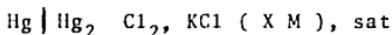
Electrodo de Hidrógeno gaseoso.- Este electrodo consiste esencialmente en un trozo de lámina de platino, recubierto con una capa delgada de platino finamente pulverizado para acelerar el establecimiento del potencial eléctrico. El platino es capaz de lograr que la reacción



se verifique reversiblemente en la interfase platino solución. El electrodo se sumerge en la solución que se está investigando o en un patrón de referencia conocido y se hace burbujear hidró -- geno gaseoso electrolítico (una pureza de 99.8 % es adecuada) a una presión de 1 atm a través de la solución y sobre el electro -- do, de tal manera que la superficie de éste y la solución adya --

cente estén saturadas del gas en todo momento. La vida del electrodo es de 7 - 20 días, después de lo cual su respuesta es imprecisa. El electrodo de hidrógeno gaseoso es el patrón primario contra el cual se miden todos los demás potenciales de electrodo. Este electrodo, debido a su inestabilidad y a la dificultad para mantener las condiciones de presión y temperatura se idearon los electrodos de calomel y plata.

Electrodos de calomel.- Los electrodos de calomel comprenden: un elemento no atacable, tal como el platino, en contacto con mercurio, cloruro mercurioso (calomel), y una solución neutra de cloruro de potasio de concentración conocida o saturada. La hemicelda puede representarse por



en donde X denota la concentración molar del cloruro de potasio en la solución. El electrodo saturado de calomel - - (E S C), en el que la solución está saturada con cloruro de potasio (4.2 M), es de uso muy común porque es fácil de preparar y conservar. Para trabajos exactos se prefieren electrodos 0.1 M o 1.0 M, debido a que estos alcanzan sus potenciales de equilibrio más rápidamente y porque dependen menos de la temperatura que los del tipo saturado. Los electrodos de calomel resultan inestables a temperaturas superiores a 80°C y deben sustituirse por electrodos de plata/cloruro de plata.

Electrodos de plata/cloruro de plata. Estos electrodos consisten de plata metálica (alambre, varilla o gasa) recubierta con una capa de cloruro de plata y sumergida en una solución de cloruro de potasio o saturada.

La celda formada es:

Ag | Ag Cl, KCl (M) , sat

es un pequeño electrodo compacto que puede emplearse en cualquier orientación (38).

Electrodos Indicadores:

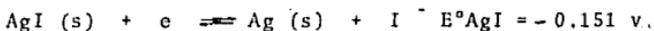
Los electrodos indicadores para las medidas potenciométricas son de dos tipos fundamentales, denominados metálicos y de membrana. Estos últimos se denominan también electrodos específicos o -- selectivos para iones.

I. Electrodos indicadores metálicos.

Electrodos de primer orden para cationes.- Se utilizan para la cuantificación del catión proveniente del metal con que está - construído el electrodo. Varios metales por ejemplo, plata, cobre, mercurio, plomo y cadmio presentan medias reacciones reversibles con sus iones y son adecuados para la construcción de electrodos de primer orden. Por el contrario, otros metales no son muy satisfactorios como electrodos indicadores porque tienden a desarrollar potenciales no reproducibles influídos por tensiones o deformaciones en su estructura cristalina o bien por el recubrimiento de óxido sobre su superficie. Los metales de ésta categoría comprenden hierro, níquel, cobalto, tungsteno y cromo.

Electrodos de segundo orden para aniones.- Un electrodo metálico responde también en forma indirecta a los aniones que forman precipitados escasamente solubles o complejos con su catión. En - este caso, basta sólo saturar la solución en estudio con la sal -

muy poco soluble. Por ejemplo, el potencial de un electrodo de plata reflejará exactamente la concentración del ion yoduro de plata. En estas condiciones, el funcionamiento del electrodo - puede describirse por



la aplicación de la ecuación de Nernst a esta media reacción - proporciona la relación entre el potencial del electrodo y la concentración del anión.

En consecuencia.

$$\begin{aligned} E &= -0.151 - 0.0591 \log [\text{I}^-] \\ &= -0.151 + 0.0591 \text{ pI} \end{aligned}$$

donde PI es el logaritmo negativo de la concentración del ion yoduro. Un electrodo de plata que funciona como electrodo indica dor para el yoduro, constituye un ejemplo de electrodo de segundo orden debido a que mide la concentración de un ion que no par ticipa directamente en el proceso de transferencia de electrones.

Electrodo redox.- El electrodo redox, que generalmente consiste en oro, platino o carbono, sumergido en una solución que contiene tanto el estado oxidado como el reducido de un sistema redox homogéneo y reversible, desarrolla un potencial proporcional a la relación de los dos estados de oxidación. La única función del - electrodo redox consiste en suministrar o adquirir electrones.

II.- Electrodo indicadores de membrana.

El método más adecuado para la medida del pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una delgada membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de ion hidrógeno. Este fenómeno ha sido estudiado en forma amplia por muchos investigadores. En consecuencia, se conoce bastante bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio frente al pH. Además, se han desarrollado electrodo de membrana que permiten la cuantificación potenciométrica directa de docenas de iones o más, como por ejemplo, K^+ , Na^+ , Li^+ , F^- , y Ca^{2+} .

Los electrodo de membrana se clasifican en cuatro grupos, en base a la composición de dicha membrana. Estos grupos son:

a) Electrodo de vidrio; b) electrodo de membrana líquida; -- c) electrodo de estado sólido o precipitado; d) electrodo sensores de gases.

a) Electrodo de vidrio. Este electrodo consiste en una membrana delgada de vidrio en forma de pequeño bulbo, en el extremo de un tubo lleno con una disolución tampón de pH conocido (o al menos constante). En los electrodo comerciales, la conexión externa de la disolución se efectúa mediante un pequeño electrodo de referencia de calomelanos o de cloruro de plata, colocado dentro del electrodo de vidrio. Cuando el electrodo se coloca en una disolución que contiene iones hidrógeno a diferente concentración de la existente en el interior de la membrana, se origina un potencial a través de la membrana de vidrio. El elec-

trodo es en realidad una célula de concentración, cuyo potencial depende de la diferencia entre las concentraciones de iones hidrógeno a ambos lados de la membrana. Se han preparado vidrios especiales para fabricar electrodos que puedan utilizarse de forma continua en disoluciones de elevada alcalinidad ($\text{pH} = 13$ o 14) y altas temperaturas.

El electrodo de vidrio es muy versátil, ya que no se ve afectado por los gases disueltos, agentes oxidantes o reductores, materia orgánica, etc. Puede ser de tamaño pequeño y combinarse con electrodos de referencia también pequeños, para la medida de sustancias biológicas, y construirse también resistentes para el control continuo de flujos de corriente en procesos industriales. (2,10).

b) Electrodos de membrana líquida.- Estos electrodos deben su respuesta al potencial que se produce a través de la interfase entre la solución que se analiza y un líquido no miscible que se une en forma selectiva con el ion que se va a cuantificar. Los electrodos de membrana líquida son un medio para la determinación potenciométrica directa de las actividades de varios cationes polivalentes y de ciertos aniones.

Un electrodo de membrana líquida difiere de un electrodo de vidrio sólo en que la solución de actividad conocida y fija, está separada de la solución del analito, por una delgada capa de un líquido orgánico no miscible, en vez de una delgada membrana de vidrio.

c) Electroodos de estado sólido o precipitado.

Estos electroodos cuentan con una membrana de conducción iónica en lugar de la membrana de vidrio. Las membranas preparadas a partir de pastillas moldeadas de haluros de plata han sido utilizadas con éxito para la fabricación de electroodos para la cuantificación selectiva de los iones cloruro, bromuro y yoduro. Se tiene un electroodo que utiliza una membrana de Ag_2S policristalina para la determinación del ion sulfuro. Los iones plata son suficientemente móviles para conducir la electricidad a través de la membrana. Las mezclas de PbS , CdS y CuS con sulfuro de plata, permiten obtener membranas selectivas para Pb^{2+} , Ca^{2+} , y Cu^{2+} ; en estas membranas, el ion plata sirve para el transporte de la electricidad a través de la membrana sólida.

También se dispone de un electroodo de estado sólido selectivo para el ion fluoruro. La membrana consiste en un único cristal de fluoruro de lantano que ha sido dopado con europio para aumentar su conductividad eléctrica. La membrana está sostenida entre una solución de referencia y la solución que va a medirse. Se ha observado que la selectividad de este electroodo con respecto al ion fluoruro es superior a la de otros iones comunes en varios órdenes de magnitud. (12, 18, 19, 38).

d) Electroodos sensores de gases.

Los electroodos sensores de gases consisten de un electro

do interno de selectividad iónica, generalmente un electrodo de pll, en contacto con una solución interna. Esta solución interna es separada de la muestra en solución por una membrana permeable a gases.

Las especies gaseosas se difunden a través de la membrana permeable a gases causando una variación en el equilibrio de la solución interna. El cambio de actividad resultante es medido por el electrodo interno.

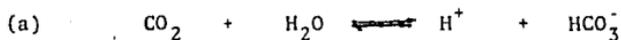
Debido a que los electrodos sensores de gases realmente nunca entran en contacto con la muestra en solución, no hay problemas causados por la presencia de especies iónicas. (12, 18, 19, 26, 38).

Como ejemplos de electrodos sensores de gases se pueden citar; el electrodo sensor de gases para amoníaco y el electrodo sensible a dióxido de carbono (CO_2).

2.5.1. Electrodo sensible a CO_2 .

El electrodo sensible a CO_2 usa una membrana de fluoro-- carbonos permeable a el gas para separar la muestra en solución de la solución interna de llenado. En la figura 2.5.1.-1 se muestra su construcción.- El dióxido de carbono disuelto en la muestra se difunde a través de la membrana hasta que se establece un equilibrio entre la presión parcial del CO_2 en la solución muestra y el CO_2 en la solución interna de llenado. En cualquier muestra la presión parcial del dióxido de carbono será proporcional a la concentración de dióxido de carbono.

La difusión a través de la membrana afecta el nivel de iones hidrógeno en la solución interna de llenado:



El nivel de hidrógeno de la solución interna de llenado es medido por el electrodo de pH localizado detrás de la membrana.

La relación entre el dióxido de carbono, agua, bicarbonato y el ion hidrógeno es dado en la siguiente ecuación:

$$(b) \quad \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = \text{constante}$$

La solución interna de llenado contiene un nivel alto de bicarbonato de sodio así que el nivel de bicarbonato puede ser considerado constante:

$$(c) \quad [\text{H}^+] = [\text{CO}_2] \cdot \text{constante}$$

El potencial del elemento sensor de pH es relacionado a la concentración del ion hidrógeno por la ecuación de Nernst:

$$(d) \quad E = E_o + S \log [\text{H}^+]$$

donde

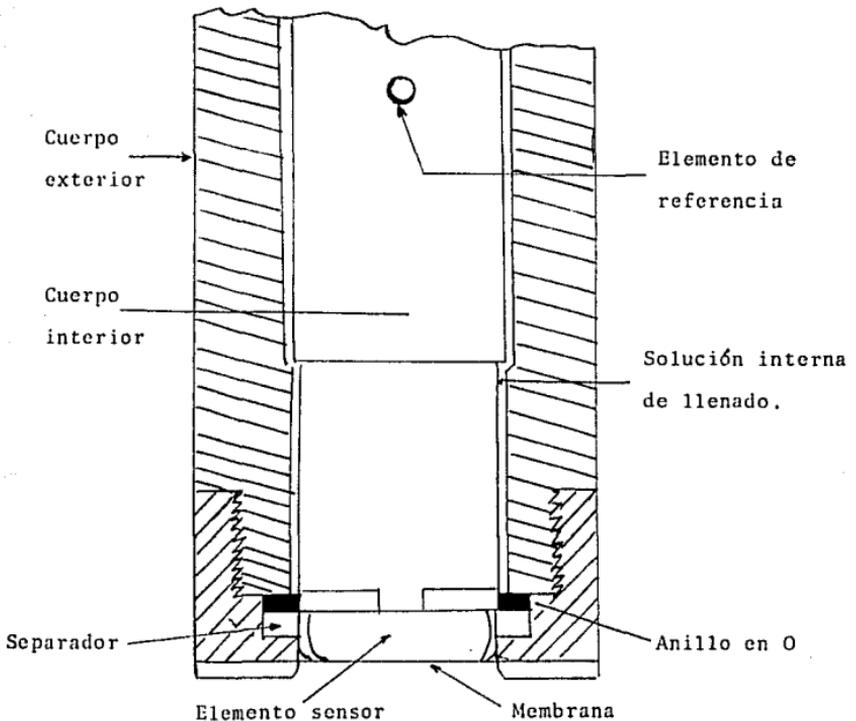
- E = Potencial medido
- E_o = Potencial de referencia (una constante)
- [H⁺] = Concentración del ion hidrógeno
- S = Cambio en el potencial cuando la concentración cambia en un factor de 10.

Como la concentración del ion hidrógeno es relacionado directamente a la concentración del dióxido de carbono (ecuación c) la respuesta del electrodo a el dióxido de carbono es en forma nernestiana.

$$(e) \quad E = E_1 + S \log [CO_2]$$

El potencial de referencia, E_1 , es parcialmente determinado por el elemento de referencia interna que responde a el nivel fijo de cloruro en la solución interna de llenado. (26).

Fig. 2.5.1.- 1. Construcción del electrodo sensible a CO_2 (26).



C A P I T U L O 3.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

3.1. Material

Muestreo:

- Agua carbonatada en botellas con diferentes contenidos de CO_2 , (0.77, 1.33, 1.82, 2.39, 2.81, 3.37 y 5.34 Kg./ Cm^2) que corresponden respectivamente a la presión aplicada el carbonatador.

- Refrescos de marca comercial, (Peñafiel, - Toronja, Sidal Mundet, Squirt y Manzanita Sol).

Sustancias:

- Bicarbonato de sodio.
- Citrato de sodio
- Cloruro de sodio.

Soluciones:

- Solución estándar de bicarbonato de sodio 0.1 M
- Solución buffer de citrato de sodio, pH 4.5.
- Solución de cloruro sodio 0.1 M.

Equipo:

- Carbonatador
- Botellas, coronas
- Probador del volumen de gas, (manómetro con termómetro incorporado).
- Electrodo sensible a CO_2 , modelo Orion 95 - 02.
- Potenciómetro Beckman, pH digital 3500.

3.2. Métodos de Análisis.

Cada muestra se analizó por triplicado, considerando que en cada análisis se requiere de una nueva muestra que contenga la misma concentración de CO_2 , por lo que se ocuparon 3 muestras de cada lote al efectuar la determinación por el método correspondiente.

Determinación del contenido de CO_2 por el método del electrodo sensible a CO_2 .

Elaboración de curva patrón del electrodo.

1.- Se prepararon estandares de 1×10^{-4} , 5×10^{-4} , 1×10^{-3} , 5×10^{-3} , 1×10^{-2} y 5×10^{-2} M. a partir de la solución de bicarbonato de sodio 0.1 M.

2.- Se verifica el potencial del electrodo, colocando el electrodo en agua desionizada y se calibra el potenciómetro.

3.- Transferir 5 ml. de la solución estándar de 1×10^{-4} al vaso de reacción, enjuagar el electrodo antes de colocarlo dentro de la solución estándar, adicionar 0.5 ml. de la solución de citrato de sodio. (buffer de CO_2). agitar usando un agitador magnético Esperar a que la lectura sea estable para registrarla, aproximadamente 1.5 minutos.

4.- Realizar con cada uno de los estandares, (5×10^{-4} , 1×10^{-3} ; 5×10^{-3} , 1×10^{-2} , y 5×10^{-2} M), la misma operación del punto anterior.

5.- Trazar la curva de calibración del dióxido de carbono,

graficando las lecturas obtenidas de los estandares en el eje lineal (mV), y la concentración en el eje logarítmico (M). empleando papel semilogarítmico.

6.- Transferir 5 ml. de la muestra al vaso de reacción, enjuagar el electrodo y colocarlo dentro de la muestra, adicionar 0.5 ml. de la solución de citrato de sodio (buffer de CO_2) agitar utilizando un agitador magnético. Esperar a que la lectura sea estable para registrarla.

En la figura 3.2.1. se aprecia el sistema experimental - utilizado, donde se tiene el cuidado de la pérdida de CO_2 en la determinación.

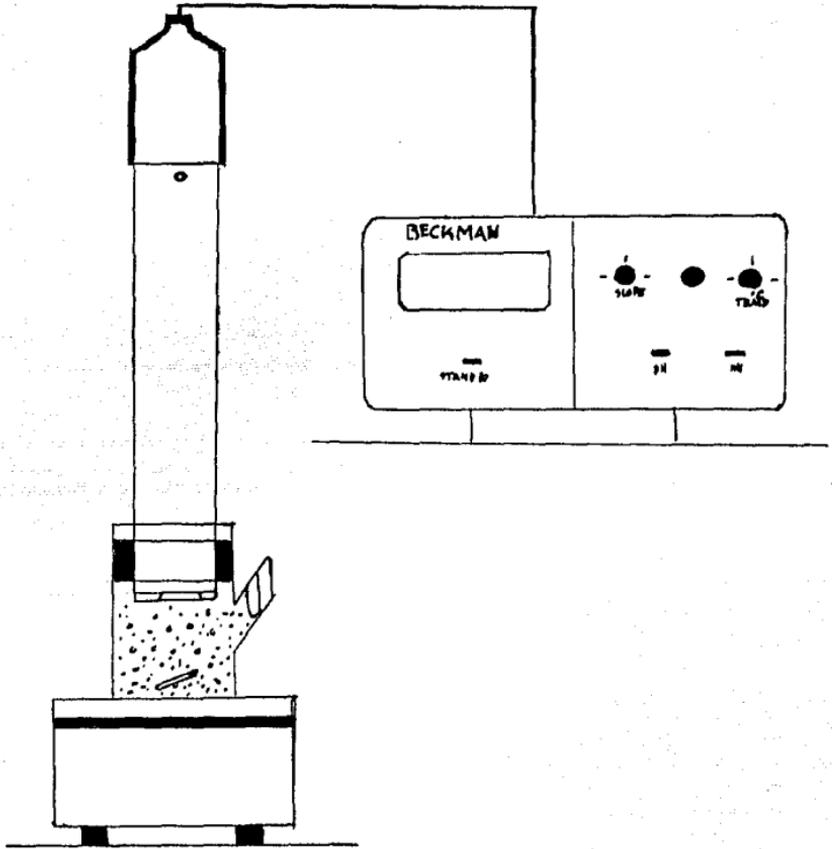


FIGURA 3.2-1
USO DEL ELECTRODO SENSIBLE A CO₂

Determinación del contenido de CO_2 por el método manométrico.

La cantidad de dióxido de carbono disuelta en agua a una temperatura dada, es proporcional a la presión del CO_2 en el agua.

1.- Envolver en una toalla la botella a usar, esto se hace como protección para el operario.

2.- Levantar la palanca del probador de tal manera que pueda adaptarse fácilmente el manómetro a la botella.

3.- Asegurar el instrumento sobre el cuello de la botella.

4.- Bajar la palanca del probador lentamente perforando la tapa corona con la punta. La presión indicada en el manómetro es falsa debido al aire del interior.

5.- Liberar la presión falsa, levantando la palanca a la posición máxima. El vástago del termómetro cuenta con una válvula la cual permite liberar dicha presión. Cuando la aguja indicadora del manómetro señale cero, inmediatamente se baja la palanca insertando la punta del termómetro dentro de la botella.

6.- Agitar vigorosamente la botella con el manómetro conectado en posición invertida para que el líquido cubra la punta del termómetro.

7.- Agitar hasta que las lecturas de presión y temperatura se mantengan estables por un tiempo considerable, aproximadamente 3 minutos. Anotar las lecturas cuando la botella esté en posición invertida, conservando la punta del termómetro

tro cubierta con la bebida. Consultar el cuadro 2.4.2 (Volúmenes de CO_2).

8.- Liberar la presión al levantar la palanca, desmontar el probador de la botella.

OBSERVACIONES :

En la determinación manométrica se debe considerar - la presión atmosférica, por lo tanto los resultados encontrados por dicho método se presentan corregidos por la altitud.

En la figura 3.2.-2. se muestra el probador del volumen de gas, utilizado en la determinación.

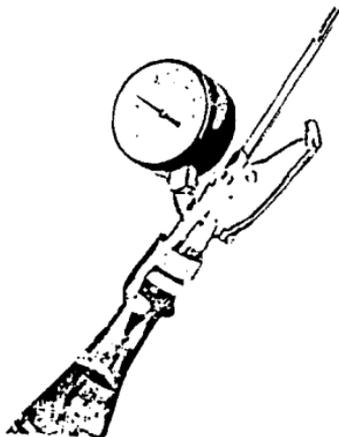


FIGURA 2.2. - 2
PROBADOR DEL VOLUMEN DE GAS

3.3. Experimentación.

Se prepararon en laboratorio 7 lotes de agua carbonatada por medio de inyección directa de CO_2 , aplicandolo respectivamente a distintas presiones (0.77, 1.33., 1.82, 2.39, 2.81, 3.37 y 5.34 Kg/Cm^2) al carbonatador. Cada lote consta de 6 muestras, envasadas en botellas de uso comercial de 355 ml. (12 onzas).

La carbonatación del agua se llevó a cabo en el laboratorio de aplicaciones de Givaudan de México, empresa que elabora saborizantes para uso alimenticio.

Para la realización de las carbonataciones se utilizó un carbonatador del tipo Carbo-enfriador, con capacidad de 4.5 litros. El equipo presenta una bomba que efectúa vacío (aproximadamente 3.5 Kg/Cm^2), con el fin de eliminar cualquier gas que interfiera con la carbonatación y a la vez comprobar que no existen fugas en el carbonatador.

La carbonatación del agua se efectúa de la siguiente manera:

La adición de agua se hace por la parte superior del carbonatador, el vacío existente dentro del aparato facilita la entrada de ésta, el agua llega a un panel de distribución de donde fluye hacia abajo sobre placas enfriadoras de acero inoxidable y se carbonata con el CO_2 que entra a través de una conexión de gas que penetra al carbonatador por un costado a la

presión de inyección establecida (0.77, 1.32, 1.82, 2.39, 2.81, 3.37 y 5.34 Kg/Cm²), para carbonatar cada lote de prueba. El tiempo de carbonatación se mantiene por 40 minutos y la temperatura del agua se controla a 10°C.

Las condiciones de operación mencionadas anteriormente se deben mantener constantes durante la carbonatación de cada lote de prueba.

El agua fría carbonatada fluye hacia un depósito, el cual presenta una válvula con una adaptación especial para colocar la botella y ser llenada, inmediatamente después se procede a cerrar la botella por medio de una tapa corona evitando así la pérdida de CO₂ en la muestra.

En la figura 3.3-1. se aprecia el esquema del equipo utilizado.

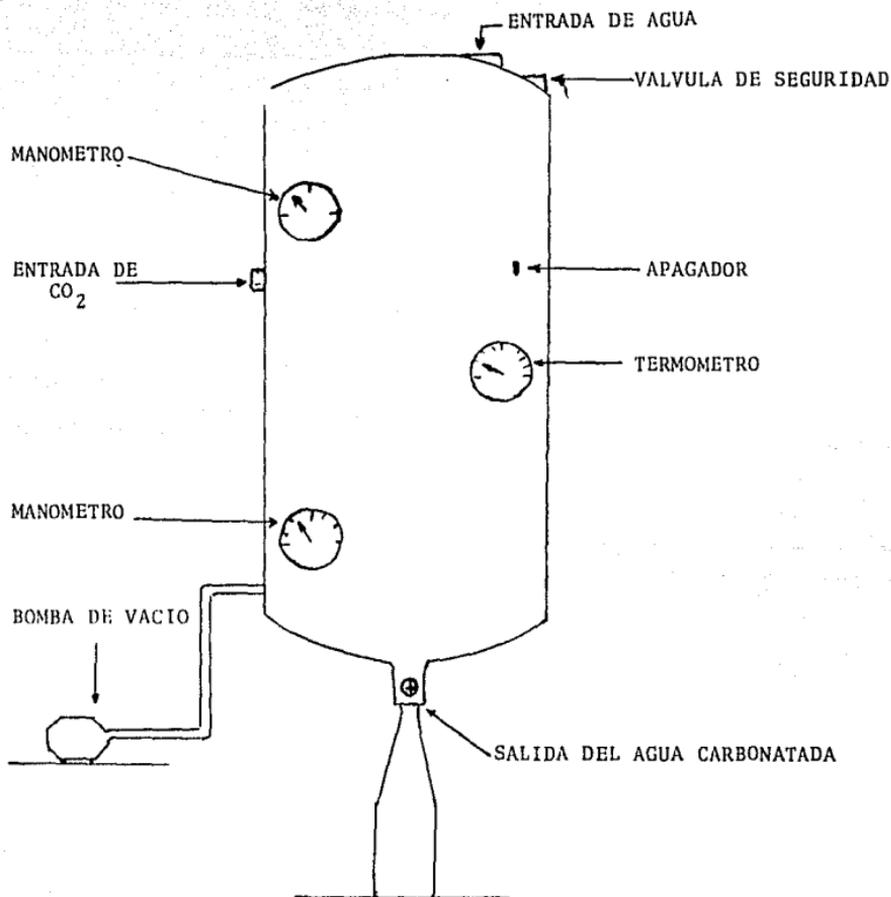
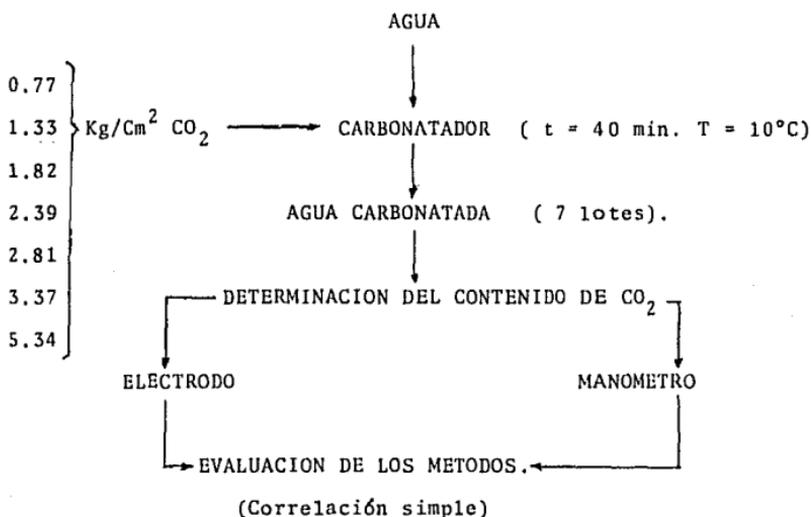


FIGURA 3.3-1. Carbonatación del agua.

Ya obtenida y envasada el agua carbonatada, se realizan los métodos señalados anteriormente para determinar el contenido de CO_2 , paralelamente se efectúa la misma determinación en bebidas carbonatadas de marca comercial, como se aprecia en la figura 3.3-2.

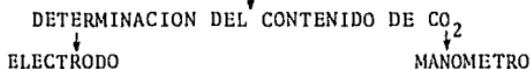
Figura 3.3.-2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CO_2



BEBIDAS CARBONATADAS COMERCIALES

(Peñafiel, Sidral Mundet,)

Squirt, Manzanita Sol.



Para estimar la concentración teórica de CO₂ en moles (M) se utiliza la relación siguiente:

$$\text{Concentración teórica de CO}_2 = F_i \cdot \frac{\rho_{\text{CO}_2}}{\text{PM}_{\text{CO}_2}} \cdot 1000$$

en donde: F_i = factor de inyección, se obtiene de la presión de inyección aplicada al carbonatador y de la temperatura del agua manejada en la carbonatación, al consultar el cuadro 2.4.2.

ρ CO₂ = densidad del dióxido de carbono.
(0.00183 g/Cm³).

PM_{CO₂} = peso molecular del dióxido de carbono
(44 g/mol)

Para conocer la concentración de CO₂, determinada con el manómetro, la relación que se emplea es la siguiente:

$$\text{Concentración manométrica} = F_m \cdot \frac{\rho_{\text{CO}_2}}{\text{PM}_{\text{CO}_2}} \cdot 1000$$

en donde: F_m = factor manométrico, se obtiene de la presión y temperatura registrada con el probador de volúmen, al consultar el cuadro 2.4.2.

ρ CO₂ = densidad del dióxido de carbono.
(0.00183 g/Cm³)

PM_{CO₂} = peso molecular del dióxido de carbono
(44 g/mol)

Para conocer la concentración de CO_2 determinada con el electrodo, se hace uso de la curva estándar de CO_2 , la cual se preparó a partir de una solución valorada de bicarbonato de sodio 0.101 M. (NaHCO_3 0.1 M.).

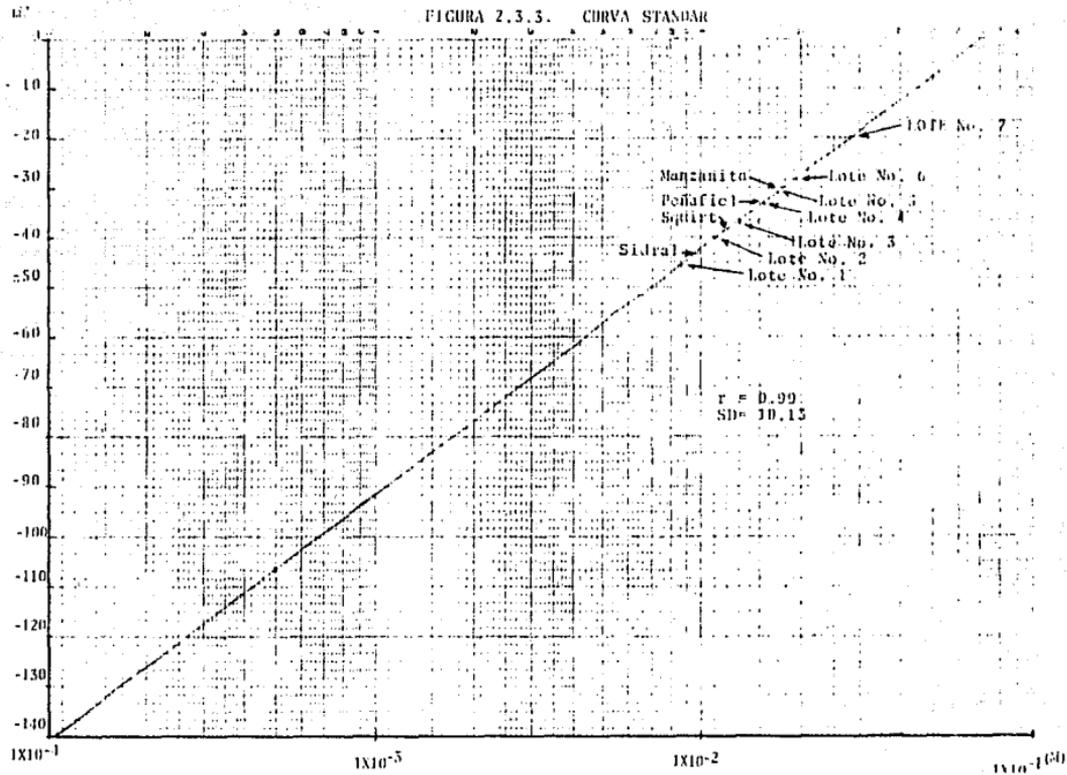
Se realizó una dilución de 10:100 a cada muestra estudiada.

Curva estándar de CO_2

Concentración (M)	Lectura (mV)
1×10^{-4}	-141
5×10^{-4}	-107
1×10^{-3}	- 93
5×10^{-3}	- 57
1×10^{-2}	- 43
1×10^{-2}	- 8

La curva estándar de dióxido de carbono se muestra en la figura 3.3-3.

FIGURA 2.3.3. CURVA STANDAR



C A P I T U L O 4

R E S U L T A D O S .

4.0. Resultados

De acuerdo a la relación usada para estimar la concentración teórica de CO_2 en los 7 lotes de agua carbonatada, se obtienen los resultados de el cuadro 4.1.- Concentración teórica de dióxido de carbono.

Siguiendo los métodos citados anteriormente se obtienen los resultados de los cuadros:

- 4.2.- Contenido de CO_2 en agua carbonatada, medido con el electrodo.
- 4.3.- Contenido de CO_2 en agua carbonatada, medido con el manómetro.
- 4.4.- Contenido de CO_2 en refrescos comerciales, medido con el electrodo.
- 4.5.- Contenido de CO_2 en refrescos comerciales, medido con el manómetro.

A continuación se ilustran los cálculos para el lote de prueba No. 1 y para el refresco sabor toronja de Peñafiel: De manera análoga se efectúan para los lotes y refrescos restantes.

Contenido de CO_2 en agua carbonatada (lote No. 1), determinada por el método del:

Electrodo.-

Lectura de la muestra (1,2,3) -----	46 mV
Concentración interpolada (curva estándar) -----	$8.5 \times 10^{-3} \text{ M}$
Factor de dilución -----	0.1
Concentración de la muestra (1,2,3) -----	$8.5 \times 10^{-2} \text{ M}$

Manómetro.-

Lectura de la muestra (4,5,6) ----- 0.3 Kg/Cm²
 Temperatura de la muestra (4,5,6,) ----- 10° C
 Factor manométrico (F_m) ----- 1.4
 Concentración de la
 muestra (4,5,6) = F_m $\frac{P_{CO_2}}{P_{MCO_2}}$ ----- 1000
 = 1.4 $\cdot \frac{0.00183 \text{ g/Cm}^2}{44 \text{ g/mol.}}$ ----- 1000

Concentración de la

muestra (4,5,6) -----5.8 X 10⁻² M

Volúmen de CO₂, muestra 4,5,6.

(cuadro 2.4.2.) -----1.4.

Contenido de CO₂ en refresco sabor toronja (Peñafiel).
 determinada por el método del:

Electrodo.-

Lectura de la muestra ----- - 33mV
 Concentración interpolada
 (curva estándar) -----1.58 X 10⁻² M
 Factor de dilución----- 0.1
 Concentración de la muestra ----- 1.58 X 10⁻¹ M

Manómetro.-

Lectura de la muestra ----- 1.40 Kg/Cm²
 Temperatura de la muestra ----- 10° C
 Factor manométrico (F_m) ----- 2.5
 Concentración de la
 muestra = F_m $\frac{P_{CO_2}}{P_{MCO_2}}$ ----- 1000

$$= 2.5 \frac{0.00183 \text{ g/Cm}^3}{44 \text{ g/mol}} \cdot 1000$$

Concentración de la muestra ----- $1.04 \times 10^{-1} \text{ M}$

Volumen de CO_2 , de la muestra

(Cuadro 2.4.2.) ----- 2.5

Cuadro 4.1. Concentración teórica de CO_2

LOTE No.	MUESTRA No.	PRESION (lb/in ² , Kg/Cm ²)	DE INYECCION , Kg/Cm ²	FACTOR DE INYECCION	CONCENTRACION (M)
1	1-6	11	0.77	2.1	8.7×10^{-2}
2	7-12	19	1.33	2.7	1.1×10^{-1}
3	13-18	26	1.82	3.3	1.3×10^{-1}
4	19-24	34	2.39	3.9	1.6×10^{-1}
5	25-30	40	2.81	4.4	1.8×10^{-1}
6	31-36	48	3.37	5.0	2.0×10^{-1}
7	37-42	76	5.34	7.3	3.0×10^{-1}

CUADRO 4.2.

Contenido de CO₂ en agua carbonatada, medido con el electrodo

LOTE No.	MUESTRA No.	FACTOR DE DILUCION	LECTURA mV	CONCENTRACION INTERPOLADA	CONCENTRACION M
1	1,2,3	0.1	- 46	8.5 X 10 ⁻³	8.5 X 10 ⁻²
2	7,8,9	0.1	- 40	1.1. X 10 ⁻²	1.1 X 10 ⁻¹
3	13,14,15	0.1	- 37	1.3 X 10 ⁻²	1.3 X 10 ⁻¹
4	19,20,21	0.1	- 33	1.5 X 10 ⁻²	1.5 X 10 ⁻¹
5	25,26,27	0.1	- 31	1.7 X 10 ⁻²	1.7 X 10 ⁻¹
6	31,32,33	0.1	- 28	1.9 X 10 ⁻²	1.9 X 10 ⁻¹
7	37,38,39	0.1	- 20	2.8 X 10 ⁻²	2.8 X 10 ⁻¹

CUADRO 4.3.

Contenido de CO₂ en agua carbonatada, medido con el manómetro.

LOTE No.	MUESTRA No.	VOLUMEN DE CO ₂	LECTURA			FACTOR MANOMETRICO	Conc. M
			PRESION lb/in ²	TEMPERATURA Kg/Cm ²	°F °C		
1	4,5,6,	1.4	4.26	0.3	50 10	1.4	5.8X10 ⁻²
2	10,11,12	1.8	9.95	0.7	50 10	1.8	7.4X10 ⁻²
3	16,17,18	2.0	11.37	0.8	50 10	2.0	8.3X10 ⁻²
4	22,23,24	2.3	17.00	1.2	50 10	2.3	9.5X10 ⁻²
5	28,29,30	2.7	21.40	1.5	50 10	2.7	1.1X10 ⁻¹
6	34,35,36	3.1	26.30	1.8	50 10	3.1	1.3X10 ⁻¹
7	40,41,42	4.4	42,60	3.0	50 10	4.4	1.8X10 ⁻¹

CUADRO 4.4.

Contenido de CO₂ en refrescos comerciales, medido con el electrodo

MUESTRA	FACTOR DE DILUCION	LECTURA mV	CONCENTRACION INTERPOLADA	CONCENTRACION M
Peñafiel (Toronja)	0.1	- 33	1.58×10^{-2}	1.58×10^{-1}
Sidral Mundet	0.1	- 43	1.01×10^{-2}	1.01×10^{-1}
Squirt	0.1	- 39	1.19×10^{-2}	1.19×10^{-1}
Manzanita Sol.	0.1	- 31	1.74×10^{-2}	1.74×10^{-1}

CUADRO 4.5.

Contenido de CO₂ en refrescos comerciales, medido con el manómetro

MUESTRA	VOLUMEN DE CO ₂	LECTURA		TEMPERATURA		FACTOR MANOMETRICO	CONCENTRACION M
		PRESION lb/in ²	Kg/Cm ²	°F	°C		
Peñafiel (toronja)	2.5	19.90	1.40	50	10	2.5	1.04×10^{-1}
Sidral Mundet	1.6	8.53	0.60	50	10	1.6	6.60×10^{-2}
Squirt	1.9	11.90	0.83	50	10	1.9	7.90×10^{-2}
Manzanita Sol.	2.6	21.30	1.50	50	10	2.6	1.08×10^{-1}

CUADRO 4.6.

Resultados obtenidos con el agua carbonatada.

LOTE No.	Pi	Ct	V _{CO₂}	Cm	Ce	AC _p
1	0.77	8.7X10 ⁻²	1.4	5.8X10 ⁻²	8.5X10 ⁻²	2.7X10 ⁻²
2	1.33	1.1X10 ⁻¹	1.8	7.4X10 ⁻²	1.1X10 ⁻¹	3.6X10 ⁻²
3	1.82	1.3X10 ⁻¹	2.0	8.3X10 ⁻²	1.3X10 ⁻¹	4.7X10 ⁻²
4	2.39	1.6X10 ⁻¹	2.3	9.5X10 ⁻²	1.5X10 ⁻¹	5.9X10 ⁻²
5	2.81	1.8X10 ⁻¹	2.7	1.1X10 ⁻¹	1.7X10 ⁻¹	6.0X10 ⁻²
6	3.37	2.0X10 ⁻¹	3.1	1.2X10 ⁻¹	1.9X10 ⁻¹	6.7X10 ⁻²
7	5.34	3.0X10 ⁻¹	4.4	1.8X10 ⁻¹	2.8X10 ⁻¹	9.8X10 ⁻²

CUADRO 4.7

Resultados obtenidos con las bebidas carbonatadas comerciales

REFRESCO	V _{CO₂}	Ce	Cm	Ac _p	Ct.
Peñafiel (toronja)	2.5	1.5X10 ⁻¹	1.0X10 ⁻¹	5.4X10 ⁻²	1.67X 10 ⁻¹
Sidral Mundet	1.6	1.0X10 ⁻¹	6.6X10 ⁻²	3.5X10 ⁻²	1.0X10 ⁻¹
Squirt	1.9	1.1X10 ⁻¹	7.9X10 ⁻²	4.0X10 ⁻²	1.2X10 ⁻¹
Manzanita Sol.	2.6	1.7X10 ⁻¹	1.0X10 ⁻¹	6.6X10 ⁻²	2.0X10 ⁻¹

Donde:

Pi = Presión de inyección al carbonatador, (Kg/Cm²).

Ct = Concentración teórica de CO₂, (M)

V_{CO₂} = Volumen de CO₂

C_m = Concentración manométrica , (M)

C_e = Concentración determinada con el electrodo, (M)

ΔC_p = Diferencial de concentración, (M)

FIGURA 4.1.

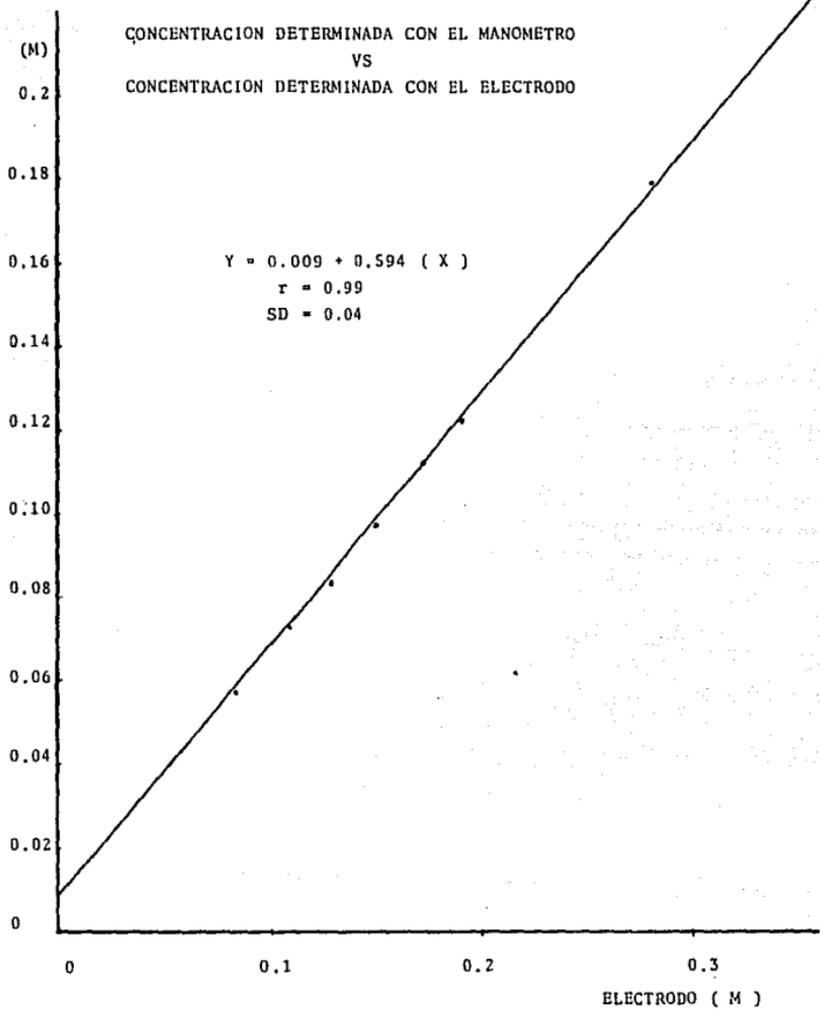


FIGURA 4.2.

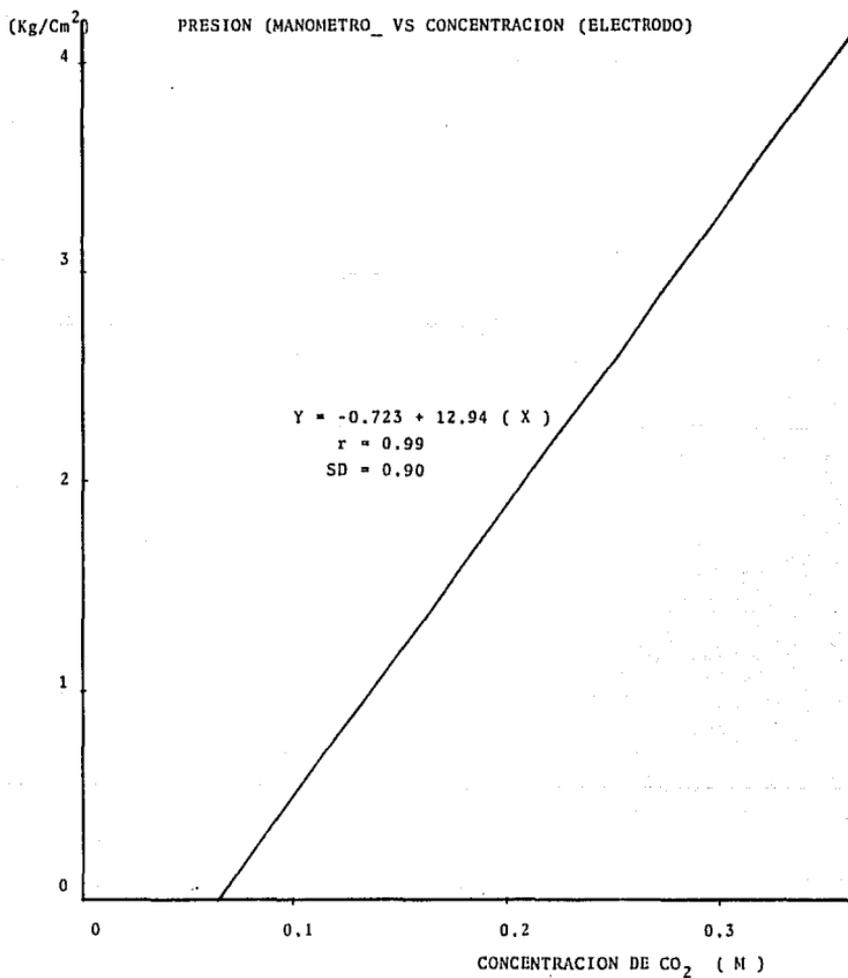


FIGURA 4.3.

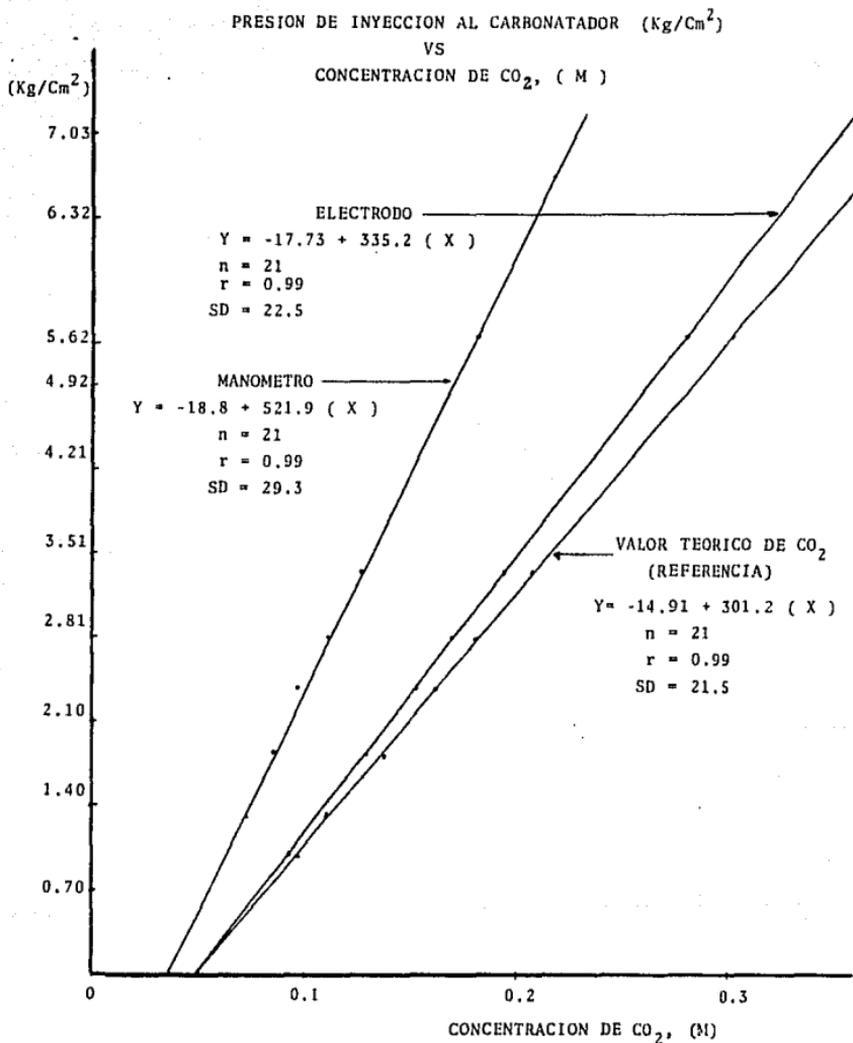
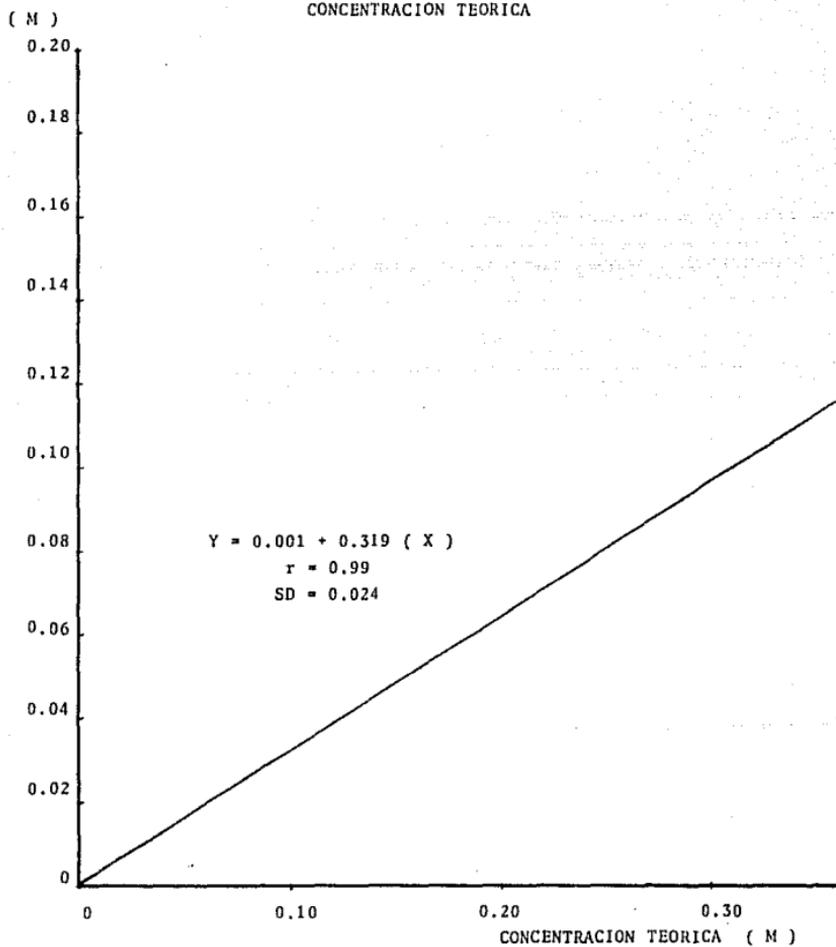


FIGURA 4.4.

DIFERENCIAL DE CONCENTRACION
VS
CONCENTRACION TEORICA



C A P I T U L O 5.

D I S C U S I O N .

5.0 DISCUSION

Mediante un estudio basado en 42 muestras de diferentes lotes de agua carbonatada fué posible establecer una correlación entre los resultados:

a) Concentración determinada con el manómetro y la concentración determinada con el electrodo sensible a CO_2 , Figura 4.1.

Para ésta agua carbonatada la ecuación de regresión toma la siguiente forma:

$$Y = 0.0099 + 0.594 (X)$$

$$n = 42$$

$$r = 0.99$$

$$SD = 0.04$$

b) Kg/Cm^2 (determinados por el método manométrico) y los moles de CO_2 determinados con el electrodo sensible a CO_2 , Figura 4.2.

La ecuación de regresión para este caso toma la siguiente forma:

$$Y = -0.723 + 12.94 (X)$$

$$n = 42$$

$$r = 0.99$$

$$SD = 0.90$$

Como podrá observarse los coeficientes de correlación son altamente significativos ($r_{a,b} = 0.99$). Esto es válido únicamente cuando la determinación del contenido de CO_2 en agua carbonatada es de 10°C .

En el cuadro 4.6 se presentan los datos del agua carbonatada, donde se tiene que las concentraciones determinadas con el electrodo se aproximan en más de un 90% al valor estimado como teórico de CO_2 , usándose como referencia. En tanto que las concentraciones determinadas con el manómetro se aproximan en un 60% a la referencia citada.

La explicación al comportamiento anterior se debe a que en el método del electrodo al utilizar un buffer de CO_2 hace que se libere completamente el dióxido de carbono que se encuentra disuelto en el agua, pasando a través de la membrana del electrodo, siendo más cuantitativa la determinación. Mientras que en el método manométrico se registra la máxima presión en el manómetro lo cual no es un índice de que sea todo el gas presente en la bebida, existiendo CO_2 en solución todavía.

Los resultados se muestran gráficamente en la figura 4.3. donde se aprecia que los valores encontrados por el método del electrodo se acercan más a la referencia que los encontrados por el método del manómetro, es decir que el electrodo tiende a medir concentraciones mayores de CO_2 a una misma presión de inyección que el manómetro. En la gráfica se emplean ecuaciones de regresión en cada caso. En la evaluación de cada método de análisis corresponden 21 datos notándose que los coeficientes de -

correlación son iguales 0.99, implicando que estos valores pueden considerarse como una correlación prácticamente perfecta.

En el cuadro 4.7. se representan los datos de las bebidas carbonatadas comerciales, observándose un comportamiento similar al estudiado con el agua, donde el electrodo mide concentraciones mayores de CO_2 que el manómetro. Además se aprecian los distintos niveles de carbonatación encontrados en cada marca de refresco, los cuales están en función con el sabor y con las características particulares del producto.

A partir de el cuadro 4.6. se obtiene un diferencial de concentración (Ac_p) que consiste en la diferencia en moles del valor aportado con el electrodo menos el valor encontrado con el manómetro en cada lote de prueba. Trazando los datos de Ac_p , contra la concentración teórica correspondiente de CO_2 , (figura 4.4.) y al efectuar un análisis de regresión, la ecuación toma la siguiente forma:

$$Y = 0.001 + 0.319 (X)$$

$$r = 0.99$$

$$\text{SD} = 0.024$$

Cuya aplicación inmediata se utilizó para estimar la concentración teórica de CO_2 en las bebidas carbonatadas de marca comercial, lo cual se aprecia en el cuadro 4.7.

C A P I T U L O 6

C O N C L U S I O N E S .

6.0 CONCLUSIONES.

- El método del electrodo es más exacto que el método del manómetro, con base a los resultados obtenidos en este estudio, por lo que puede ser utilizado en la industria de refrescos, como aseguramiento de calidad del producto terminado.
- El estudio realizado contribuye a la industria de bebidas carbonatadas con una importante aportación con respecto a la carbonatación, ya que proporciona la relación entre la presión del dióxido de carbono aplicada al carbonatador y la concentración teórica de CO_2 en el producto final.
- El método del electrodo presenta las siguientes:-
Ventajas.-

- (a) Mayor exactitud
- (b) Mayor facilidad de operación

Desventajas.-

- (a) Su costo es elevado.
- (b) Requiere de instrumental más sofisticado
- (c) Mayor tiempo en la determinación.

- El método del manómetro presenta las siguiente: --

Ventajas.-

- (a) Menor tiempo en la determinación
- (b) No requiere de equipo adicional y de reactivos.

Desventajas.-

- (a) Reporta valores menores, que la concentración determinada por medio del electrodo.
- (b) Operación de manejo poco práctica.
(agitación)

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Arnold, M.H.M. Acidulants for Food and Beverages. Food Trade Press. London. 1975
- 2.- Ayres, G.H. Análisis Químico Cuantitativo. Harper & Row. Publishers, Inc. 1982.
- 3.- Bakal, A. I. "Saccharin Functionality and Safety", Food Technol. 41/1/117 (1987)
- 4.- Beck, C.I. "Low Calorie and Special Dietary Foods", Application Potencial for dspartame in Low Calorie and Dietetic Foods, Press, Inc. West Palm. FL. 1977.
- 5.- Beck, K. M. "Handboow of Food Additives", Nonnutritive Sweeteners: Saccharin and Cyclamate., Press, Boca Raton, FL. 1980.
- 6.- Castellan, G.W. Physical Chemistry, Addison-Wesley Publishing Company. 1972.
- 7.- Charlot, G. Curso de Química Analítica General, Tomo II Métodos Electroquímicos y Absorciométricos. Toray Masson S. A. Barcelona, 1984.
- 8.- Downer, A.W.E. The application of flvours in the soft drinks industry. Flavour Ind. 1973.
- 9.- Dziezak, J.D. Applications of Food Colorants. Food Technol. 41/4/78 (1987)
- 10.- Eisenman, G., Bates, R.G., Mattock, G. y Friedman, W.M., The Glass Electrode, Wiley Intersciencie, New York, 1958.

- 11.- Fennema, R.O. Food Chemistry, Second Edition, Marcel - Dekker, Inc. New York, 1985.
- 12.- Freiser, H. Ion-Selective Electrodes in Analytical Chemistry, Vol. 2, Plenum Press. New York and London. 1980.
- 13.- Heat, H. B. Flavor Technology: Profiles, Products, Applications. AVI Publishing Co., Westport, Conn. 1978.
- 14.- Hendrickson, J.B. Pine., S.H., Gram, D.J. and Hammond, G.S. Organic Chemistry, McGraw-Hill Book, Co., Ind., U.S.A. 1980.
- 15.- Jacobs, M.B. Manufacture and Analysis of Carbonated Beverages. Chemical Publishing Co., Inc. Estados Unidos. 1959
- 16.- Kassner, J.E. Modern Technologies in the Manufacture of Certified Food Colors. Food Technol. 41/4/74 (1987)
- 17.- Katz, F. and Varvil, R.D. "Sweeteners: Types and Characteristics", Food Technol 40/1/11/114 (1986)
- 18.- Koryta, J. Theory and applications of ion selective - electrodes. Anal. Chim. Acta 61: 329-411. 1972.
- 19.- Koryta, J. Theory and applications of ion selective electrodes. Part II Anal. Chim. Acta 91: 1.85. 1977
- 20.- Master Specialty Company. Master Crown Puncturing Type Waukesita. Wis. 53187
- 21.- Meggos. H.N. Colors-Key Food ingredients. Food Technol. 38/1/70 (1984).

- 22.- Mermelstein, N.H. Water Purification for beverage. Processing. Food Technol. 26/2/46 (1972).
- 23.- Mojonier Bros; "Mojonnier Controlling Air end CO₂ Content in the Soft Drink Mix Processing Sistem". Bull. No. 529 - 4 Chicago.
- 24.- Newsome, R.L. "Sweeteners: Nutritive and Non-Nutritive". Food Technol. 40/8/195 (1986).
- 25.- Norma Oficial Mexicana. (NOM-F-439-1983) Alimentos . Bebidas no alcohólicas - Bebidas y Refrescos - Clasificación y definiciones.
- 26.- Orion Research, Inc., Carbon dioxide electrode guide, Orion Research, Inc., Cambridge, Mass. 1976.
- 27.- Pomeranz, V. "Functional Properties of Food Components" Academic Press, Inc., Orlando, FL. 1985.
- 28.- Revista Bebidas: The Centerbury Press. 43/2/(34) Estados Unidos. 1964.
- 29.- Revista Bebidas; The Centerbury Press. 44/1/ (17)
- 30.- Revista Bebidas; The Centerbury Press. 45/2 (41) Estados Unidos. 1965.
- 31.- Revista Bebidas; The Centerbury Press. 45/3/ (21) Estados Unidos. 1964.

- 32.- Revista Bebidas, The Centerbury Press. 47/2/(40)
Estados Unidos. 1966.
- 33.- Revista El Embotellador; Keller Publishing. 17/3/(59)
1962.
- 34.- Stare, J.F. and McWilliam, M. Living Nutrition. John
Wiley & Sons. 1984.
- 35.- Society of Soft Drink Technologists Quality Control
Methodology. July. 1975.
- 36.- The Merck Index. Tenth Edition. Merck Ind. Co. Inc. U.S.A.
1983.
- 37.- Thorner. M.E. and Herzberg. R.J. Food Beverage Service
Handbook. The AVI Publishing Company, Inc. Westport,
Conn., Estados Unidos. 1970.
- 38.- Willard, H.H. Instrumental Methods of Analysis. D. Van
Nostrand Co., New York. 1985.
- 39.- Wolkstein, M. "Alternative-Sweetener Report", Food -
Engineering 8/12/33 (1983)
- 40.- Woodroof, J.G. and Phillips, G.F. Beverages; Carbonated
and Noncarbonated. The AVI Publishing Company, Inc.
Westport, Conn., Estados Unidos 1974.
- 41.- Zapata, R.J. y Editores de Bebidas. Manual Práctico para
la industria de refrescos. All américa Publishers service
Inc. 1966.