



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

"ASPECTOS IMPORTANTES EN LA ELABORACION DE EMULSIONES LIPOFILICAS-HIDROFILICAS: TRATAMIENTO DE AGUA, PROCESO DE EMULSIFICACION, DEFECTOS Y SOLUCIONES"

MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA EN ALIMENTOS PRESENTA: MA. SOLEDAD GERARDO LOPEZ

ASESOR: I.B.O. NORMA B. CASAS ALENCASTER

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2000

TESIS CON SALIDA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

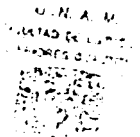
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E.

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, por los mismos comunicados usted que revisamos:

La Memoria de Desempeño Profesional: A efectos importantes en la elaboración de emulsiones lipofílicas-hidrofilicas: Tratamiento de Agua, proceso de emulsificación, defectos y soluciones.  
que presenta la pasante Ma. Soledad Gerardo López con número de cuenta: 9258977-3 para obtener el título de Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx a 03 de Julio de 1961

PRESIDENTE R. en C. Rosa E. Arriaga Cruzada  
VOCAL I. B. C. Norma E. Casas Alencaster  
SECRETARIO I. A. Natividad Venegas Herrera  
PRIMER SUPLENTE I. B. Q. Estelita P. Guerra Villanar  
SEGUNDO SUPLENTE I. Ma. Encarnación Ramírez Ortiz

Entonces entenderás justicia, juicio y equidad y todo buen camino.  
Cuando la sabiduría entrare en tu corazón y la ciencia fuere grata a tu alma, la discreción te  
guardará, te preservará la inteligencia.

A mi **esposo**, porque desde que estoy a tu lado soy una persona mejor. Gracias cariño, por toda  
tu paciencia, comprensión, apoyo y amor que me has brindado.  
Te amo.

A mi **madre**, porque siempre creíste en mí, porque me enseñaste a luchar contra todo y porque de  
ti aprendí que todo es posible en esta vida si se trabaja duro.  
Te quiero.

A mi **padre**, porque me enseñaste el significado de palabras importantes para vivir la vida, que  
son la constancia, la responsabilidad y la perseverancia.  
Gracias.

A mi **hermano Marcovitch**, gracias por enseñarme a ser fuerte, por levantarme todas las veces  
que me he caído.  
Eres genial.

A mi **cuñada Gabi**, gracias por impulsarme con tu ejemplo a terminar mi trabajo.  
Nunca cambies.

A ti **Yuri**, angelito lindo, gracias por darme a mi vida tus chispitas de amor.  
Te adoro.

A mi **suegro**, por su apoyo incondicional.  
Gracias.

Dondequiera que estés, es desde donde tienes que empezar. La diferencia del mañana estriba en  
el esfuerzo de hoy. Gracias mil profesora **Norma Casas**.

A mis amigas **Luz y Lili**, porque siempre las llevo en mi corazón. Gracias por apoyarme siempre.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
1.1 Objetivo General	7
1.2 Objetivos Particulares	7
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL</b>	<b>11</b>
<b>4. INDUCCIÓN GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA</b>	<b>18</b>
4.1 Ciclo hidrológico del agua	19
4.2 La molécula del agua	20
4.3 Contaminantes del agua	23
4.4 Análisis del agua y su interpretación	32
4.5 Usos del agua en la industria de alimentos	41
4.6 Tratamiento químico del agua	44
4.6.1. En la red municipal	44
4.6.2. En Saroma S.A. de C.V.	50
4.6.3. Tratamiento para suavizar agua, tanque 22.000 litros aplicando el ablandamiento con cal-carbonato en frío	56
<b>5. EMULSIONES</b>	<b>60</b>
5.1 Generalidades	61
5.2 Propiedades de las emulsiones	64
5.3 Proceso de formación de emulsiones	72
<b>6. EVALUACIÓN DE LAS EMULSIONES</b>	<b>106</b>
6.1 Fase acuosa	107
6.2 Fase oleosa	108
6.3 Emulsión	111
<b>7. PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS</b>	<b>114</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>123</b>
<b>9. GLOSARIO</b>	<b>126</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

## FIGURAS

1	Ciclo hidrológico o ciclo del agua	19
2	Unión de moléculas diatómicas de hidrógeno y oxígeno para producir moléculas de agua de naturaleza polar	26
3	Influencia de la temperatura en la viscosidad y la tensión superficial del agua	22
4	Esquema simplificado de los diagramas de flujo del tratamiento de aguas municipales	47
5	Tratamiento químico aplicado al agua en el municipio de Tullitlán	48
6	Sistema de un tratamiento de agua empleado en la empresa Serome S.A. de C.V.	63
7	Funcionamiento de la resina	64
8	Tipos de Emulsiones	62
9	Comportamiento reológico de los fluidos	66
10	Influencia de la fracción-volumen ( $\phi$ ) sobre la viscosidad relativa ( $\eta_{rel}$ )	68
11	Fuerzas de atracción entre moléculas en la superficie y en el interior de un líquido que causan tensión superficial	73
12	Doble capa eléctrica	75
13	Homogeneización a presión de una etapa	98
14	Válvula de homogeneización a presión de dos etapas	98
15	Proceso de inestabilidad llamado Floculación	102
16	Proceso de inestabilidad llamado Decremento	104
17	Proceso de inestabilidad llamado Coalescencia	105

## CUADROS

1	Propiedades térmicas del agua y compuestos similares	21
2	Materiales solubles	23
3	Componentes insolubles	23
4	Contaminantes presentes en menores proporciones	28
5	Reporte de análisis fisicoquímico del agua	31
6	Especificaciones organolépticas, físicas, fisicoquímicas, microbiológicas y plaguicidas del agua según la NOM-SSA1-041-1993	32
7	Análisis fisicoquímicos y parámetros establecidos del agua, aplicados en Serome S.A. C.V.	68
8	Normas de agua potable de la Organización Mundial de la Salud	66
9	Impurezas típicas del agua y métodos comunes de tratamiento	66
10	Categorías de Emulsiones para alimentos	63
11	Estimación de la estabilidad por la apariencia y tamaño de la película	64
12	Valores del balance hidrofílico-lipofílico (HLB) de los emulsificantes	79
13	Estimación de los valores HLB respecto a la estabilidad en agua de los emulsificantes	81
14	Relación entre valores HLB y la aplicación final del emulsificante	81
15	Tipo de aceites para emulsiones $o/w$	88
16	Procedimiento de operación en la elaboración de Emulsiones	88
17	Problemas y soluciones en emulsiones concentradas	116
18	Problemas y soluciones en bebidas terminadas	118

## CAPÍTULO I

### OBJETIVOS

**1.1 OBJETIVO GENERAL**

Propocionar un conocimiento general sobre el proceso de elaboración de emulsiones lipofílicas-hidrofilicas que se lleva a cabo en la empresa Saroma S.A. de C. V. y el impacto que en la calidad de las mismas tiene la calidad del agua, materias primas y las operaciones de producción.

**1.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Describir de manera general, el tratamiento de agua y en específico, aquél que es aplicado en la empresa Saroma S. A. de C.V.
2. Transmitir la información técnica (teórica y práctica) sobre el proceso de formación de emulsiones.
3. Presentar las técnicas de evaluación de la calidad de la fase acuosa, fase oleosa y emulsión concentrada, aplicadas en el laboratorio.
4. Describir los defectos en la estabilidad final de emulsiones concentradas y bebidas observados durante el desempeño laboral causados, por la calidad del agua, materias primas y operaciones de producción, mencionando causas y proponiendo soluciones.



## CAPÍTULO II

### INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

**N**adie puede dudar de la importancia que a nivel mundial representa la industria de bebidas. Es un hecho innegable que las bebidas de frutas, refrescos, aguas, jugos, etc., forman parte de la cultura y costumbres alimenticias de la población mundial. (Nalco, 1993)

Los criterios de consumo son variados y están fundamentalmente influenciados por factores culturales, económicos, alimenticios y religiosos en algunas ocasiones. En los países del tercer mundo se consideran como parte importante del aporte calórico en las dietas de la población, como fuente de energía barata y de fácil acceso. Por el contrario, el comportamiento de los consumidores en los países desarrollados está más caracterizado por los aspectos relacionados con una alimentación sana, una elevada responsabilidad al contenido de calorías, y al aspecto novedoso del envasado y presentaciones atractivas de los productos. La industria mundial de bebidas tiene un impacto importante en los índices económicos dentro del contexto globalizado de la economía mundial. (Nalco, 1993)

De todos los sectores de la industria de bebidas sin duda el más dinámico es el de refrescos y éste se ha caracterizado por su alto nivel tecnológico, su gran capacidad de innovación tanto de productos como de empaques y su gran concentración en pocas empresas transnacionales. (CCIA, 2000)

Los comentarios anteriores son válidos y se aplican prácticamente en todos los países del mundo, reflejándose en la industria embotelladora mexicana la cual ocupa el segundo lugar mundial, tanto por el volumen de su producción como por el consumo de refrescos per - cápita. (Nalco, 1993)

La industria de bebidas puede calificarse según el tipo de producto, en los siguientes tipos

Bebidas carbonatadas Refrescos y aguas minerales

Bebidas no carbonatadas: Jugos frutales, aguas purificadas o de mesa, bebidas de sabores, néctares, bebidas a base de pulpas frutales y bebidas isotónicas. (Potter, 1973)

De todos los productos mencionados arriba, sólo los refrescos (bebidas carbonatadas), bebidas de sabores y bebidas isotónicas (bebidas no carbonatadas), se encuentran dentro del grupo de alimentos en donde es necesario obtener una emulsión para la preparación del producto terminado. Dicha emulsión debe presentar una estabilidad entre la fase oleosa y la fase acuosa, la cual depende de los tiempos establecidos para la etapa de hidratación, emulsificación y homogeneización, sin pasar por alto, que parte fundamental para lograr ésta en una emulsión, es el tratamiento que lleve el agua a ocupar y la calidad de las materias primas.

En la industria alimentaria es sabido que el sector de las bebidas es un gran consumidor de agua, donde gran cantidad de ésta se convierte en parte del producto terminado ; la diferencia se emplea para lavar botellas y envases, enfriar compresores, reemplazar el agua de las calderas para producir el vapor usado para cocimiento, evaporación, calentamiento de los pasteurizadores y calefacción. (Badui, 1988)

A medida que la ciencia de los alimentos se ha desarrollado, hemos aprendido de los sistemas de emulsión encontrados en la naturaleza que no sólo hacen que los alimentos sean más aceptados por el consumidor, sino actúan como un mecanismo de transporte de nutrientes esenciales como la grasa, proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y agua para su absorción. (Cavallo y Chang, 1990)

La presente memoria de desempeño laboral tiene como finalidad, destacar la importancia de obtener un producto estable, atractivo, económico y de buen sabor para el consumidor, revisando desde el tratamiento del agua, en específico el aplicado en la industria en cuestión, su manufactura en producción, revisión de conceptos básicos-técnicos sobre la elaboración de emulsiones, así como sus defectos y posibles soluciones tanto de las emulsiones como de los productos terminados. En el presente trabajo, se hablará sólo de la obtención de bebidas de sabores.

## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL

### DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL.

Mi labor profesional en Saroma S.A. de C.V. comienza el 22 de diciembre de 1997, dentro del área de Investigación y Desarrollo como analista, siendo mi jefe el Gerente de Control Técnico Ing. Químico Santiago Fuentes González.

Mis primeras metas a corto plazo consistieron en empaparme de toda la información que rodeaba al área de trabajo, por lo que empecé por realizar inventarios sobre sabores de los distintos proveedores, materias primas (hidrocoloides, conservadores, colorantes, acidulantes, agentes balanceadores de peso), muestras de retención (bebidas terminadas y concentrados), así como productos almacenados en la cámara de refrigeración, los cuales son pruebas de laboratorio homogeneizadas o no y que son enviadas a los clientes.

Posteriormente, comencé a entrenar mi paladar, realizando degustaciones sencillas con diferentes sabores aplicados en blanco (agua + jarabe al 50% + ácido cítrico al 50% + el sabor en el porcentaje que indique el proveedor), además de evaluar oil mix (mezcla de sabores cítricos) y por último y más complejo, degustar los diversos productos existentes en el mercado.

Sin embargo, al poco tiempo de mi desempeño quedé a cargo del área, por lo que comencé a preparar concentrados de fórmulas ya establecidas a nivel laboratorio, que por supuesto eran productos sin homogeneizar, elaborados en un blender mix (licuadora industrial). Éstos eran enviados a diferentes clientes tales como Nueva Industria de Ganaderos, Chilchota Alimentos, Procesadora de Jugos del Sureste, Gemex, etc., como muestras pre-homogeneizadas así como sus respectivas bebidas. Cabe resaltar que como parte fundamental de mi aprendizaje dentro de esta área fue necesario aprender a realizar los diferentes análisis fisicoquímicos, sensoriales y organolépticos tanto de las emulsiones como de los productos terminados.

Después de un tiempo y al dominar la preparación de este tipo de productos, aprendí a desarrollar nuevas formulaciones con la ayuda de mi jefe, y todo lo que conllevaba ajustes de sabor, ajustes de densidad, ajustes de viscosidad, ajustes de peso, ajustes de color; también empecé a realizar análisis a todo tipo de materias primas: sabores, colores, acidulantes, conservadores, gomas y otros aditivos alimentarios, y aprendí a reportar los resultados correctamente en el certificado específico para cada uno.

## DESCRIPCION DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL

La parte más formativa y de aplicación de mi desempeño profesional en esta empresa inició en el momento en el que aparte de desarrollar nuevas formulaciones, pude extrapolar estos datos llevando el proceso de elaboración del laboratorio a producción, en donde no sólo realicé pruebas de 50 litros, sino también pude supervisar con personal bajo mi responsabilidad y mando productos ya para vender al cliente, desde 200 hasta 5000 litros, por supuesto llevando también en forma personal, todos los análisis requeridos. Para estas fechas, también dentro de mis funciones se encontraba el tratar directamente con los proveedores de todas las materias primas, realizar pruebas en otros laboratorios como la igualación de un sabor o la verificación del comportamiento de algún hidrocoloide, además de realizar dentro de la empresa presentaciones de productos terminados para ser evaluados sensorialmente por el mismo personal.

Mi trabajo dentro de Saroma S. A. de C.V. finaliza el 12 de enero del 2000, y como parte final puedo agregar que dentro de mis mejores y mayores satisfacciones tengo:

1. Haber crecido no sólo como persona sino como profesionista, gracias en primer lugar a la persona que confió en mí desde el principio, el Ing. Santiago Fuentes González, que siempre estuvo apoyándome, y en segundo lugar a mi misma por haber aceptado esta gran responsabilidad.
2. Ver que varias de las nuevas formulaciones desarrolladas por mí, son ahora productos de línea de esta empresa.
3. Finalmente, al cursar la carrera de Ingeniería en Alimentos impartida por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1, pude darme cuenta que ésta aporta las herramientas teórico-prácticas de conocimiento necesarias para formar profesionistas.

Algunos aspectos académicos que fueron decisivos en mi desempeño profesional fueron los siguientes: iniciativa en el desarrollo de nuevos productos; conocimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura; manipulación del producto después de elaborado en cuanto a almacenamiento, vidas de anaquel, transporte, envase y embalaje. Ahora bien, si bien es cierto que la carrera tiene muchas deficiencias, no todo es malo, pero considero que es necesario realizar un cambio en el plan de estudios pues asignaturas como las del área de ciencias sociales me parecen obsoletas, pues nunca son aplicadas en la industria como tal, en cambio deberían elegirse asignaturas con temas bien definidos tales como panificación, bebidas carbonatadas y no carbonatadas, confitería, tratamiento de agua, etc., que sean impartidas por profesores que tengan experiencia en el campo laboral con la finalidad de que aporten sus experiencias, procesos y problemas reales de cada área, soluciones posibles, nuevas materias primas aplicadas, nuevos desarrollos, etc., con la finalidad por un lado de que el futuro Ing. en Alimentos pueda irse creando una expectativa de

## DESCRIPCION DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL

la industria y por otro, desarrollar el interés del área hacia la cual quiere dirigirse. Ahora bien, con respecto a los Laboratorios Experimentales Multidisciplinarios, es cierto que se quedan cortos en cuanto a conocimientos específicos, pero considero que en lo que se refiere a la parte de formación son muy completos, pues ésto hace que los egresados de la Facultad de Estudios Superiores sean personas exitosas en la industria.

### DESCRIPCION DE PRODUCTOS ELABORADOS EN SAROMA S.A. DE C.V.

Saroma es una empresa 100% mexicana, fundada en 1974, que produce concentrados de frutas utilizados como materias primas por la industria de bebidas, así como productos terminados del mismo ramo, que comercializa en el mercado de detalle.

La experiencia acumulada en estos años le ha permitido a la empresa colocarse entre los líderes de la industria de concentrados en México y ganarse un lugar en la línea de bebidas terminadas, así como la confianza de los consumidores, fundamentalmente por la alta calidad de los productos.

Es así como Saroma se consolida como fabricante y comercializadora de: Concentrados de frutas para bebidas, concentrados de jugos, jarabes de frutas, bebidas terminadas tanto en el mercado nacional como el internacional.

Todo esto es con el fin de proporcionar productos de alta calidad y precios justos, con énfasis en asesorías y servicios. Generar riquezas para todos los integrantes de la empresa y los participantes externos. Participar activamente en la comunidad, de la cual forma parte, en beneficio de la misma y por último, contribuir al desarrollo económico de México.

A continuación se describen en forma detallada, los productos que Saroma S.A. de C.V. procesa:

**Concentrados para Comedores Industriales.**

Este tipo de producto es elaborado con un alto contenido de jugos y pulpas naturales, en su proceso se busca un mayor grado de concentración que un jarabe, llevando a una relación 1/20 (esto significa que para preparar un litro de bebida refrescante deberán adicionarse 20 mililitros de producto concentrado), y por lo tanto no lleva en su formulación azúcar. Sus aplicaciones van dirigidas a sectores institucionales, en donde se busca un alto rendimiento sin desviaciones sensoriales. Sus presentaciones son en horchata, jamaica, durazno, mango, uva, tamarindo y fresa.

**Concentrados para bebidas refrescantes.**

Son productos con sabores, extractos y/o esencias de frutas, en concentraciones que van desde 1/50, 1/100 hasta 1/500, para obtener bebidas refrescantes. Sus principales características, la estabilidad del producto terminado, el sabor, la buena apariencia y el color. Sus aplicaciones van dirigidas a la industria refresquera, pasteurizadora, procesadora de agua y además se desarrollan formulaciones especiales a satisfacción de cada cliente. Sus presentaciones son las siguientes: naranja, mandarina, piña, manzana, tamarindo, tutti frutti, uva, fresa, mango y durazno.

**Jugos concentrados.**

Son jugos de frutas naturales, que bajo un proceso de concentración se llega a su estado final de concentración. Son productos que por ser totalmente naturales requieren refrigeración. Sus aplicaciones van dirigidas a la industria refresquera, alimenticia, pasteurizadora y de bebidas en donde se busque enriquecer el sabor y la calidad. Se elaboran en los siguientes sabores: naranja, mandarina, uva, manzana y piña.

**Jarabes.**

Son productos elaborados con un alto contenido de jugos, pulpas naturales y extractos, cuyo proceso da como resultado un producto concentrado con la cantidad necesaria de azúcar, de manera que al diluirlo se obtenga una bebida lista para tomar. Sus aplicaciones van dirigidas para aquellos comercios, restaurantes, hoteles y familias que buscan una rápida e higiénica elaboración de agua de frutas. Se tienen los siguientes sabores: limón, naranja, mandarina, fresa, horchata, uva, tamarindo, mango, durazno, jamaica y manzana.



**Naranja Sar.**

Bebida elaborada a partir de concentrado de naranja, enriquecida con vitamina C, que a su vez aporta el 10% de los requerimientos diarios de dicha vitamina. Este producto es una bebida pasteurizada. Se tiene en las siguientes presentaciones: naranja, manzana y uva.

**Bebida infantil Poni.**

Bebida refrescante pasteurizada sin gas, para el gusto infantil. Las características de esta bebida son las siguientes: Es elaborada a base de aceites esenciales y saborizantes, con tapa foil de aluminio. Va dirigida al mercado infantil, escuelas, fiestas, centro de diversión. Se ofrece en charola empleada de 24 piezas, en envases de polietileno con capacidad de 250 ml. Ofrece sabores de fresa, mandarina, manzana, uva y piña.

**Frutagua.**

Jarabe para preparar agua fresca, elaborada con un alto contenido de jugo y pulpa natural. Es un producto líquido con un alto contenido de pulpa, no requiere refrigeración, su concentración es de 60 °Bx. Es ideal para obtener una rápida e higiénica elaboración de agua de frutas; de uso común en hogares, restaurantes, hoteles, comedores en general. Otros usos: Licuados, raspados y helados. Para prepararlo, se necesita diluir una parte de jarabe con cinco partes iguales de agua, obteniendo seis volúmenes de agua de frutas. Se ofrece en un envase deportivo elaborado en polietileno. Caja con 12 piezas de 700 ml. Sus sabores son tamarindo, jamaica, fresa, mango, horchata y durazno.

**Agua purificada con sabor (Magic Water).**

Agua purificada embotellada con sabor. Es una nueva alternativa para aquellas personas que buscan un producto saludable, con un ligero sabor, este producto fundamentalmente está dirigido a los jóvenes en busca de algo más que agua simple. Se ofrece en charola empleada de 20 piezas, en envases de PET (polietileno transparente), con capacidad de 500 ml y 1.5 litros. Su sabores son: fresa, limón-menta, manzana y durazno.

**Bolisar.**

Bebida refrescante pasteurizada sin gas, con forma de balón de soccer, ideal para el gusto infantil, ya que es una bebida y juguete. Elaborada a base de aceites esenciales y saborizantes con tapa foil de aluminio. Va dirigida al mercado infantil, escuelas, fiestas, centro de diversión. Se ofrece en charola empleada de 24 piezas, en envases de polietileno con capacidad de 180 ml. Los sabores que se ofrecen son de fresa, manzana, uva y piña.

## DESCRIPCION DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL

### **Aceites esenciales.**

Los aceites que maneja esta empresa son extraídos de la cáscara de frutas cítricas, tales como naranja, limón, toronja, mandarina. Pueden concentrarse por medio de destilación según lo requieran. Además tienen usos múltiples tanto en la industria alimentaria, como en la de perfumería, principalmente. La forma de envasarlos es en tambores metálicos cerrados, capacidad de 180 kilos.

### **Terpenos de Naranja.**

Son un subproducto que proviene de la destilación y concentración de los aceites esenciales de naranja. Son un producto transparente, con fuerte aroma a naranja, volátil, solvente, desengrasante y desmanchador. Tienen usos múltiples en la industria de los detergentes y petrolera, así como anticongelantes, desmanchadores y desengrasante. Se envasan en tambores metálicos cerrados, de 180 kilos de capacidad.

### **Envases.**

Éstos son manufacturados con polietileno de alta densidad (PAD), grado alimenticio. Son de color blanco natural, característico del polietileno, debe presentar buena verticalidad, resistencia adecuada a la compresión de  $27 \text{ kg./cm}^2$ . Estos envases son resistentes y excelentes para envasar cualquier tipo de refresco o bebida sin gas. Disponibilidad en las siguientes presentaciones:

1. 250 ml, con diámetro interior de 29 mm, corona para usarse con tapa foil de aluminio termosellado.
2. 480 ml, con diámetro de 29 mm y diámetro exterior de 34 mm, con su respectiva tapa de presión con cinturón de garantía.

## CAPÍTULO IV

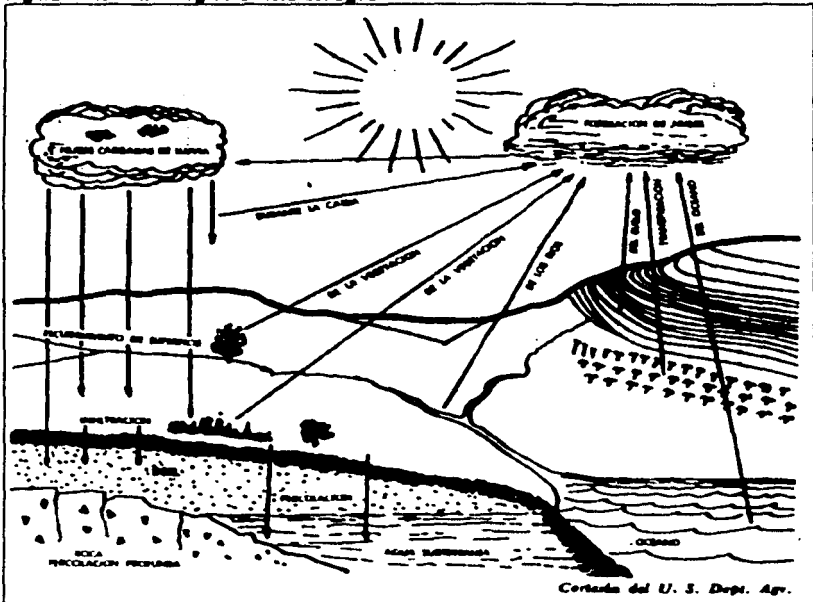
# INDUCCIÓN GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

4.1 CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA.

La vida en el planeta Tierra y las actividades del hombre dependen en gran parte de la circulación del agua terrestre. Este movimiento de agua en forma de vapor desde los océanos, lagos y ríos hacia la atmósfera, su condensación y precipitación de regreso hacia la superficie de la tierra, su flujo sobre el suelo y regreso al océano, su penetración al suelo y utilización por plantas que devuelven una parte de ella a la atmósfera por medio de la transpiración, y su regreso al mar por debajo de la superficie de la tierra se conoce como el Ciclo hidrológico o Ciclo del agua, fig. 1.

El hombre y los animales participan en este ciclo como usuarios de agua y productores de desperdicios en muchas formas. (Degering, 1955)

Figura 1 Ciclo hidrológico o ciclo del agua.



(Potter, 1973)

Cortada del U. S. Dept. Agr.

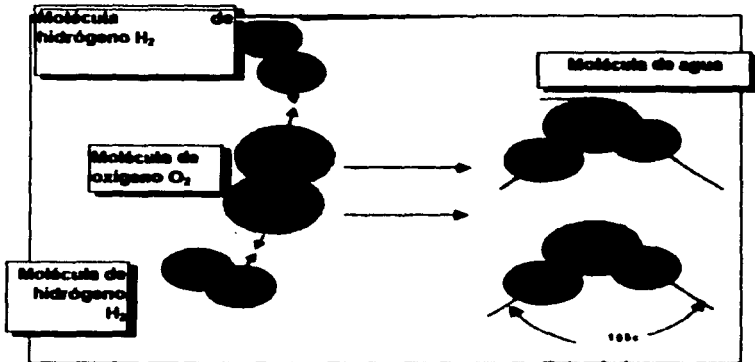
#### 4.2 LA MOLÉCULA DEL AGUA.

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua. Aún cuando esto es un dato impresionante, se queda corto frente a las espectaculares fotografías que se ven desde el espacio exterior. Estas revelan un hermoso planeta azul bañado con agua, cubierto parcialmente con un velo de vapor de agua. (McKee y Wolf, 1963)

La vida comenzó en el agua y al volverse más complejas y especializadas las cosas vivas, abandonaron el mar y se asentaron en la Tierra, tomando el agua como componente principal de sus cuerpos. (McKee y Wolf, 1963)

La fórmula del agua  $H_2O$  en sí misma, únicamente indica su composición y peso molecular. No explica las propiedades extraordinarias que resultan de su arreglo molecular único. Los dos átomos de hidrógeno están separados entre sí por  $105^\circ$  (fig. 2), adyacentes al átomo de oxígeno, de forma que la molécula es asimétrica, cargada positivamente del lado del hidrógeno y negativamente del lado del oxígeno. Por esta razón, se dice que el agua es dipolar. Esto hace que las moléculas se aglomeren, el hidrógeno de una molécula atrae al oxígeno de la molécula vecina. La unión de las moléculas como resultado de esta fuerza de atracción recibe el nombre de "puentes de hidrógeno". (Nalco, 1993)

Figura 2 Unión de moléculas diatómicas de hidrógeno y oxígeno para producir moléculas de agua de naturaleza polar



(Nalco 1993)

Una de las consecuencias de los puentes de hidrógeno es que las moléculas de agua no pueden abandonar la superficie de un cuerpo tan fácilmente como lo harían de no existir esta atracción intermolecular. La energía requerida para romper el enlace con el hidrógeno y liberar una molécula de agua para formar vapor es mucho mayor que la requerida por otros compuestos químicos comunes. (Todd, 1970)

Además el agua libera más calor durante la congelación que otros compuestos. Más aún, por cada cambio en el aumento de la temperatura, el agua absorbe o libera más calor que muchas otras sustancias (capacidad calorífica), de forma que resulta un medio efectivo de transferencia de calor. (Todd,1970)

La congelación del agua es bastante distinta a la de otros líquidos. Los puentes de hidrógeno producen un rearrreglo cristalino que hace que el hielo se expanda más allá de su volumen líquido original, de forma que su densidad es menor que la del líquido, y el hielo flota. Si este no fuese el caso, los lagos se congelarían empezando por el fondo, y la vida en la forma en que la conocemos no existiría. (Todd,1970)

En el cuadro 1 se comparan el punto de ebullición y otras propiedades caloríficas del agua con otras moléculas similares, y con compuestos diferentes que son líquidos a temperatura ambiente.

**Cuadro 1 Propiedades térmicas del agua y compuestos similares.**

Substancia	Calor específico	Punto de congelación °C	Punto de ebullición °C	Calor latente de evaporación cal/gramo
Agua	1.00	0	100	540
Ácido sulfúrico		- 83	- 62	132
Metanol	0.57	- 98	65	263
Etanol	0.54	- 117	79	204
Benceno	0.36	6	80	94

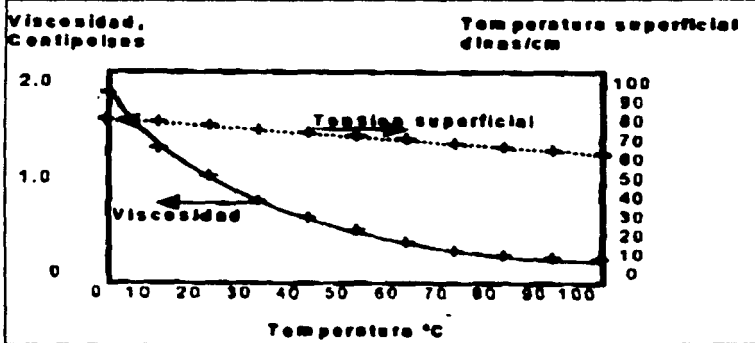
(Fuente: Nalco,1993)

Además de sus extraordinarias propiedades caloríficas, el agua tiene propiedades físicas muy distintas a otros líquidos. Su tensión superficial elevada se demuestra fácilmente mediante el experimento de "hacer flotar" una aguja sobre la superficie del agua en un vaso. Esta elevada tensión superficial, debida a los puentes de hidrógeno, hace además que el agua se eleve en un tubo capilar. (Nalco, 1993)

Con frecuencia, el agua se le llama el disolvente universal. Las moléculas de agua en contacto con un cristal se orientan para neutralizar las fuerzas de atracción entre los iones en la estructura cristalina. Entonces, los iones libres se hidratan con estas moléculas de agua, evitando que se recombinen y recristalicen. Este efecto de disolución e hidratación se muestra en forma cuantitativa en la relativamente elevada constante dieléctrica del agua. (Nalco, 1993)

La viscosidad es una propiedad final del agua que afecta su tratamiento y su empleo. Es una medida de la fricción interna, es decir, de la fricción de una capa de moléculas que se mueve sobre otra. Al aumentar la temperatura del agua, esta fricción interna disminuye. Debido a este efecto de la temperatura, las sales y gases disueltos pueden difundirse más rápidamente en el agua tibia; el tratamiento químico se acelera y los procesos físicos de sedimentación y desgasificación se efectúan con mayor rapidez. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad se muestran en la figura 3.

Figura 3 Influencia de la temperatura en la viscosidad y la tensión superficial del agua.



(Nalco, 1993)

### 4.3 CONTAMINANTES DEL AGUA.

Se ha demostrado que la introducción de contaminantes en las fuentes acuíferas está relacionada con la lluvia, la naturaleza geológica de la cuenca colectora o del manto acuífero y las actividades de la naturaleza y de la población humana. Los contaminantes del agua que se van a analizar con más detalle son aquéllos que cobran mayor importancia en la elaboración tanto de la emulsión como de la bebida, pues si no son eliminados correctamente a través del tratamiento de agua pueden generar alteraciones de tipo fisicoquímico y sensorial en ambos productos, éstos se encuentran en el cuadro 2, los cuales se consideran materia soluble y los contaminantes que se encuentran dentro del cuadro 3, son aquéllos que se consideran insolubles. (Nalco, 1993)

**Cuadro 2 Materiales solubles en los suministros acuíferos**

Clase 1	Componentes primarios -generalmente en más de 5 mg/l		
	Bicarbonato	Magnesio	Sodio
	Calcio	Materia orgánica	Sulfato
	Cloruro	Sílice	
Clase 2	Componentes secundarios -generalmente en más de 0.1 mg/l		
	Fluoruro	Potasio	
		Estroncio	

(Fuente: Nalco, 1993)

**Cuadro 3 Componentes insolubles en los suministros acuíferos**

Clase 1	Sólidos
	Flotando
	Sedimentables Suspendidos
Clase 2	Organismos Microbianos
	Algas
	Bacterias
	Hongos
	Virus

(Fuente: Nalco, 1993)

#### CLASE 1 -COMPONENTES PRIMARIOS.

Esta incluye a los sólidos disueltos que generalmente exceden a los 5 mg/l. y con frecuencia se encuentran en niveles de varios órdenes de magnitud superiores a ese.

#### Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ : peso molecular 61)

El ión bicarbonato es el componente alcalino principal de casi todas las fuentes de agua. Por lo general se encuentra en el rango de 5-500 mg/l, como  $\text{CaCO}_3$ .



Su introducción en el agua es mediante la acción disolvente del  $\text{CO}_2$ , producido por acción bacteriana sobre los minerales que contienen carbonatos como el mármol, calcita, dolomita, piedra caliza y otros minerales que contienen carbonato de calcio. Las actividades normales de la población humana también introducen materiales alcalinos en el agua, evidenciado esto por un aumento típico de alcalinidad del efluente de una planta de desechos de 100-150 mg/l, por encima de la alcalinidad de la fuente de agua municipal. Mucho de esto se debe a la alcalinidad de los detergentes industriales y domésticos. La alcalinidad en el agua potable rara vez excede los 300 mg/l. El control de la alcalinidad es importante en muchas aplicaciones industriales debido a su importancia en el índice de estabilidad del carbonato de calcio. El control de la alcalinidad es importante tanto en el agua concentrada de las calderas y en el agua de enfriamiento en los sistemas de enfriamiento por evaporación. Las cantidades de agua agregadas a estos sistemas deben con frecuencia tratarse para reducir la alcalinidad, ya sea mediante el ablandamiento con cal o mediante la adición directa de ácido. La alcalinidad es objetable en la industria de las bebidas, en donde neutraliza la acidez de los sabores de frutas. Herman y Hillboe, 1964)

**Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ): peso atómico 40; grupo IIA, metal alcalinotérreo)**

El calcio es el componente principal de la dureza en el agua y generalmente se encuentra en el rango de 5-500 mg/l, como  $\text{CaCO}_3$  (1), (2-200 mg/l como Ca). Está presente en muchos minerales, sobre todo en la piedra caliza y en el yeso. Con frecuencia, los depósitos de piedra caliza son el residuo de fósiles de pequeños organismos acuáticos, como los pólipos, que tomaron el calcio del agua de mar en la cual vivían, y la utilizaron para formar sus esqueletos. (Nelco, 1993)

El calcio es uno de los factores principales para determinar el índice de calidad del agua a utilizar en los diferentes procesos donde se requiera. Con frecuencia, se requiere la reducción del calcio al tratar el agua para las torres de enfriamiento. En muchas operaciones industriales se necesita eliminarlo por completo, en particular en el agua de reposición para calderas. La dureza del calcio puede reducirse hasta un nivel de 35 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  mediante el ablandamiento en frío con cal-soda, y hasta menos de 25 mg/l mediante el mismo ablandamiento en caliente. Se reduce a menos de 1 mg/l por medio del intercambio catiónico. (Estel, 1976)

(1) La dureza es la solución en agua tanto de calcio como de magnesio en forma de cationes, ésta se ha expresado en función del carbonato de calcio. Esta elección se realizó por comodidad, puesto que el peso molecular de este compuesto es 100 y su peso equivalente es 50, proporcionando una unidad conveniente de intercambio para expresar a todos los iones en agua, en vez de mostrar a cada uno de ellos con su propio peso equivalente. (Nelco, 1993)

**Cloruro (Cl<sup>-</sup>: peso atómico 35.5; grupo VIIA, haluro)**

Puesto que todas las sales cloruro son muy solubles en agua, es común encontrar al cloruro en las fuentes de agua dulce, en cantidades de 10 y 100 mg/l. El agua de mar contiene más de 30,000 mg/l como NaCl y ciertos pozos subterráneos salinos pueden llegar a estar saturados, con un 25% aproximadamente de NaCl. Muchas formaciones geológicas fueron en alguna época rocas sedimentarias en el mar, de forma que no es sorprendente que contengan residuos de cloruros que se están filtrando de continuo en las fuentes de agua dulce. El contenido de los residuos de cloruro, tiene una concentración entre 20-50 mg/l por encima de la concentración de la fuente de agua municipal, lo que causa el aumento gradual en la salinidad de los rios cuando se van acercando de los manantiales al mar. (Eskel, 1976)

El Intercambio aniónico es el único proceso químico capaz de eliminar los cloruros del agua; sin embargo, algunos procesos físicos, como la evaporación y la ósmosis inversa, pueden separar el agua en dos corrientes, una de ellas con un contenido reducido de cloruro y la otra con un contenido mayor. El límite superior recomendado de cloruro en el agua potable es 250 mg/l, basado por completo en el sabor, y no en algún daño fisiológico conocido. (Herman y Hillboe 1984)

**Magnesio (Mg<sup>2+</sup>: peso atómico 12.1; grupo IIA; metal alcalinotérreo)**

Se forma el bicarbonato de magnesio por la acción del agua que contiene CO<sub>2</sub> sobre la magnesita, piedra caliza y dolomita principalmente. La dureza de magnesio de un agua es, por lo general, aproximadamente una tercera parte de la dureza total, siendo las dos terceras partes restantes dureza de calcio. El magnesio varía en forma típica entre 10-50 mg/l (es un valor aproximado entre 40-200 mg/l como CaCO<sub>3</sub>). En el agua de mar, la concentración de magnesio es más o menos 5 veces la del calcio en base a su peso equivalente. (Rigola, 1999)

Puesto que el carbonato de magnesio es bastante más soluble que el carbonato de calcio, rara vez es un componente principal en las incrustaciones. Sin embargo, debe eliminarse junto con el calcio cuando se requiere agua blanda para alimentación de calderas o para otros procesos. Puede eliminarse mediante el ablandamiento con cal hasta un residuo de 30-50 mg/l como CaCO<sub>3</sub> en frío, o 1-2 mg/l como CaCO<sub>3</sub> en caliente. También se reduce por medio de intercambio iónico hasta menos de 1 mg/l como CaCO<sub>3</sub> (Rigola, 1999)

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

### **Materia orgánica (Carbono, C<sup>12</sup>; peso atómico 12; grupo IVA, no metal)**

Puesto que el material orgánico constituye una parte significativa del suelo, y ya que es utilizado por los organismos acuáticos para construir sus cuerpos y producir alimentos, es inevitable encontrar productos orgánicos solubles en agua provenientes del metabolismo, en todas las fuentes de agua. No existe mucha información acerca de los compuestos orgánicos específicos en la mayoría de las fuentes de agua. La materia orgánica como la que se encuentra en los desechos domésticos, con frecuencia inhibe la precipitación del carbonato de calcio. (Mackee, 1963)

La materia orgánica puede eliminarse mediante el tratamiento con carbón activado, práctica muy utilizada en las plantas de tratamiento municipales cuando la materia orgánica causa sabores y olores desagradables en el agua tratada. (Mackee, 1963)

La materia orgánica es indeseable en las aguas municipales, sobre todo por razones estéticas. Puede resultar problemática en los suministros industriales al interferir en los procesos de tratamiento. Es uno de los factores principales en el agotamiento de las resinas intercambiadoras de aniones, degradando la calidad efluente del agua desmineralizada, por lo que se requiere el reemplazo temprano de la resina. (Mackee, 1963)

### **Sodio (Na<sup>+</sup>; peso atómico 23; grupo IA, metal alcalino)**

Todas las sales de sodio son muy solubles en agua, aunque ciertos complejos en los minerales no lo son. El alto contenido de cloruros en las salinas y en el agua de mar generalmente está asociado con el ión sodio. En las aguas dulces, suele variar entre 10-100 mg/l (aproximadamente 20-200 mg/l como CaCO<sub>3</sub>). Su concentración no está limitada por los Estándares Federales de Agua Potable, así que las personas con dietas bajas en sodio pueden requerir de fuentes especiales de agua potable. El único proceso químico para eliminar el sodio es el intercambio catiónico. La evaporación y la ósmosis inversa también reducen el sodio, produciendo una corriente baja en sodio y una salina de desecho con una concentración elevada de él. (Eskel, 1976)

### **Sílice (SiO<sub>2</sub>; peso molecular 60; óxido de silicio, grupo IV, no metal)**

La sílice está presente en casi todos los minerales, y se encuentra en el agua dulce en un rango de 1-100 mg/l. Los esqueletos de las diatomeas están formados de sílice pura, de forma que el contenido de sílice de las aguas superficiales puede verse afectado por el florecimiento de temporada de diatomeas. (Eskel, 1976)

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

La sílice se considera coloidal debido a que su reacción con adsorbentes como  $MgO$  y  $Fe(OH)_3$  muestra características similares a las de los coloides típicos. La sílice es indeseable en concentraciones altas en las aguas de las torres de enfriamiento debido a la incertidumbre acerca de sus límites de solubilidad. (Eskel, 1976)

Es indeseable en el agua de reposición para calderas, no sólo debido a que puede formar una incrustación en la misma caldera, sino también por que se volatiliza a altas temperaturas y se redeposita en las cuchillas de las turbinas. El proceso de tratamiento para eliminar la sílice es el intercambio aniónico en los procesos de desmineralización. (Eskel, 1976)

**Sulfato ( $SO_4^{-2}$ ; peso molecular 96; óxido de azufre, grupo VIA, no metal)**

El sulfato se disuelve en el agua a partir de ciertos minerales, especialmente en el yeso. Su rango típico está entre 5-200 mg/l. El límite superior sugerido en el agua potable es 250 mg/l, basado en el sabor. Debido a que el sulfato de calcio es relativamente insoluble (menos de 2 000 mg/l), puede resultar indeseable al concentrar agua con un alto contenido de calcio, como en los sistemas de evaporación. Los niveles altos de sulfato pueden reducirse en forma apreciable por intercambio aniónico. (Nalco, 1993)

### CLASE 2 -COMPONENTES SECUNDARIOS.

Estos suelen estar presentes en concentraciones superiores a 0.1 mg/l y ocasionalmente se encuentran en el rango de 1-10 mg/l.

**Fluoruro ( $F^-$ ; peso atómico 19; grupo VIIA, haluro)**

El flúor es un componente común de muchos minerales, incluyendo la apatita y la mica. Es práctica común agregar fluoruro a las aguas municipales para proporcionar un residuo de 1.5 -2.5 mg/l, el cual es benéfico para el control de las caries dentales. Sin embargo, las concentraciones por encima de 5 mg/l son perjudiciales, puesto que causan una estructura dental quebradiza y manchada. Debido a esto, la concentración está limitada en los estándares para agua potable. (Herman, y Hillboe, 1984)

**Potasio (K<sup>+</sup>: peso atómico 39.1; grupo IA, metal alcalino)**

El potasio está relacionado estrechamente con el sodio, tanto que rara vez se analiza como un componente separado en los análisis de agua. Su ocurrencia es menor en la naturaleza y por esta razón se encuentra en concentraciones más bajas que el sodio. No tiene importancia en las fuentes de agua para el uso público o en el agua que se utiliza en la industria. Como en el caso del sodio, sólo puede eliminarse químicamente mediante intercambio catiónico, o mediante procesos físicos, como la evaporación y la ósmosis inversa. (Herman y Hillboe, 1984)

**Estroncio (Sr<sup>2+</sup>: peso atómico 87.6; grupo IIA, metal alcalinotérreo)**

El estroncio pertenece a la misma familia que el calcio y el magnesio. Aunque su solubilidad en presencia de bicarbonato es significativa, (en un valor aproximado correspondería a la mitad de la del calcio), su abundancia suele estar restringida a las formaciones geológicas en donde aparecen minerales de plomo, de forma que su concentración en el agua es por lo general muy baja. Se elimina por completo mediante cualquier proceso de los utilizados para eliminar el calcio. Si no se elimina mediante el ablandamiento, en un agua formadora de incrustaciones puede contribuir a este problema. (Rigola, 1999)

A continuación se presenta en el cuadro 4, los contaminantes que se encuentran en el agua en cantidades muy pequeñas, por lo tanto no representan un riesgo en el proceso de elaboración de las emulsiones.

**Cuadro 4 Contaminantes presentes en menores proporciones en el agua.**

Clase 3, Componentes terciarios, son aquellos que se encuentran en una concentración superior a 0.01 mg/l.			
ELEMENTO	PESO ATÓMICO	GRUPO	FAMILIA
Aluminio, Al. <sub>3</sub>	27	III A	metal
Arsénico, As	74.9	V A	no metal
Bario, Ba. <sub>2</sub>	137.3	II A	alcalinotérreo
Bromo, Br	79.9	VII A	haluro
Cobre, Cu. <sub>2</sub>	63.5	Y B	metal
Plomo, Pb. <sub>2</sub>	207.2	IV	metal
Litio, Li	6.9	IA	alcalino
Manganeso, Mn. <sub>2</sub>	54.9	VII B	metal
Zinc, Zn. <sub>2</sub>	63.4	II B	metal
Clase 4, Traza de componentes, los cuales se encuentran en concentraciones por debajo de 0.01 mg/l.			
ELEMENTO	PESO ATÓMICO	GRUPO	FAMILIA
Cromo, Cr	52	VI B	
Cobalto, Co	59	VIII	
Mercurio, Hg	200.6	II B	
Níquel, Ni	58.7	VIII	

(Fuente: Nalco, 1993)

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Saroma S.A. de C.V., es una empresa que se dedica a la producción de jugos, jarabes, bebidas y concentrados. Es importante resaltar que para la elaboración de estos productos, es necesario utilizar un agua bajo ciertos parámetros de calidad, con la finalidad de obtener una bebida no alcohólica y no carbonatada estable.

Esta empresa tiene dos fuentes principales de suministro de agua. Una de ellas, proviene directamente de la red municipal, en donde el agua recibe el primer tratamiento. Este líquido proviene de dos pozos diferentes.

Después de llevar a cabo los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes, esta agua es liberada bajo la etiqueta de "potable", por la red municipal, y es enviada a los diferentes lugares donde es solicitada. De esta forma llega a Saroma, donde el volumen que se recibe de este producto por cada turno de 8 horas, es de 75 litros/minuto.

Independientemente de los análisis que realiza la red municipal sobre el agua que suministra, el Gerente de Control Técnico envía una muestra de cada una (hay que recordar que el agua que llega a la sistema de la empresa es recolectada de dos pozos diferentes), a un laboratorio especializado, con la finalidad de garantizar que todas las especificaciones organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y plaguicidas del agua establecidas por la NOM-041-SSA1-1993 se encuentren dentro de los parámetros definidos por ésta y por lo tanto, sea seguro utilizar este líquido en la elaboración de emulsiones y bebidas. Cuadro 5.

La segunda fuente de abastecimiento de agua de esta empresa, proviene de un pozo ubicado en el municipio de Teoloyucan, la cual no recibe ningún tratamiento químico al ser extraída de su cuenca colectora. Cuando se deposita en la pipa de acero inoxidable, se le adiciona cloro para disminuir la materia orgánica. Antes de integrar el agua a la sistema se toma una muestra, la cual de igual forma que la anterior, será enviada a analizar, (la frecuencia con que se lleva a cabo el envío de las muestras a otro laboratorio es de aproximadamente cada seis meses); al mismo tiempo al llegar a Saroma S.A. de C.V., ésta se mezcla directamente con la de la red municipal, la cual posee de 0.6 a 0.8 ppm de cloro libre residual. Cuadro 5.

Ahora bien, en este momento, el primer paso a seguir es clorar la mezcla de estas aguas por medio de un hipoclorinador automático de 6 hasta 8 ppm de cloro libre residual para eliminar la materia orgánica existente. Por último, se toma nuevamente una muestra, la cual también será enviada para analizar.

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Debido al giro de esta empresa, y ya que en la red municipal sólo se disminuyen las concentraciones de los contaminantes hasta niveles permitidos para que ésta sea aceptada como potable, y de la fuente colectora no recibe ningún tratamiento excepto la clorinación, es necesario aplicar un tratamiento químico al agua para eliminar por completo la materia disuelta contenida en el agua, como los bicarbonatos, dióxido de carbono, magnesio, calcio, estroncio, materia coloidal, etc., que pueden afectar la calidad y estabilidad final de las bebidas.

Este objetivo se logra, a través de la utilización de equipos tales como columna de resina de intercambio catiónico, torre descarbonatadora, filtros de grava-arena, filtros pulidores, filtros de carbón activado y rayos U.V., todos ellos existentes en el sistema de tratamiento de agua de Saroma S.A. de C.V., y de los cuales se explicará su funcionamiento con más detalle al final de este capítulo.

INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Cuadro 5 Reporte de análisis fisicoquímico del agua.



Caos Química S.A de C.V

Oficinas  
 Av. Compostela del Lago No. 4-S  
 Fracc. Compostela del Lago  
 Cuauhtémoc, Edo. Mex.  
 Tel. 56-34-16-91  
 C.P. 54766

Cliente: <b>SAROMA, S.A. de C.V.</b>	Fecha: <b>02/03/2000</b>
Dirección:	Análisis No:
Analista: <b>ING. SANTIAGO FUENTES</b>	Fecha Muestra:

Muestra	Origen
A	AGUA RED 1
B	AGUA RED 2
C	PLPA
D	AGUA TRATADA

DESCRIPCION	UNIDAD	A	B	C	D
<b>PRUEBA</b>					
Temperatura	°C				
pH a 25°C		7.96	7.74	7.8	7.10
Conductividad 25°C	microsiemens	450.0	452.0	380.0	740.0
Sólidos Totales Disueltos (STD)	PPM	460.0	461.6	304.0	632.0
Sólidos Suspensivos (SS)	PPM				
Sólidos Totales (ST)	PPM				
Turbiedad (T)	FTU				
Alcalinidad Puroca "°"	como CaCO3 PPM	0	0	0	0
Alcalinidad Total "°"	como CaCO3 PPM	340.0	340.0	200.0	334.0
Sulfatos (SO4)	como SO4 PPM	70.0	74.0	61.0	82.0
Cloruros (Cl)	como Cl PPM	135.0	136.0	80.0	124.0
Silica Alto Nivel (SiO2)	como SiO2 PPM	82.0	82.0	48.0	80.0
Silica Bajo Nivel (SiO2)	como SiO2 PPM				
Dureza Total Soluble	como CaCO3 PPM	224.0	224.0	132.0	124.0
Dureza de Calcio Soluble (Ca)	como CaCO3 PPM	82.0	82.0	30.0	52.0
Dureza de Magnesio Soluble (Mg)	como CaCO3 PPM	142.0	142.0	62.0	72.0

<b>ANIONES</b>					
Hidróxidos (OH)	como CaCO3 PPM	0	0	0	0
Carbonatos (CO3)	como CaCO3 PPM	0	0	0	0
Bicarbonatos (HCO3)	como CaCO3 PPM	340.0	340.0	200.0	334.0
Sulfato (SO4)	como CaCO3 PPM	70.0	74.0	61.0	82.0
Cloruro (Cl)	como CaCO3 PPM	135.0	136.0	80.0	124.0
<b>TOTAL ANIONES</b>	como CaCO3 PPM	<b>545.0</b>	<b>550.0</b>	<b>341.0</b>	<b>540.0</b>

<b>CATIONES</b>					
Calcio (Ca)	como CaCO3 PPM	82.0	82.0	30.0	52.0
Magnesio (Mg)	como CaCO3 PPM	142.0	142.0	60.0	72.0
Sodio (Na)	como CaCO3 PPM	322.0	326.0	210.0	400.0
<b>TOTAL CATIONES</b>	como CaCO3 PPM	<b>546.0</b>	<b>550.0</b>	<b>312.0</b>	<b>524.0</b>

(Fuente: Saroma S.A. de C.V.)



#### 4.4 ANÁLISIS DEL AGUA Y SU INTERPRETACIÓN.

El denominador común de la mayor parte de los problemas del agua es la dureza. Ésta es uno de los términos que surge en el pasado y que se origina en el uso casero del agua para lavado. Se encontró que algunas aguas eran duras para utilizarlas al realizar el lavado de la ropa familiar, pues se necesitaba más jabón para producir espuma, y llegó a tanto el problema, que en algunas casas tenían barriles o sistemas para recoger el agua de las lluvias para el lavado. Esta relación entre la dureza y la espuma resultó tan fundamental que los químicos desarrollaron una solución estándar de jabón, la cual fue utilizada por mucho tiempo para determinar la dureza del agua. (Rigola, 1999)

A continuación se describirán en forma abreviada, los análisis practicados al agua utilizada en la elaboración de bebidas no alcohólicas y no carbonatadas, basados en la norma oficial mexicana NOM-041-SSA1-1993.

El objetivo de establecer métodos de análisis basados en una norma oficial mexicana es con el fin de reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales y las derivadas de su consumo. El agua en cuestión debe cumplir con las siguientes especificaciones descritas en el cuadro 6.

**Cuadro 6 Especificaciones organolépticas, físicas, fisicoquímicas, microbiológicas y plaguicidas del agua, según la NOM-041-SSA1-1993.**

Organolépticas y físicas	
Olor	Inoloro
Sabor	Inapetido
Color	(Límite máximo) 15 Unidades de color verdadero* en la escala de platino-cobalto
Turbiedad	5 NTU (Unidades Nefelométricas)
Fisicoquímicas	
pH	6.5 - 8.5
Alcalinidad	Límite máximo 300.00 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Aluminio	0.20 mg/l
Arsénico	0.05 mg/l
Bario	0.70 mg/l
Cadmio	0.005 mg/l
Cianuros como CN-	0.05 mg/l
Cloro residual libre después de un tiempo de contacto mínimo 30 minutos	0.10 mg/l

INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

<b>Físicoquímicas</b>	
Cloruros como Cl	250.00 mg/lit
Cobre	1.00 mg/lit
Cromo total	0.05 mg/lit
Dureza total	200.00 mg/lit como CaCO <sub>3</sub>
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001 mg/lit
Hierro	0.30 mg/lit
Fluoruros como F	0.70 mg/lit
Manganeso	0.05 mg/lit
Mercurio	0.001 mg/lit
Nitritos como N	10.00 mg/lit
Nitritos como N	0.05 mg/lit
Nitrógeno amoniacal como N	0.50 mg/lit
Nitrógeno orgánico total como N	0.10 mg/lit
Oxígeno consumido en medio ácido	2.00 mg/lit
Plata	0.05 mg/lit
Plomo	0.02 mg/lit
Sólidos disueltos totales	500.00 mg/lit
Sulfatos como SO <sub>4</sub> =	250.00 mg/lit
Zinc	3.00 mg/lit
<b>Microbiológicas</b>	
Mesófilos aerobios	100 UFC/ml
Coliformes totales	NMP/100 no detectable
Vibrio Cholerae	Negativo
<b>Plaguicidas</b>	Límite máximo
Aldrín y Dieldrín (separados o combinados)	0.03 microgramos/lit
Clordano (total de isómeros)	0.30 microgramos/lit
DDT (Dicloro difenil tricloro etano)	1.00 microgramos/lit

(Fuente: NOM-041-SSA1-1993)

### 1. Determinación de color.

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes. El agua pura sólo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a el humus de los bosques o de la materia vegetal de los pantanos y áreas de poca profundidad. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso. Al determinar éste, el color de interés es el llamado color verdadero y no el aparente.

## INDUCCIÓN GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Esto se expresa en unidades de color estándar, el que se define por la American Public Health Association, como sigue: "El 'color' o 'color verdadero' del agua deberá considerarse como aquél que es debido únicamente a sustancias en solución, esto es, es el color del agua después de que la materia suspendida ha sido removida. La determinación precisa de color en el agua que contiene materia en suspensión es imposible. La remoción de materia suspendida por centrifugación antes de que las observaciones de color se hagan, da los mejores resultados. No se usarán filtros, ya que estos ejercen una marcada acción decolorante. El método platino-cobalto para medir el color, será considerado como estándar, y la unidad de color será la producida por un miligramo de platino en un litro". (Rigola,1999)

Los estándares de color se preparan usualmente por diluciones apropiadas de una solución estándar que preferiblemente se hace de acuerdo con las autoridades mencionadas como sigue:

"Disolver 1.245 g de cloroplatinato de potasio ( $K_2PtCl_6$ ) conteniendo 0.5 g de platino y 1 gramo de cloruro cobaltoso cristalizado ( $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ) tiene cerca de 0.248 g de cobalto, con 100 ml de ácido clorhídrico concentrado, diluir a un litro con agua destilada. Esta solución tiene un color de 500 ppm (o también 500 mg de platino en un litro; o 500 unidades de color), la cual es de color rosado". (Rigola,1999)

### Procedimiento.

Para preparar los patrones que tengan colores de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 y 70 unidades de color (también ppm o mg/l), se diluyen 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ml, etc., de la solución madre platino-cobalto la cual tiene 500 unidades de color, con agua destilada, hasta un volumen de 50 ml en los tubos de Nessler. Estos patrones se conservan durante 6 meses si se protegen del polvo y de la evaporación. (Rigola,1999)

Se recomienda efectuar la observación, mirando verticalmente hacia abajo a través de los tubos contra una superficie blanca o contra un espejo colocado en ángulo tal que la luz se refleje hacia arriba a través de las columnas del líquido. Como los patrones se leen directamente en partes por millón o miligramos por litro, el patrón que iguala la muestra registra el color. (Rigola,1999)

Si la medición del color se realiza por medio del espectrofotómetro, debe utilizarse agua destilada para calibrar el equipo a una longitud de onda = 100 nanómetros. La longitud de onda a la cual se determina la medición es  $\lambda = 450$  nm. Este análisis se efectúa al agua del pozo de Teoloyucan, a la de la red municipal y al agua cuando ya fue tratada.

## **2. Determinación de turbiedad (método nefelométrico).**

La turbiedad es el efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión. Puede ser causada por el cieno extraído del suelo, por escurrimientos superficiales que contienen materia suspendida, orgánica y mineral y por organismos microscópicos. La medición de ésta es importante por ser uno de los factores visuales que influyen en la aceptación del agua por el consumidor. (NOM-041-SSA1-1993)

La turbiedad puede ser determinada para cualquier muestra de agua que esté libre de desechos y sedimentos de arena. El vidrio sucio, la presencia de burbujas y los efectos de vidriación alteran la visibilidad superficial de la muestra originando resultados falsos. La presencia de color verdadero, esto es, el color del agua debido a sustancias disueltas que absorben la luz, causarán valores bajos de turbiedad. Al igual que el color, este parámetro es analizado a cada lote de agua que llega, tanto del pozo de Teoloyucan como de la red municipal, así como al agua ya tratada.

## **3. Determinación del pH.(Método electrométrico).**

Se basa en la determinación de la actividad de Iones Hidrógeno ( $H^+$ ) medidos en un potenciómetro usando un electrodo de vidrio y otro de referencia. La fuerza electromotriz producida por el sistema de electrodos es proporcional al pH de la solución problema. (NOM-041-SSA1-1993)

Cuando la muestra de agua tenga una concentración alta de Iones sodio (pH arriba de 10) se debe tener cuidado, ya que los electrodos ordinarios de vidrio pueden producir lecturas erróneas, por lo cual el aparato debe estar provisto de un diagrama de "corrección de sodio", o bien, se pueden utilizar electrodos especiales. (NOM-041-SSA1-1993)

El medidor de pH debe ser capaz de medir el pH en el intervalo de 0 a 14 por medio de un electrodo de vidrio y otro de referencia, o bien con un electrodo combinado. Debe calibrarse conforme a las especificaciones del fabricante, con una solución reguladora patrón cuyo pH se encuentre cerca de aquel que se desea medir y comprobarse usando otras dos soluciones de diferente pH, uno menor y otro mayor de aquel en que se realizó la calibración. La diferencia entre cualquiera de las 3 lecturas y el pH propio de la solución patrón, no debe exceder a 0.1 unidades de pH. Para fines de calibración, se permite el empleo de soluciones preparadas o semipreparadas, siendo la responsabilidad del usuario de las mismas su correcta concentración (soluciones de glucosa). (NOM-041-SSA1-1993)

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

A la temperatura ambiente de 25°C y para cualquier voltaje de entrada, el error de indicación debido a la inexactitud de la calibración no debe exceder a 0.1 unidades de pH. Las lecturas del aparato deberán permitir una resolución de 0.1 unidades de pH.

Efectuar la determinación del pH de la muestra a la temperatura de 25°C o a la que fue calibrado con las soluciones patrón de acuerdo con las indicaciones del manual del aparato. Se pueden efectuar determinaciones a otras temperaturas siempre y cuando el medidor de pH esté equipado con los mecanismos compensadores (sensores de temperatura). No se requiere hacer cálculos, el resultado se lee directamente en la carátula del aparato.

#### 4. Determinación de acidez o alcalinidad total.

La acidez o alcalinidad presente en el agua, se mide por titulación con una solución valorada de un álcali o un ácido según sea el caso y estos dependen de la concentración de los iones hidroxilos (OH), carbonato (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> y bicarbonato (HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup>. (NOM-041-SSA1-1993)

La existencia de cloro libre residual causa la decoloración del indicador de fenofteína y anaranjado de metilo. Para evitar esto, se agrega solución de tiosulfato de sodio 0.1 N en una cantidad ligeramente superior al equivalente del cloro. (NOM-041-SSA1-1993)

Procedimiento.

#### Determinación de alcalinidad.

Usar un volumen de muestra que requiera un gasto de ácido clorhídrico estandarizado menor de 25 ml. Ajustar la temperatura de la muestra a la temperatura ambiente. Si se encuentra presente cloro libre residual agregar 0.05 ml (1 gota) de solución 0.1 N de tiosulfato de sodio. Agregar 0.2 ml (5 gotas) de la solución indicadora de anaranjado de metilo y titular con agitación sobre una superficie blanca hasta lograr un vire persistente a rosa carnela. Otra forma de llevar a cabo la titulación es con un potenciómetro hasta alcanzar un pH de 4.6. (NOM-041-SSA1-1993)

Alcalinidad (mg de CaCO<sub>3</sub> / litro) =  $A \times B \times 50\,000 / \text{ml muestra}$  .....(1)

donde:

A = ml de ácido clorhídrico gastado

B = normalidad del ácido clorhídrico, 0.1 N

Determinación de acidez.

Titular un volumen de muestra que produzca un gasto de la solución estandarizada de hidróxido de sodio menor de 25 ml. Agregar 0.2 ml (5 gotas) de la solución indicadora de fenolftaleína o anaranjado de metilo, en caso de que la muestra tenga cloro libre residual; adicionar 0.05 ml de solución de tiosulfato de sodio 0.1 N antes de agregar el indicador. Titular con agitación. El punto final de la titulación se alcanza cuando aparece el ligero color rosa a pH de 8.3 o pH de 4.6 dependiendo del indicador usado. (NOM-041-SSA1-1993)

$$\text{Acidez (mg de CaCO}_3 \text{ / litro)} = A \times B \times 50 \ 000 \text{ / ml de la muestra} \dots\dots\dots(2)$$

donde:

A= mililitros de la solución NaOH gastados

B= normalidad de la solución de NaOH, 0.1 N

**5. Determinación de cloruros ( método argentométrico).**

La determinación argentométrica de los cloruros se basa en la formación de cromato de plata de color rojizo, esto ocurre cuando se adicionan al agua iones cromato como indicador y iones plata como reactivo precipitante. Titulando con una solución valorada de nitrato de plata se determina la cantidad necesaria para precipitar todos los cloruros como cloruro de plata e inmediatamente se observa la formación de cromatos de plata de color rojizo y en ese momento se anota el volumen de solución de nitrato de plata utilizado y se calcula la concentración de cloruros existentes en el agua. (NOM-041-SSA1-1993)

Análisis de la muestra.

- Tomar 100 ml de muestra.
- Ajustar el pH de la muestra entre 7 y 10 con ácido sulfúrico 1 N o hidróxido de sodio 1N, utilizando un potenciómetro o solución de fenolftaleína.
- Agregar 1.0 ml de solución indicadora de cromato de potasio.
- Titular con la solución valorada de nitrato de plata hasta el vire de amarillo a rojo ladrillo.
- Analizar un testigo con agua en la misma forma que las muestras.

La concentración de cloruros se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$(\text{mg / litro}) \text{Cl}^- = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{V} \dots\dots\dots(3)$$

INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

donde:

A= Volumen en ml de solución de nitrato de plata empleados en titulación de la muestra.

B= Volumen en ml de solución de nitrato de plata empleados en la titulación del testigo.

V= Volumen de la muestra en ml tomados para la determinación.

N= Normalidad del nitrato de plata, 0.014 N

**6. Determinación de dureza total (método del EDTA).**

Este método emplea como indicador el negro de eriocromo T, el cual al ser agregado a una solución que contenga iones calcio y magnesio reacciona formando complejos de un color rojo vino. Después se adiciona la solución de EDTA que remueve los iones calcio y magnesio de los complejos coloridos formando complejos solubles. Cuando ha sido agregada suficiente solución de EDTA, para liberar todos los iones calcio y magnesio, el indicador regresa a su color azul original. (NOM-041-SSA1-1993)

Determinación de la muestra.

- Tomar 50 ml de la muestra o alícuota llevada a 50 ml con agua (se recomienda que el volumen de la muestra a tomar no gaste más de 15 ml de solución de EDTA).
- Ajustar a un pH de  $10 \pm 0.1$  adicionando el volumen necesario de solución amortiguadora (generalmente 1 a 2 ml).
- Agregar una cantidad adecuada del indicador negro de eriocromo T en polvo.
- Titular con la solución de EDTA hasta el vire rojo-azul. Se recomienda que el tiempo de titulación no pase de 5 minutos desde el ajuste de pH.

La concentración de dureza en mg/l como CaCO<sub>3</sub> se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza total} = V \times 1000 \times F / M \dots\dots\dots(4)$$

donde:

V= Mililitros de solución de EDTA gastados en la titulación

F= Factor de la solución de EDTA, 0.8 mg/l como CaCO<sub>3</sub>

M= Mililitros de muestra tomada para la determinación

### 7. Determinación de cloro libre residual (Método de la ortotolidina).

Cuando se agrega cloro al agua, reacciona con sustancias orgánicas y otras que destruyen su poder desinfectante. Por este motivo se necesita agregar una cantidad de cloro que sea suficiente para que reaccione con todas las diversas sustancias y aun quede un exceso o cantidad residual, si se quiere destruir las bacterias. Este cloro residual puede quedar en estado libre, el cual tiene un rápido poder desinfectante; puede quedar combinado con amoníaco formando cloraminas, que son menos activas; o puede quedar absorbido por la materia orgánica formando compuestos orgánicos clorados relativamente inactivos con poco o nulo poder desinfectante. Puede asegurarse un cloro residual que consista de cloro libre, empleando una cantidad de cloro suficiente para oxidar la materia orgánica. En el control de la cloración es importante saber si el cloro residual queda como cloro libre o como cloro combinado, que es una forma menos activa. La prueba de la ortotolidina puede usarse para este propósito. Esta prueba mide el cloro libre residual, tal como se emplea para lograr una desinfección más efectiva o para destruir los sabores y olores. Cuando se agrega el reactivo de ortotolidina a una agua que contiene cloro, se desarrolla un color amarillo verdoso cuya intensidad es proporcional a la cantidad de cloro residual presente. El cloro libre residual reacciona en forma instantánea con este reactivo, llevándose menos de 15 segundos en aparecer la coloración indicada. (Herman y Hillboe, 1964)

Procedimiento (para aplicarse con el comparador de Wallace and Tieman).

- Reténganse las muestras hasta que se complete el período de contacto de 10 minutos que se requiere, a no ser que haya transcurrido un tiempo mayor desde la aplicación del cloro hasta la recolección de la muestra.
- Colóquese la muestra de agua en una celdilla, sin llegar hasta el aforo.
- A la celda agréguese un gotero completo de reactivo ortotolidina, y llénese hasta el aforo con la muestra. Déjese reposar durante 5 minutos.
- Hágase coincidir el color obtenido de esta celda con cualquiera de los discos del comparador.
- El valor que se lee es directamente el cloro libre residual. (Herman y Hillboe, 1964)

Finalmente, los resultados que se leen directamente en el comparador, se dan en mg/l de cloro libre residual. A continuación se muestra en el cuadro 7 con los análisis que se aplican al agua en Saroma S.A. de C.V., y los parámetros establecidos por esta empresa, cabe resaltar que estos valores se encuentran estrictamente controlados y por debajo de los límites superiores permitidos por la NOM-SSA1-041-1993, dentro de los cuales se garantiza tanto una emulsión como una bebida refrescante estable.



**Cuadro 7 Análisis fisicoquímicos y parámetros establecidos del agua, aplicados en Saroma S.A. de C.V.**

Tipo de Análisis, aplicado en Saroma S.A. de C.V.	Parámetro establecido por Saroma S.A. de C.V., dentro del cual, puede elaborar sus productos.
Determinación de color, por medio del espectrofotómetro	$\lambda = 450$ nanómetros, Transmitancia: 100 %, Absorbancia 0 %
Determinación de turbiedad, por medio del turbidímetro.	0 - 1 NTU, no mayor.
Determinación de pH, por medio del método electrométrico.	6.8 - 7.2, a 25°C
Determinación de alcalinidad total	Menor o igual a 150 mg/lit como $\text{CaCO}_3$
Determinación de cloruros.	No mayor a 20 mg/lit como $\text{CaCO}_3$
Determinación de dureza	100 mg/lit como $\text{CaCO}_3$
Determinación de cloro libre residual, método de la ortotolidina	0 - 0.2 ppm

(Fuente: Saroma S.A. de C.V.)

Al establecer un sistema de tratamiento de agua, es necesario llevar a cabo un control sobre los equipos que lo integran, para garantizar que el agua que se obtenga se encontrará dentro de los parámetros deseados. En este caso, Saroma S.A. de C.V., cuenta con una columna de resina de intercambio catiónico, en cuya salida se muestra el agua y se llevan a cabo parte de los análisis descritos para ésta. El agua debe chequearse al salir de este equipo, aplicando el análisis de dureza total, debiendo obtener un valor entre 0-30 mg/lit como  $\text{CaCO}_3$ . Si el valor comienza a exceder este límite, se procederá a la regeneración de la columna en donde el pH y la dureza total determinan si esta operación se llevó a cabo correctamente; actividad que se describirá con más detalle al final de este capítulo.

Por otra parte, y al final del tratamiento químico del agua, cuando ya se tiene el 100% del flujo a ocupar en el tanque de almacenamiento para elaborar los productos correspondientes, se clora el agua a manera de obtener sólo 0.2 ppm de cloro libre residual, con la finalidad de evitar una post-contaminación en el líquido ya tratado. Posteriormente, el agua será evaluada por el Departamento de Control de Calidad con la finalidad de liberarla, darle control de calidad y poder utilizarla, aplicando los análisis descritos en este apartado.

#### 4.5 USOS DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

La calidad de agua requerida depende de su uso, ya que la tolerancia para algunas impurezas varía con éstos, la calidad del líquido requerida en cada caso puede diferir de forma sorprendente. Si un agua dura es adecuada para ciertos usos, no hay ninguna necesidad de tratar la porción requerida para ellos. Para aquellas porciones requeridas para otros usos, puede ser necesario únicamente una forma de tratamiento, tal como ablandamiento, mientras que en otros casos pueden requerirse tratamientos separados. (Fuentes, 1999)

Si el agua dura no es apropiada para todos los usos de la planta, es decir si es muy turbia, si tiene alto color o contiene hierro y manganeso, puede emplearse una planta central para eliminar estas impurezas como por ejemplo, tratamiento de agua para calderas, torres de enfriamiento y chillers, además de entregar un agua aceptable dentro de los parámetros establecidos para la elaboración de aguas refrescantes y usos generales, seguida de cualquier otro tratamiento que se pueda requerir para proveer agua de calidad adecuada para el uso que se desee. (Herman y Hillboe, 1984)

Para ciertas aplicaciones, la calidad del agua requerida es tan alta, que es necesario la remoción completa de todas las impurezas, sin embargo, para la mayoría de las aplicaciones, no es necesario obtener una elevada calidad de este líquido, pues sería por completo incosteable e innecesario, en lugar de esto, lo que sólo se requiere es remover todas aquellas impurezas que sean dañinas o reducir las a límites permisibles. El agua tiene los siguientes usos: (Potter, 1973)

##### 1. Agua de alimentación de calderas.

En este caso, si se trata de calderas que operan a baja presión, es suficiente con remover la dureza y meter un desincrustante multifuncional (mezcla de químicos y tensoactivos para no dañar las tuberías), lo que puede ser efectuado usando un intercambiador catiónico. Para calderas que operen a una presión un poco más alta, la remoción de la dureza y la reducción de la alcalinidad y sólidos totales, puede ser requerida, y esto se lleva a cabo por un proceso en caliente o por un tratamiento en dos pasos, cal en frío o intercambio catiónico. Para calderas que operan a presiones aún más altas, puede requerirse no sólo la remoción de la dureza y la reducción de los sólidos totales y alcalinidad, sino también se requerirá de una reducción en el contenido de sílice, y esto se puede efectuar en un proceso donde se lleve a cabo un proceso de ablandamiento con cal en caliente (Potter, 1973)

## 2. Agua de enfriamiento.

Los tratamientos de aguas de enfriamiento, también difieren de acuerdo con la composición del agua cruda y de su uso: a) un paso y al drenaje, b) un paso y luego usadas para otros propósitos, c) recirculadas en un sistema abierto con torres de enfriamiento, d) recirculadas en sistemas cerrados. En el caso (a), posiblemente no se requiere tratamiento, puede ser que sólo se lleve a cabo la clorinación, mientras que para las demás, la posible reducción de la dureza de bicarbonato debe ser necesaria por ablandamiento con cal, además de meter un desincrustante, también es necesario adicionar un alguicida ya que como es un sistema de aereación se genera el crecimiento de algas. Para el caso (b), el agua puede ser tratada de tal forma que pueda ser utilizada con el propósito de enfriamiento así como usos posteriores, llevando a cabo la reducción de la dureza de bicarbonato por el proceso de cal en frío, o llevando a cabo un ablandamiento por intercambio catiónico. Para el caso (c), se requerirá un tratamiento de cal en frío más una pequeña dosis de ácido y por último para el caso (d), se llevará a cabo la desmineralización por proceso de intercambio iónico. (Potter,1973)

## 3. Agua destinada a la elaboración del producto.

La calidad de agua requerida para diferentes procesos varía en un rango amplio. Es importante resaltar que al observar un mejoramiento en la calidad del agua de proceso no sólo mejora la calidad del producto final, sino que también se observa un resultado positivo en la economía del proceso y en el mantenimiento. (Potter,1973)

Algunas aguas, pueden no requerir ningún tratamiento, o posiblemente sólo clorinación para ser usadas en ciertos procesos. Otras pueden requerir sólo una reducción en la dureza de calcio. Por otra parte, muchos procesos requieren un agua prácticamente libre de dureza. (Potter,1973)

Respecto a la remoción prácticamente completa de impurezas, ha habido siempre algunos procesos que demandan alta calidad de agua, pero hasta el descubrimiento de los procesos de desmineralización por intercambio iónico, el único método disponible y bastante costoso, era la destilación. Debido a esto, el uso de esta agua se encontraba restringido sólo para aquellos procesos en donde era sumamente necesario ocuparla. (Potter,1973)

Posteriormente mencionaré en este capítulo, el sistema de tratamiento de agua ocupado por esta empresa que consiste en clorinación, filtración, columna de resina de intercambio catiónico, torre descarbonatadora, filtros pulidores y rayos U.V., para obtener la calidad del agua requerida para elaborar los productos en Saroma S.A. de C.V.

#### **4. Agua para usos generales.**

El agua que se suministra para el uso del personal, debe cumplir con calidad bacteriológica y deberá también estar libre de olores y sabores objetables. Por lo que respecta al agua para lavaderos, regaderas, etc., no debe ser muy dura. En muchos casos se requiere llevar a cabo un ablandamiento, en donde es necesario ocupar agua caliente, y este proceso se lleva a cabo antes de pasar a los calentadores. (Potter, 1973)

Cuando se efectúa en las plantas cualquier operación de lavado, toda el agua usada, tanto caliente como fría, deberá ablandarse por un proceso de intercambio catiónico, ya que el agua completamente blanda es mucho mejor para otras muchas operaciones de limpieza. El agua requerida para limpieza de suelos no requiere tratamiento. En este apartado se desarrollará con más interés el uso del agua que se le da en la industria de las bebidas, pues es el tema que nos compete.

##### **4.5.1 Calidad del agua requerida en la industria de bebidas no carbonatadas y no alcohólicas.**

Este sector de la industria es un gran consumidor de agua, de la cual parte de ella, se convierte en parte del producto terminado. El agua que se requiere en este tipo de industria está dividida en dos partes: a) agua usada para hacer las bebidas propiamente y b) el agua que resta, usada para el lavado de botellas, propósitos generales y alimentación de calderas. La cantidad de agua en la manufactura de este tipo de bebidas, se calcula a partir de la capacidad total de las botellas (250 ml, 500 ml, 720 ml, 1 lt., 1.5 lt., 3.785 lt., 10 lt., 20 lt. y 50 lt.), que deberán llenarse en el término de un día más el 15% de producto que se tira debido a imperfecciones en producción. El agua usada para el lavado de porrones y botellas más una pequeña parte que se requiere para propósitos generales y alimentación de calderas, se estima en 2 litros (los únicos envases que llegan a reciclarse son los porrones con capacidad de 50 lt.). En general esta cantidad representa de 10 a 15 veces más que el agua usada en la fabricación de la bebida. El agua a utilizar para preparar tanto la emulsión como la bebida refrescante, deberá estar exenta de turbidez, color, sabor y olor, también deberá ser bacteriológicamente apropiada para beber, además de tener baja la alcalinidad, no mayor de 150 ppm, mientras que el agua para lavar los porrones y botellas, usos generales y alimentación de calderas, deberá ser suave, preferiblemente con un valor que tienda a 0 ppm. (Nalco, 1993)

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

De manera general, todas las industrias de bebidas trabajan con agua municipal, y aún cuando estas fuentes suelen tener agua de alcalinidad baja, libre de turbidez, color, sabor y olor, muchos empresarios instalan filtros de grava-arena y de carbón activado como una seguridad extra contra cualquier posibilidad de que en la fuente de abastecimiento se desarrollen sabores y olores. Si la alcalinidad del agua es mucho mayor que 150 ppm, el equipo que comúnmente se usa es el siguiente: 1) ablandador con cal, 2) filtros de arena y calcita, y 3) filtros de carbón activado. Ocasionalmente se instala después un filtro con hojas de papel o los filtros de carbón tienen una capa de arena bajo la capa de carbón. En casos limitados se usan intercambiadores de iones en lugar de los ablandadores de cal para disminuir la alcalinidad. En algunas plantas, además de la adición de hipoclorito o cloro, hacen uso de esterilizadores con luz ultravioleta, ozonizadores, etc.

Los equipos esterilizadores más elaborados, no suplen la falta de cuidado en el manejo de los jarabes o en las operaciones de embotellado, pues pueden aparecer crecimientos de tipo orgánico, que además del agua, son factores que deben revisarse cuidadosamente. En muchas plantas modernas, es un procedimiento establecido la esterilización periódica de los filtros de carbón con vapor. El agua usada para lavar botellas, porrones, uso general y alimentación de calderas, deberá ser preferiblemente de dureza cero. Para este fin, se emplea el intercambiador catiónico. Las calderas operan principalmente con retornos de condensado, la cantidad de agua para alimentación de calderas es relativamente pequeña, pero donde se dispone de agua blanda debe usarse para alimentar la caldera. (Nalco, 1993)

### 4.6 TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA.

#### 4.6.1. En la red municipal.

Debido a que el agua es básica para la vida, el interés público por el control de su calidad es muy grande. Esto ha creado una demanda por las plantas modernas de tratamiento, por los operadores entrenados y por una cuidadosa vigilancia del tratamiento químico y de la calidad del agua. El consumo de agua per cápita variará dependiendo del tamaño del municipio. El uso del agua depende principalmente de la disponibilidad de los recursos hidráulicos, de las variaciones climáticas y estacionales y del costo del agua terminada. Con el paso de los años las normas de calidad del agua se han vuelto más estrictas debido a la demanda pública y a la preocupación por los contaminantes existentes en ella. Además de la relación que tienen éstos con la salud, es necesario resaltar que su presencia y cantidad pueden afectar tanto la calidad como la estabilidad de las emulsiones y las bebidas, cuadro 8. (Todd, 1970)

INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Cuadro 8 Normas de agua potable de la Organización Mundial de la Salud

Constituyente mg/lit	1950, internacional			1981, europea	
	Límite permisible	Límite excesivo	Límite máximo	Límite recomendado	Límite de tolerancia
Amoníaco	---	---	---	0.5	---
Arsénico	---	---	0.2	---	0.2
Cadmio	---	---	---	---	0.05
Calcio	75	200	---	---	---
Cloruro	200	600	---	350	---
Cromo	---	---	0.05	---	0.05
Cobre	1.0	1.5	---	0.05*	---
Cianuro	---	---	0.01	---	0.01
Fluoruro	---	---	---	1.5	---
Hierro	0.3	1.0	---	0.1	---
Plomo	---	---	0.1	---	0.1
Magnesio	50	150	---	125 <sup>†</sup>	---
Manganeso	0.1	0.5	---	0.1	---
Nitrato	---	---	---	50	---
Oxígeno	---	---	---	5.0	---
Fenoles	0.001	0.002	---	0.001	---
Selenio	---	---	0.05	---	0.05
Sulfato	200	400	---	250	---
Sólidos totales	500	1500	---	---	---
Zinc	5.0	15.0	---	5.0	---

\* Puede ser más alto para tuberías nuevas; † Si hay 250 mg/l de SO<sub>4</sub>, presente, el Mg no debe exceder 30 mg/l.  
(Fuente: Nalco, 1993)

Las características del agua cruda varían mucho, y las mayores diferencias se encuentran entre el agua superficial y la subterránea, entre el agua dura y la blanda, y entre el agua de río comparada con el agua de depósitos. Estas diferencias presentan necesidades de variables en cuanto al control de algas, a la remoción de turbiedad, al ablandamiento, a la aplicación de cloro para evitar una post-contaminación y a la esterilización. (Todd, 1970)

Las aguas muy contaminadas tienen requerimientos adicionales respecto a la remoción de productos orgánicos. Algunas aguas tienen contaminantes inorgánicos que son también indeseables. En general, los abastecimientos de agua dentro de una región geológica definida son semejantes. Ha habido una tendencia hacia el agua superficial debido a su disponibilidad y para hacer mínimos los riesgos de hundimiento de terreno debido a la extracción no controlada del agua subterránea. En el cuadro 9 se muestran las impurezas típicas del agua y los métodos comunes de tratamiento. (Nalco, 1993)

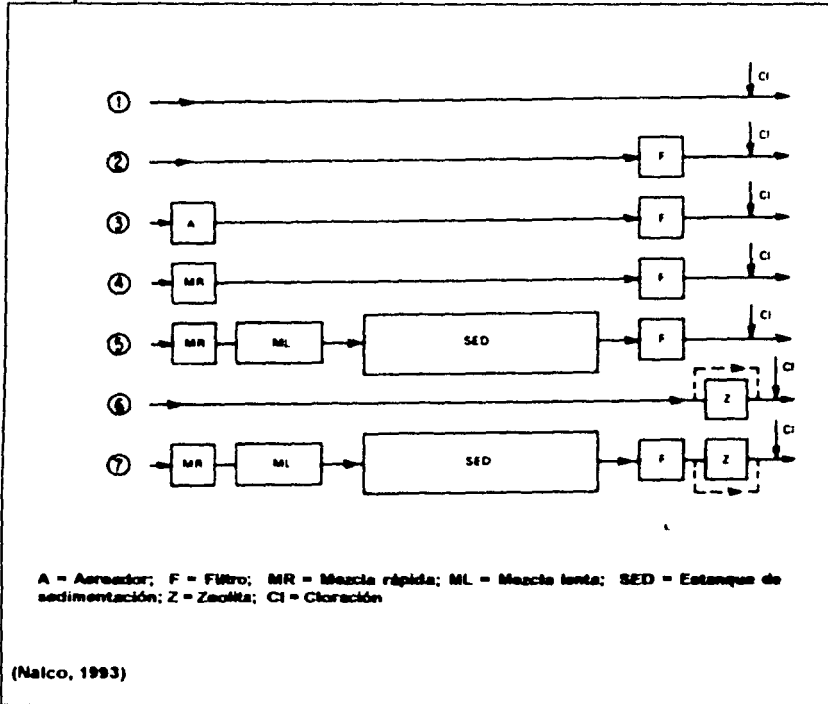
**Cuadro 9 Impurezas típicas del agua y métodos comunes de tratamiento**

Tratamiento típico	Superficial					
	Turbiedad	Sabor y olores	Dureza	Color	Hierro/ manganeso	Algas
Preaeración		X			X	
Filtración sola con o sin productos químicos	X			X	X	X
Intercambio iónico			X		X	
Ablandamiento de una o dos etapas	X	X	X	X	X	X
Clorificación química y filtración	X	X	X	X	X	X
Cloración		X		X	X	X

(Fuente: Nalco, 1993)

Ahora bien, el tipo de tratamiento que se practique en una municipalidad dada depende mucho de las características del agua cruda. Siempre que sea posible, los recursos hidráulicos se adquieren y se mantienen en forma que requieran una cantidad mínima de tratamiento, reduciendo así los costos de capital y de operación para el municipio. La elección del tratamiento óptimo depende de las condiciones locales y del nivel de impureza. En la figura 4 se muestra un resumen simple de los varios procesos usados para el tratamiento del agua municipal.

Figura 4 Esquema simplificado de los diagramas de flujo del tratamiento de aguas municipales.



En el mayor número de municipios se usa simplemente el esquema mostrado por la trayectoria del flujo no. 1, tomando el agua de un pozo, clorándola y bombeándola directamente al sistema de distribución. En algunos casos con este esquema puede aplicarse algún producto químico como el polifosfato, haciendo así mínimas tanto la incrustación como la corrosión. (Nalco, 1993)



## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

La trayectoria no. 2, muestra sólo la adición de un sistema de filtración lenta por medio de arena. Debido a las limitaciones que este filtro presenta en cuanto a su capacidad para la retención de sólidos suspendidos, éste sólo se aplica a aguas de excelente calidad donde la post-cloración puede asegurar un agua potable segura. (Nalco,1993)

En la trayectoria no. 3, se muestra la adición de un aerador antes del filtro para eliminar los sabores y olores y para oxidar el hierro. Usualmente después se añade cal para elevar el pH hasta cerca de 8.0-8.5 y luego floculante, ya que el precipitado de hierro suele ser coloidal. (Nalco,1993)

En la trayectoria no. 4 se muestra lo que se considera el equipo mínimo para tratamiento, y por lo general se limita a aguas en las que se encuentran bajas concentraciones homogéneas de sólidos suspendidos que dependen de la presencia estacional de algas y en las que la desinfección final pueda garantizar un agua terminada segura para el municipio. La operación de mezcla rápida (MR), se lleva a cabo para mantener en suspensión las partículas coloidales, sin adicionar algún agente químico. (Nalco,1993)

En el manejo de aguas superficiales que contengan sólidos suspendidos en una gran cantidad, los dispositivos de mezclado de la trayectoria 4 van seguidos por un floculador de mezclado lento y un estanque de sedimentación en la trayectoria no. 5, proporcionando la retención para el asentamiento de la mayor parte de los sólidos floculados para que la carga en el filtro se reduzca considerablemente. Esta retención sirve también para la desinfección del agua cruda, con la adición de cloro junto con los coagulantes químicos, o adelante para disminuir la demanda final de cloro. El paso de precloración pueden mejorar la floculación al destruir algunos contaminantes orgánicos. Esto también evita que los sólidos sedimentados suban a la superficie cuando se forman gases. (Nalco,1993)

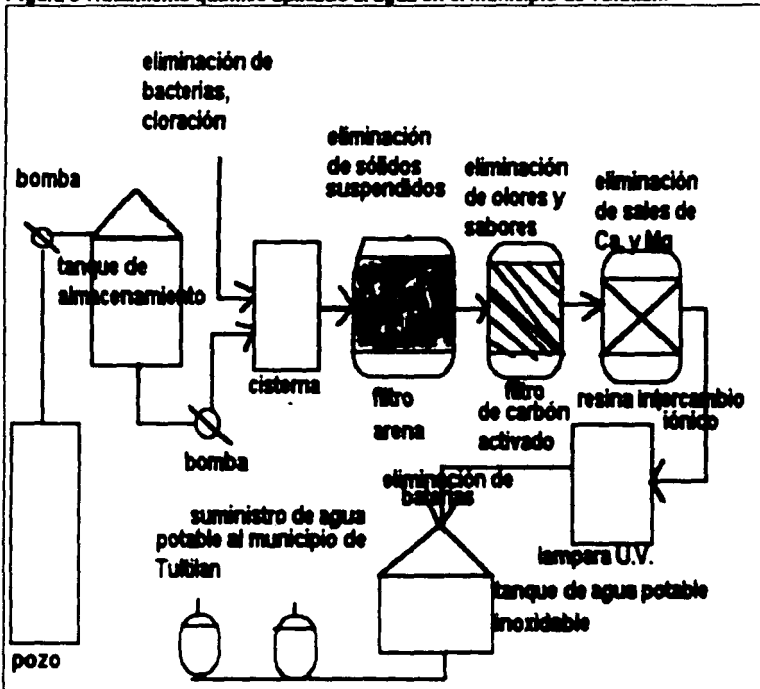
En algunos casos en los que el agua ya está clara, el problema principal puede ser causado por el calcio y el magnesio. En la trayectoria de flujo no. 6, esta agua se ablanda por medio de ablandadores con zeolita. Parte del agua se desvia de modo que el efluente pueda tener una dureza controlada a 100-150 mg/ft. (Nalco,1993)

La trayectoria final del flujo no. 7, incluye no sólo la clarificación del agua superficial, sino también el ablandamiento final al pasar una porción del efluente a través de una unidad de zeolita. En este esquema, en el tanque de sedimentación puede efectuarse un ablandamiento con cal al mismo tiempo que la clarificación, para reducir la carga en la unidad de zeolita. (Nalco,1993)

(2) El ablandamiento con zeolita es el proceso de intercambio iónico más antiguo y más simple. Elimina la dureza del agua, incluyendo el hierro y el manganeso. Cuando el lecho intercambiador de iones está saturado con los constituyentes de la dureza, el intercambiador se regenera con una salmuera de cloruro de sodio. (Nalco, 1993)

A continuación en la figura no. 5, se muestra cómo se lleva a cabo el tratamiento químico del agua en el municipio de Tutitlán, cuya agua es suministrada a la empresa Saroma S.A. de C.V.

Figura 5 Tratamiento químico aplicado al agua en el municipio de Tutitlán.



(Cortesía de Saroma S.A. de C.V.)

#### 4.6.2. Tratamiento químico aplicado al agua en Saroma S.A. de C.V.

En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo del sistema de tratamiento de agua que a continuación se describe:

##### 1. Entrada del suministro de agua de la red municipal. (S-RD)

En este lugar se encuentran:

a) Cisterna de almacenamiento del agua, cuya ubicación se encuentra dentro de un área cuadrada perfectamente tapada y comparte este espacio con las bombas de desplazamiento positivo.

b) A una distancia prudente de la cisterna, se localiza el hipoclorinador automático.

▲ En vigilancia se tienen flujómetros, en donde este personal se encarga de registrar en bitácoras cada 8 horas el flujo que se tiene en la cisterna.

▲▲ Cada mañana, de todos los días, se checan las partes por millón de cloro que tiene el agua. Como ya se mencionó con anterioridad, el hipoclorinador utilizado es automático, el cual posee un sensor que es calibrado para que dosifique la diferencia de cloro en el agua a las partes por millón que uno desee, dependiendo de la materia orgánica que exista en el agua.

Este chequeo se lleva a cabo cada dos horas, por el Departamento de Control de Calidad.

##### 2. Sistema Hidroneumático. (S-HD)

El agua es enviada, por medio de este sistema, tanto a servicios generales como al tratamiento de agua. Este equipo opera a una presión entre 3 y 4 kg./cm<sup>2</sup>.

▲ Este sistema opera como un compresor de aire, la diferencia se encuentra en que este equipo a la presión determinada, envía agua. Este tanque tiene un espesor adecuado para soportar la presión interna, además de contener manómetros que la indican, ya que al llegar a la que se requiere este equipo envía el líquido a los lugares designados.

▲▲ En este sistema, se tiene un arreglo de bombas de desplazamiento positivo, las cuales se encuentran conectadas en by pass. Este arreglo tiene la finalidad de poder dar mantenimiento a las bombas sin detener el proceso de tratamiento de agua y prolongar la vida de operación, pues al llegar a la temperatura de 35°C, la bomba que está trabajando para y envía por medio de un sensor, una señal a la bomba que está en reposo para que comience a funcionar.

▲▲▲ En el agua que se destina a servicios generales no se lleva un control de flujo.

### 3. Filtro de arena - grava. (F-401)

El primer filtro por el que atraviesa el agua es el filtro F-401, el cual es de arena-grava, tiene la finalidad de eliminar la materia coloidal que se encuentra en el agua. El tamaño de grano va de 0.5 a 0.8 mm (de 40-80 mallas); el tiempo de servicio es de un año. Este filtro tiene internamente un regreso, el cual dirige el agua hacia el siguiente paso.

▲ Para garantizar la retención de la materia coloidal por parte de este tipo de filtros, es necesario realizar un retrolavado cada 3 días, aplicando agua tratada y metiéndola a contraflujo, hasta observar que ésta sale transparente, garantizando así que los filtros están completamente limpios.

### 4. Filtro de carbón activado.(F-402).

La siguiente operación es llevar al líquido a un segundo filtro, que es de carbón activado, el cual tienen la finalidad de eliminar olores, sabores, cloro y algún residual de material coloidal.

▲ Los filtros de carbón activado son de dos tipos:

Mineral, el cual tiene mayor poder de absorción de cloro, pero es de menor resistencia; un ejemplo de este tipo de filtro, puede ser de madera.

Vegetal, el cual posee un mayor poder de resistencia pero tiene menor poder de absorción; un ejemplo de este tipo de filtro, puede ser de coco. Éste tiene un costo más elevado que el mineral. En Saroma S.A. de C.V., se han aplicado los dos tipos de filtros.

▲▲ Este filtro tiene una vida de servicio de 1 año; su velocidad de filtración va de 4-6 gpm/pie<sup>2</sup>; la capa de carbón activado posee un espesor entre 24-36 ". Este tipo de filtro va soportado por capas de arena y grava.

▲▲▲ Al igual que los filtros de arena-grava, éstos también deben regenerarse con dos finalidades, la primera garantizar la calidad del agua y por otro, prolongar la vida media de los filtros.

#### Regeneración del filtro de carbón activado.

Primera etapa.

- a) Esta operación se lleva a cabo, en Saroma S.A. de C.V., cada 3 días.
- b) La regeneración se lleva a cabo sólo con vapor, a una presión de 3 lb/in<sup>2</sup> por un tiempo de 60 minutos.
- c) Se realiza un sembrado en placa, obteniendo el resultado en un tiempo de 48 horas. La NOM-041-SSA1-1993 marca 100 UFC/100 ml como límite máximo permitido de cuenta total. Si este valor está por arriba del parámetro establecido para éllo, se pasa a la segunda etapa.

Segunda etapa.

- a) Se clausura el filtro.
- b) Se sana, retrolavándolo con una solución de 200 ppm de ácido peracético, esto es con la finalidad por una parte, de reactivar el lecho del carbón y por otra parte, eliminar cualquier microorganismo que haya quedado.
- c) Posteriormente se deja reposar en una solución al 20% de ácido peracético por un tiempo de 12 horas.
- d) Se escurre y vuelve a colocarse el carbón activado.

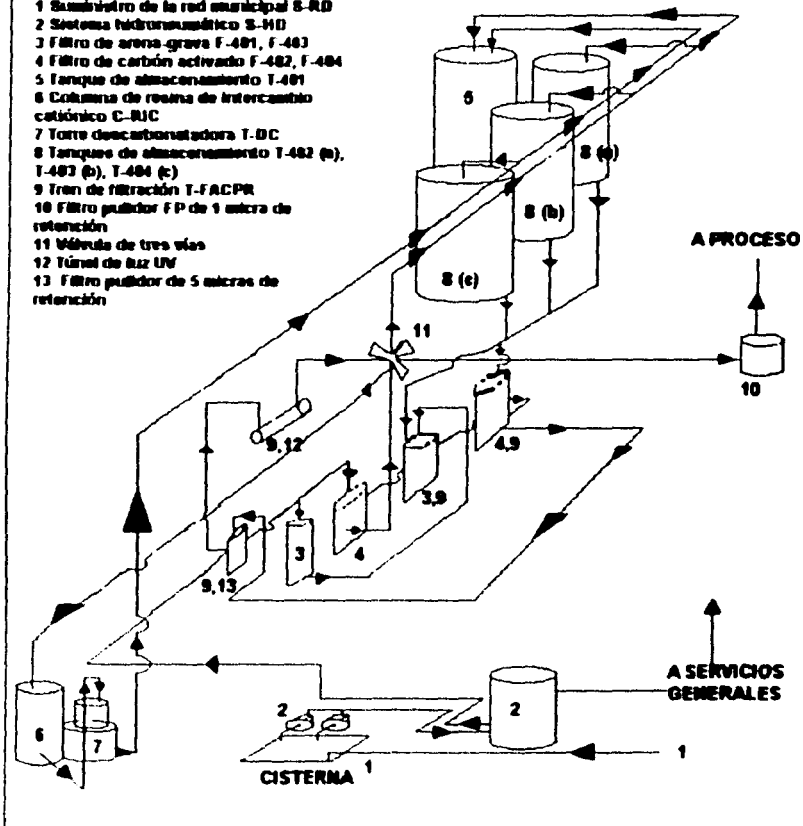
**5. Tanque de almacenamiento.(T-401).**

Del filtro F-402, el agua atraviesa por una tubería donde se ubica una válvula de tres vías, la cual tiene la función de enviar hacia el tanque de almacenamiento T-401, (todos los tanques que se encuentran en Saroma S.A. de C.V., están cubcados), un 50% aproximadamente de la cantidad de agua que originalmente comenzó a tratarse, al llegar a este porcentaje, la válvula automáticamente cerrará el paso hacia esta dirección y comenzará a enviar el otro 50% de agua restante hacia la columna de resina de intercambio catiónico (C-RIC).

- ◆ La capacidad de los tanques ubicados en esta empresa es de 30,000 litros.

**FIGURA 6 SISTEMA DE UN TRATAMIENTO DE AGUA EMPLEADO EN LA EMPRESA SAROMA S.A. C.V.**

- 1 Suministro de la red municipal S-RD
- 2 Sistema hidroneumático S-HD
- 3 Filtro de arena-grava F-401, F-403
- 4 Filtro de carbón activado F-402, F-404
- 5 Tanque de almacenamiento T-401
- 6 Columna de resina de intercambio catiónico C-RIC
- 7 Torre decarbonatadora T-DC
- 8 Tanques de almacenamiento T-402 (a), T-403 (b), T-404 (c)
- 9 Tran de filtración T-FACPR
- 10 Filtro pulidor F-P de 5 micras de retención
- 11 Válvula de tres vías
- 12 Túnel de luz UV
- 13 Filtro pulidor de 5 micras de retención

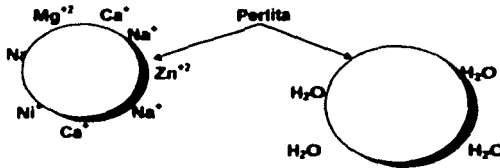


(Cortesía de Saroma S.A. de C.V.)

**6. Columna de resina de intercambio catiónico. (C-RIC)**

Como se mencionó, el agua restante es enviada a esta columna, la cual elimina todos los cationes que ésta pueda contener, a través de una resina. La resina, es una perlitita que tiene el poder de absorber los cationes contenidos en el agua, a través de su membrana, impidiendo el regreso de éstos al líquido. Ver figura 7.

Figura 7 Funcionamiento de la resina.



En la figura se simula el paso del agua a través de la columna de resina de intercambio catiónico, la cual tiene dentro de sí estas perlititas. Su función básica es la de absorber los cationes presentes en el agua tales como el Ca, Na, Mg, (a), impidiendo su retorno hacia el líquido (b). Las perlititas de resina tienen en su interior grupos OH<sup>-</sup>, los cuales sustituyen a los cationes formando moléculas de agua pura, cuando son absorbidos hacia el interior de éstas, por lo que a un determinado tiempo debe regenerarse este equipo para prolongar la vida de servicio de la columna de resina de intercambio catiónico, no agotar el funcionamiento de la resina y garantizar que siempre se obtenga la misma calidad de agua.

Para rectificar el funcionamiento de estas resinas se lleva a cabo un chequeo de dureza total del agua, el cual debe encontrarse entre 0 y 30 mg/l como CaCO<sub>3</sub> análisis determinado por el Departamento de Control de Calidad. Si el parámetro obtenido del agua excede al establecido, entonces se procede a la regeneración de la columna.

**Regeneración de la columna de resina de intercambio catiónico.**

- a) Esta operación se realiza aplicando ácido clorhídrico al 33% o ácido sulfúrico al 85%.
- b) Existen ya tablas establecidas por los fabricantes de equipo de tratamiento de agua para llevar a cabo esta operación más eficientemente, en donde se establecen tiempos de retrolavado, concentraciones del agente regenerante, volumen de la resina de la columna, etc.

- c) Después del tiempo de retrolavado se hace un análisis fisicoquímico del producto realizado por el Departamento de Control de Calidad, en donde se determina la dureza total, pH (3.3-3.5).
- d) Dichos resultados deben encuadrar dentro de los datos que arroja la tabla dada por el fabricante, en caso contrario, se dará más tiempo de retrolavado.
- e) Esta operación tiene como finalidad liberar todos los cationes absorbidos por la resina.

#### **7. Torre Descarbonatadora.(T-DC)**

El siguiente paso es eliminar del agua los bicarbonatos y dióxido de carbono, que pudiese contener el líquido, mediante una torre descarbonatadora. Esta opera a través de un flujo de aire en contracorriente, de donde el agua mantiene los mismos parámetros de pH y dureza mencionados en el punto 6.

#### **8. Tanques de almacenamiento. (T-402, T-403, T-404).**

El agua finalmente se conduce hacia el tanque de almacenamiento T-401, en donde se mezclará con el resto del agua que inicialmente se depositó aquí, (en el paso no. 5 se menciona cómo se divide el lote de agua que se está tratando).

Ahora bien, hablando de costos de producción, desgaste de equipo y calidad final del agua obtenida, el motivo principal por el cual se separa el 50 % de agua, es porque al tratar el otro 50% de este líquido que la válvula de tres vías envía hacia la columna de resina de intercambio catiónico, los parámetros de alcalinidad, acidez, pH, etc., se reducen al mínimo con lo cual, al mezclar toda el agua obtengo los valores fisicoquímicos deseados para la elaboración de bebidas y concentrados.

En este momento, Control de Calidad llevará a cabo los análisis correspondientes al agua (dureza, alcalinidad, cloruros, pH, cloro libre residual, turbiedad, y color) y si se encuentran dentro de los parámetros citados con anterioridad, el tanque se rotula, dándole un control de calidad, lo que significa que está lista para usarse.

• En el momento en el cual se realiza la mezcla en el tanque T-401 de ambas aguas, se pipeteará cloro, a manera de obtener 0.2 ppm de cloro libre residual, para evitar que el agua ya tratada sufra una post-contaminación.

Cuando el agua es liberada, se envía a los tanques de almacenamiento T-402, T-403 y T-404, en cantidades diferentes, para procesar jarabes, jugos, concentrados y bebidas según los requerimientos de producción.



### 9. Tren de Filtración. (T-FACPR)

En el momento en que se requiera utilizar el agua que se encuentre en cualquier tanque de almacenamiento y para cualquiera de los procesos arriba mencionados, ésta pasará por un tren de filtración, que consiste en Filtro de grava-arena F-403, filtro de carbón activado F-404, filtro pulidor de 5 micras de retención (es de propileno) y rayos U.V., saliendo directo a la línea de proceso.

▲ Al igual que los demás equipos, el filtro pulidor deberá regenerarse para asegurar la calidad final del agua tratada, a continuación se anexa esta operación.

#### Regeneración del filtro pulidor.

- a) Esta operación deberá llevarse a cabo cada semana.
- b) Se mete el flujo del agua en sentido contrario, clorando ésta de 20-50 ppm.
- c) Se deja de realizar esta operación cuando se observe que el agua comienza a salir limpia.
- d) En este momento, dejar reposar en una solución de sales de amonio, ácido peracético o cloro por un tiempo de 8 horas.
- e) Posteriormente, se escurre y se vuelve a colocar en el caparazón del filtro.

### 10. Filtro pulidor. (FP)

Por último, antes de que entre en contacto el agua con el proceso en cuestión, existe como una medida final de seguridad, otro filtro pulidor, pero en este caso, es de 1 micra de retención. Ver el diagrama del sistema de tratamiento de agua aplicado en Saroma S.A. de C.V. Figura 6.

#### 4.6.3. Tratamiento para suavizar agua, tanque de 22,000 litros aplicando el Ablandamiento con cal-carbonato en frío.

En Saroma S.A. de C.V., llega a aplicarse el ablandamiento con cal-carbonato en frío para elaborar productos de muy alta calidad, como por ejemplo bebidas isotónicas, energéticas, y bebidas sabonizadas, en donde se requiere que el agua sea muy blanda, y para llevar a cabo este tipo de tratamiento, es necesario la aplicación de un coagulante y floculante. Esta operación no forma parte del tratamiento rutinario que se le da al agua, y cuando llega a realizarse este proceso se efectúa en el tanque de almacenamiento T-402 o T-403, presentados en la figura 6. A continuación, se anexa un ejemplo de cómo se lleva a cabo esta operación:

**Primera parte.**

**Prueba Ensayo-Error.**

En varios vasos de precipitados, se coloca el agua que quiere ablandarse, y se van adicionando diferentes cantidades de coagulante y floculante hasta obtener los parámetros de dureza, alcalinidad y pH deseados. Todos estos valores deben llegar a cero. Al obtener el valor de cero de cada uno de los parámetros mencionados, se extrapola tanto la cantidad de coagulante como de floculante para la cantidad total de agua a tratar.

**Segunda parte.**

- Llenar el tanque con agua cruda al nivel de 22,000 litros, checar pH.
- Iniciar la agitación.
- Adicionar hipoclorito de sodio líquido al 33%, esto equivale a 1.1 kg. para obtener 50 ppm de este producto y tener cloro residual de 0.4 a 0.5 ppm. Este producto va a precipitar todo lo que queda de materia fecal, materia coloidal y microorganismos después del tratamiento químico que se le aplica en la red municipal, para que al filtrar el agua a través de carbón activado, se obtenga un líquido libre de estas impurezas. El hipoclorito de sodio hace la función de coagulante.
  - 1 Dejar agitando por un tiempo de 10 minutos.
- Pasado este tiempo, adicionar cal previamente diluida con agua cruda en 3 pasos, la cantidad total de cal a agregar es de aproximadamente 16 kilos, lo que equivale a obtener 728 ppm, a un pH de  $11 \pm 0.1$ . La cal se adiciona con dos propósitos, uno con el de ayudar al floculante a limpiar el agua de los contaminantes mencionados en el punto anterior y el cual se adicionará en el siguiente paso; segundo para elevar el pH del agua.
  - 1 Agregar 7 kilogramos de cal en lechada, agitar 20 minutos y checar el pH
  - 2 Agregar 7 kilogramos de cal en lechada, agitar 20 minutos y checar el pH
  - 3 Estandarizar el agua a tratar con lechada de cal hasta tener un pH de  $11 \pm 0.1$ , debe tenerse cuidado de que el pH no se salga de estos parámetros porque nos puede causar muchos problemas
  - 4 Al llegar a un pH de 11, agitar por un tiempo de 30 minutos y verificar de nueva cuenta el pH

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Agregar con agitación en directo y espolvoreándolo lentamente, el AQ. Bent (este producto es un floculante que se adiciona para aglomerar todos los flocúlos formados en la etapa anterior, para eliminar como ya se mencionó los sólidos totales disueltos así como la materia orgánica), en una cantidad total de 4.4. kilogramos, para obtener una concentración de 200 ppm. Si no se adiciona lentamente, se pueden formar grumos y por lo tanto, puede dañarse el proceso del agua.

- 1 Dejar agitando por un tiempo de 60 minutos
- 2 Checar previo filtrado, pH y dureza total
- 3 pH = 11 0, Dureza total = menos de 75 ppm

- Agregar con agitación el AQ.PHCA (posteriormente, se adicionará este coagulante para precipitar algún contaminante de los mencionados que haya quedado en el agua, como una medida de seguridad para garantizar que el líquido a ocupar en las bebidas isotónicas será completamente blanda), en total 1.450 kilogramos, para obtener una concentración de 66 ppm, directo al tanque.

- 1 Dejar agitando por un tiempo de 20 minutos.

- Con la agitación que se tiene agregar el AQ. F-64 (por último este floculante, es adicionado con la finalidad de poder eliminar por completo materia fecal, materia coloidal o algún microorganismo restante), en total 1 kilogramo, para obtener una concentración de 45 ppm, diluirlo en 10 kulos de agua.

1. Dejar agitando durante 3 minutos y parar la agitación
2. Tener cuidado de apegar la agitación a los 3 minutos para no romper los flocúlos, los cuales le dan turbidez al agua

A los 30 minutos de reposo, purgar los lodos, abriendo y cerrando la válvula inferior aproximadamente de 4 a 5 veces, dejando reposar 10 minutos entre purga y purga.

- Terminando de purgar, checar:

Parámetro	Valor
pH	10.7 - 11.0
Dureza	< 75 ppm
Alcalinidad	< 80 ppm
Turbiedad	< 5 NTU

## INDUCCION GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DEL AGUA

- Dejar reposar por un tiempo de 12 horas, como mínimo.

1. Purgar los lodos aproximadamente de 2 a 3 veces, dejando reposar 10 minutos entre purga y purga.

- Terminando de purgar, checar:

Parámetro	Valor
pH	10.7 - 11.0
Dureza	< 75 ppm
Alcalinidad	< 80 ppm
Turbiedad	< 2 NTU

- Retrolavar los filtros de arena y carbón durante 3 minutos.
- Filtrar el agua tratada hacia el tanque limpio de acero inoxidable limpio y disponible.

1. Checar turbidez al inicio.
2. Checar turbidez al final.
3. Al mismo tiempo, neutralizar el agua con ácido cítrico, en solución al 50%, y checar el pH, el cual debe encontrarse entre 7.2-7.4.

- Agregar 0.2 ppm de hipoclorito de sodio. (este producto, sabiendo la función que tiene, es adicionado como una última medida de seguridad para el agua tratada).
- Usar el agua.

## **CAPÍTULO V**

## **EMULSIONES**

## 5.1 GENERALIDADES.

### 5.1.1. Definiciones.

La definición más común de una emulsión es la de un sistema heterogéneo que consiste en una mezcla de dos o más líquidos inmiscibles, uno de los cuales se encuentra íntimamente disperso en la forma de pequeñas partículas, gotitas o glóbulos en otro líquido de mayor proporción. Este tipo de sistemas posee una mínima estabilidad, la cual se incrementa con la adición de un aditivo llamado "Agente de superficie activa" o "Emulsificante". Este agente se encuentra de manera interfacial entre los líquidos inmiscibles (aceite/agua). (Groves y Freshwater, 1988)

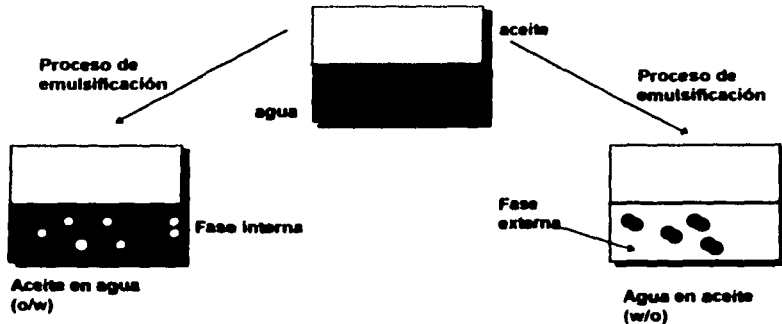
En el típico sistema de emulsiones, el líquido está disperso en forma de glóbulos o pequeñas gotitas, y se conoce como fase interna, discontinua o dispersa y el medio líquido que lo rodea o suspende, se conoce como fase externa, continua o dispersante, cada una de ellas de diferente naturaleza química, como por ejemplo aceite/agua. Las emulsiones presentan las propiedades de la fase externa, asumiendo que la concentración de la fracción-volumen ( $\varphi$ ) de la fase interna no exceda del 30%, factor clave para el diseño y formulación de la emulsión. (Lissant, 1990). Los emulsificantes son componentes que son usados para mejorar la estabilidad de la emulsión o dispersión para disminuir la tensión entre el agua y otros líquidos o sólidos en las interfaces de estas sustancias inmiscibles. El cambio de la tensión interfacial es por medio de la formación de una barrera física que rodea al glóbulo de la fase interna, impidiendo que se desestabilice la emulsión. (Powrie y Tung, 1992)

### 5.1.2. Tipo y Naturaleza de las Emulsiones.

En general las emulsiones para alimentos se clasifican en dos grandes grupos que son: 1) Emulsiones aceite en agua (o/w); 2) Emulsiones agua en aceite (w/o). Las emulsiones aceite en agua (o/w) consisten, en que la fase interna es el aceite en forma de glóbulos en un medio acuoso (fase externa). Los ejemplos más comunes de estas emulsiones son la leche, mayonesas, aderezos para ensaladas, sustitutos de crema, helados y emulsiones para enturbiar los refrescos y bebidas de fruta (este tipo de emulsiones pueden fácilmente diluirse en agua por su tendencia hidrofílica.). (Charamiombous, 1988)

Las emulsiones del tipo agua en aceite (w/o), consisten en que la fase interna es el agua en forma de pequeñas gotitas dispersas en el aceite (fase externa). Los ejemplos típicos son la manteca y la margarina que tiene la propiedad de diluirse en solventes orgánicos, aceites y grasas por su naturaleza hidrofóbica y su fase externa presenta propiedades semejantes a los aceites o grasas, figura 8. (Charamiombous, 1988)

Figura 8 Tipos de Emulsiones.



(Friberg, S.E. y K. Larsson, 2000)

### 5.1.3. Principales Emulsiones Comerciales.

A medida que la civilización se ha desarrollado, la variedad de alimentos se ha diversificado, a través del estudio de la composición de los alimentos naturales para preparar nuevos y mejorar aquéllos que estaban disponibles. Algunas emulsiones son consideradas como verdaderos logros como lo fue el primer sustituto de mantequilla (margarina), emulsiones de carne (salchichas), gracias a la diversidad de emulsificantes que presentan múltiples funciones en la elaboración de alimentos procesados. (Badui, 1988)

El desarrollo de las emulsiones y los emulsificantes han permitido la combinación única de propiedades especiales en la apariencia, viscosidad, textura, color y sabor. (Badui, 1988)

Considerando las emulsiones de alimentos en particular, es de interés analizarlas con respecto a un sistema de categorías como lo muestra el cuadro 10. Estas categorías determinan el tipo de emulsión de acuerdo a la proporción que guarda la fase interna respecto a la fase externa, que mientras más sea la proporción de la fase interna respecto a la externa, provocará cambios en sus propiedades funcionales, así como en su formulación.

El cuadro 10 presenta la mayoría de las emulsiones de alimentos son del tipo aceite en agua. Segundo, las emulsiones aceite en agua tienen menor proporción o concentración de la fase interna respecto a la fase externa y conforme la concentración de la fase interna va aumentando la emulsión se modifica al tipo de agua en aceite y por lo tanto sus propiedades funcionales.

**Cuadro 10 Categorías de Emulsiones para Alimentos**

Tipo	Concentración de la Fase Interna		
	Baja (a)	Media (b)	Alta (c)
Acetate en agua (O/W)	Leche Crema de mesa Helados (d) Pasteles Crema pastelera (e) Substituto de crema Substituto de leche Queso para untar Dip's (e) Endulzantes para refrescos Betunes	Crema espesa Endulzantes para bebidas Emulsiones de carne Emulsiones pastelera (e) Yoghurts	Mayonesas Aderazos para empanadas (e)
Agua en aceite (W/O)	Mantequilla Margarina Grasa vegetal		

(a) Baja (Menos del 30% concentración fase interna); (b) Media (30 -70% concentración fase interna); (c) Alta (Mayor del 70% concentración fase interna); (d) Contiene aire; (e) Contiene edulcorantes.

(Fuente: Badui, D.S., 1988)

En Saroma S.A. de C.V. se preparan emulsiones del tipo aceite en agua; en la mayoría de estas emulsiones la fase interna no excede el 30% de la concentración total, lo cual las coloca en una categoría del tipo baja, en base al cuadro 10. Los sabores de estas bebidas incluyen piña, limón, uva, tutti-frutti, etc. Sin embargo existen productos, en los que de acuerdo a los requerimientos del cliente, la fase interna excede el 30%, siendo estos sabores por lo general, de naranja y mandarina, colocando a este tipo de emulsiones, en la clasificación de media, de acuerdo con el cuadro 10.



## 5.2 PROPIEDADES DE LAS EMULSIONES.

La aceptación por el consumidor de las emulsiones alimenticias depende de sus características tales como su apariencia (color y turbidez), textura (viscosidad y cuerpo) y sabor (balance del sabor-dulzor-acidez). (López y Pangborn, 1989)

Algunas de las principales propiedades que se consideran en las emulsiones a continuación se describen:

### 5.2.1. Apariencia.

La apariencia de la emulsión depende de la diferencia de índice de refracción entre la fase interna y externa así como de la fracción/volumen ( $\varphi$ ) de la fase interna. La turbidez con mayor estabilidad se logra con un tamaño de partícula de 0.5 a 2.0 micras con la diferencia significativa en el índice de refracción. (Powrie y Tung, 1992)

Para incrementar la turbidez de la emulsión, el tamaño de la partícula debe de aumentar de 0.1 a 2.0 micras, que es cuando se alcanza la máxima turbidez. En el cuadro 11 se muestra el efecto de este parámetro con respecto a la apariencia de la emulsión. La claridad de una emulsión puede mejorarse reduciendo el tamaño de la partícula hasta algunos nanómetros, es decir, menos que la longitud de onda visible o ajustando las dos fases hacia un índice de refracción idéntico. (Powrie y Tung, 1992)

**Cuadro 11 Estimación de la estabilidad por la apariencia y tamaño de la partícula**

Tamaño de la partícula (micras)	Apariencia	Estabilidad
Macroglóbulos (mayor de 10)	Pueden diferenciarse en dos fases	Rompiendo de la emulsión
1.0 a 10	Emulsión blanca lechosa	Tendencia al decantado
1.0 a 0.1	Emulsión azul blanquecina	Buena
0.1 a 0.05	Grn semi-transparente transparente (translúcida)	Excelente
Menores de 0.05	Transparente	Extremadamente estable

(Fuente: Griffin y Lynch, 1972)

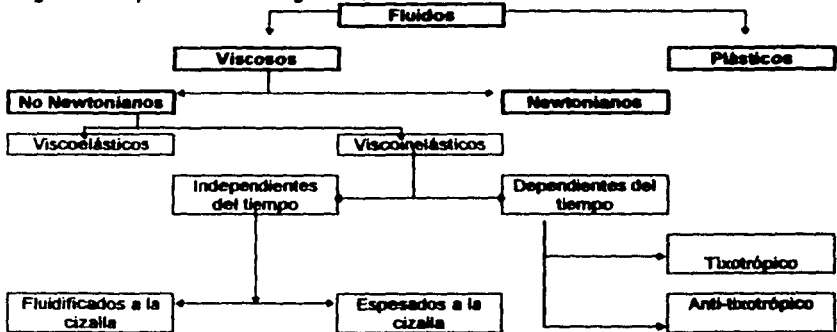
El color que se aplica en las emulsiones aceite/agua es del tipo hidrofílico y se adicionará en la fase externa. La dispersabilidad de una emulsión depende de su naturaleza química, si es hidrofílica será del tipo aceite en agua (o/w) y tenderá a disolverse en soluciones acuosas. Si la solución es del tipo hidrofóbica será de agua en aceite (w/o) y tenderá a disolverse en aceites, grasas y solventes orgánicos.

### 5.2.2. Reología de las Emulsiones.

La reología estudia la forma en que los materiales responden ante la aplicación de un esfuerzo. El comportamiento reológico de sistemas coloidales es complicado y refleja no sólo las características de las partículas individualmente, sino las interacciones partícula-partícula y partícula-disolvente. (Friberg y Larsson,2000)

La viscosidad de un fluido es la medida de la resistencia interna que éste ofrece al movimiento relativo de sus elementos, siendo la unidad de la viscosidad el "poise", que es la fuerza requerida para mantener una velocidad de 1 cm/seg., de un fluido entre dos planos paralelos con un área de 1 cm<sup>2</sup> y separado por una distancia de 1 cm. La fricción interna se debe al hecho de que las capas de un líquido en movimiento fluyen a diferentes velocidades, deslizándose unas sobre otras. Todos los líquidos exhiben resistencia a fluir. En la figura 9 se presenta una clasificación de los fluidos en base a su comportamiento reológico. (Friberg y Larsson,2000)

Figura 9 Comportamiento reológico de los fluidos.



#### Flujo viscoso

##### Fluidos Newtonianos.

Son aquéllos que representan una relación proporcional entre el esfuerzo de cizalla aplicado ( $\tau$ ) y la rapidez de cizalla ( $\dot{\gamma}$ ) a través del coeficiente de viscosidad ( $\mu$ ) del fluido en estudio. (Muller,1973)

**Fluidos No Newtonianos.**

Los fluidos no newtonianos son aquéllos cuya relación esfuerzo de cizalla-velocidad de cizalla no es lineal. Éstos se clasifican en fluidos viscoelásticos y fluidos viscoinelásticos. (Vargas,1983)

**Fluidos viscoinelásticos**

a) Fluidos independientes del tiempo de cizallamiento: Son aquéllos para los cuales la velocidad de cizalla en un punto dado depende sólo del esfuerzo cortante instantáneo en ese punto, éstos a su vez se dividen en:

1. Fluidificados a la cizalla (antiguamente pseudoplásticos). En éstos, la viscosidad aparente disminuye al incrementarse la velocidad de cizalla. La mayoría de los fluidos No Newtonianos se encuentran en esta categoría.

2. Espesados a la cizalla (antiguamente dilatantes). Son aquéllos en que la viscosidad aumenta cuando la velocidad de corte es mayor.

b) Fluidos dependientes del tiempo: Son aquéllos para los cuales la velocidad de cizalla es una función tanto de la magnitud como de la duración del esfuerzo y en algunos casos del lapso de tiempo entre la aplicación consecutiva del esfuerzo cortante. Se dividen en:

1. Tixotrópicos. El esfuerzo de cizalla disminuye reversiblemente con el tiempo de cizallamiento para una velocidad de cizalla dada a temperatura constante. Después de un cierto tiempo de cizallamiento ya no presenta dependencia del tiempo.

2. Anti-tixotrópicos. Estos materiales muestran un incremento reversible de viscosidad con el tiempo de cizallamiento, a una velocidad de cizalla dada.

**Fluido viscoelástico**

Cuando se aplica un esfuerzo a un sólido elástico típico, aparece una deformación que es proporcional al esfuerzo aplicado y permanece constante. Al cesar el esfuerzo, la energía elástica almacenada por el sólido se libera y éste recupera su forma original.

Los líquidos newtonianos se deforman a una velocidad proporcional al esfuerzo aplicado y no presentan ninguna recuperación al cesar el esfuerzo aplicado ya que la energía aplicada en vencer la resistencia interna se disipa como calor. (Muller,1973)

La viscoelasticidad se explica porque parte de la energía se almacena elásticamente, cuando varias partes del sistema se deforman a nuevas posiciones que no están en equilibrio entre sí, pero el resto de la energía se disipa como calor cuando varias partes fluyen a nuevas posiciones relativas en equilibrio. En el caso de las emulsiones, los glóbulos que la forman tienden a flocular durante su almacenamiento, esto origina un fortalecimiento de la estructura interna que incrementa el fenómeno viscoelástico; la viscoelasticidad en emulsiones floculadas puede deberse a una atracción neta entre las fuerzas eléctricas de atracción del glóbulo sobre su superficie cuando están presentes en el medio agentes de bajo peso molecular (emulsificantes). (Fuentes,1999)

#### Flujo plástico.

En términos reológicos, un producto plástico fluye cuando el esfuerzo de corte excede de un valor límite. A este esfuerzo de corte límite se le llama esfuerzo inicial. Para ciertos fines prácticos, las sustancias plásticas se distinguen de los líquidos en cuanto a que no fluyen cuando solo actúa sobre ellos la gravedad. (Fennema, 1985) (Muller,1973) En la evaluación del comportamiento reológico de un fluido, están involucradas tres variables:

1. Esfuerzo ( $\tau$ ): Es la fuerza aplicada por unidad de área. Generalmente se utiliza el esfuerzo de cizalla, en el cual la fuerza es tangencial al área sobre la que actúa.
2. La velocidad de cizalla definida como el cambio de la velocidad del fluido con respecto a la distancia perpendicular a la dirección del esfuerzo.
3. Tiempo de aplicación del esfuerzo o velocidad de cizalla.

El comportamiento reológico de las emulsiones está determinado por los siguientes factores:

#### a) Viscosidad de la fase externa.

La viscosidad de la fase externa es el principal factor que rige el comportamiento reológico de una emulsión diluida. Ésta se da por la concentración entre las fases externa e interna. En muchas emulsiones alimenticias se adicionan gomas vegetales a la fase externa para incrementar su viscosidad y elevar la estabilidad de la emulsión. (Fennema, 1985)

Al adicionar un hidrocoloide al agua, ésta cambiará su comportamiento reológico observándose que de comportarse como un fluido newtoniano lentamente presentará las características de un fluido independiente del tiempo, clasificado como fluidificado a la cizalla. (Fennema, 1985)

En las emulsiones muy diluidas, es decir aquéllas en donde la fracción-volumen es menor al 30% y la cantidad del agente de superficie activa no excede del 20%, presentan un comportamiento newtoniano, que es definido a partir de la viscosidad de la fase continua ( $\eta_0$ ) y la fracción en volumen de la fase dispersa ( $\varphi$ ) utilizando la ecuación propuesta por Einstein: (Fennema, 1985)

$$\eta = \eta_0 ( 1 + 2.5 \varphi ) \dots\dots\dots(5)$$

La ecuación 5 es válida siempre que: Los glóbulos de aceite se comporten como esferas rígidas; que los glóbulos de aceite sean suficientemente grandes respecto al tamaño de las moléculas de la fase continua; que no exista interacción hidrodinámica entre las gotas y que no haya deslizamiento en la interfase aceite/agua. (Fennema, 1985)

**b) Viscosidad de la fase interna.**

La viscosidad de la fase interna es dada por la acción de los glóbulos en la fase interna de la dispersión, que se comportan como esferas rígidas y que depende de la concentración de estos respecto a la fase externa. Para emulsiones muy diluidas, la fase interna muestra poco efecto sobre la viscosidad. (Fennema, 1985)

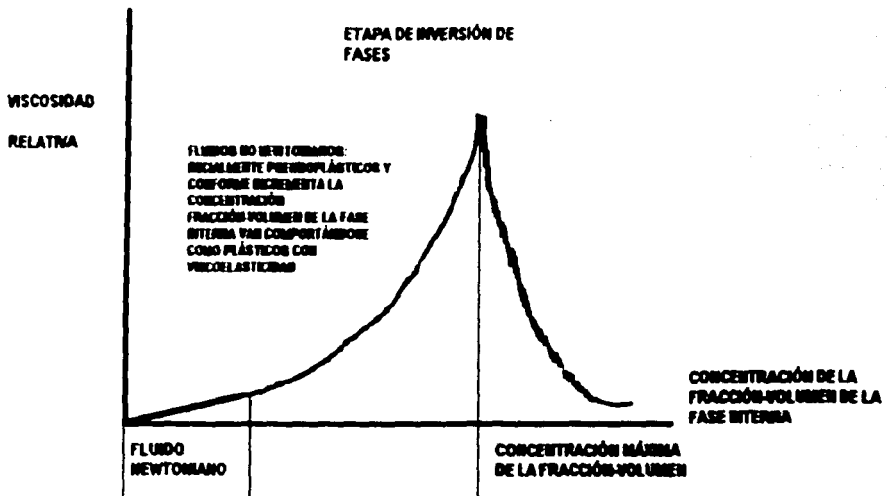
**c) Fracción-volumen de la fase interna ( $\varphi$ ).**

La viscosidad aparente de una emulsión es por lo general, semejante a la fase externa, si esta constituye la fracción principal de la emulsión. Sin embargo, si la relación de la concentración de la fase interna respecto a la externa aumenta, de 30% a 70%, el comportamiento reológico de la emulsión se vuelve poco a poco más complejo. (Lissart, K.J., 1990).

Conforme se va incrementando la fracción-volumen de la fase interna las características reológicas que presentan las emulsiones pasan de un fluido Pseudoplástico a un fluido viscoelástico, el cual presenta las propiedades viscosas de un fluido y las plásticas de un sólido. Esto se debe a que se favorecen los procesos de desestabilización y se presenta la floculación y la coalescencia, los glóbulos de aceite floculados se comportan como esferas elásticas, permitiendo este fenómeno viscoelástico en las emulsiones.

Al aplicar un esfuerzo, éste responderá deformándose tanto como sea la intensidad con la que se está aplicando el esfuerzo y posteriormente al término de éste no recuperará por completo su forma original. Finalmente cuando  $\phi$  alcanza su máximo valor, se invierten las fases, en este momento tenemos un fluido plástico. En la figura no.10 se presenta la influencia de la fracción-volumen de la fase interna ( $\phi$ ) sobre la viscosidad relativa de la emulsión.

Figura 10 influencia de la fracción-volumen ( $\phi$ ) sobre la viscosidad relativa.



(Gallegos, 1984)

d) influencia de la interfase y el emulsificante.

Cuando se adiciona un emulsificante a una de las fases de la emulsión se forma alrededor de cada glóbulo una película de naturaleza rígida del emulsificante en la interfase. La naturaleza química y la concentración del emulsificante poseen decisiva influencia sobre la viscosidad y la estabilidad de la emulsión. (Fennema, 1985)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo general, se incrementa la viscosidad debido a la baja o media concentración de la fase interna (menos del 30% ó del 30-70%) respecto a la fase externa, (cuadro 10), adicionando un emulsificante (gomas vegetales o combinación con otros emulsificantes), para lograr la estabilidad de la emulsión.

**e) Efecto de la carga eléctrica.**

El efecto de carga eléctrica en la interfase, está dado por un potencial eléctrico, que provoca que los glóbulos de la fase interna tengan una doble capa de cargas eléctricas que favorecen las fuerzas de repulsión, entre el glóbulo y el medio acuoso para mantener en suspensión éste en el seno de la emulsión, incrementando tanto su viscosidad como la estabilidad de esta. Por tanto, la viscosidad es un parámetro indirecto de la estabilidad de la emulsión con respecto al tiempo (vida de anaquel de la emulsión). Cuando una emulsión se rompe, se deforma la simetría de la doble capa eléctrica alrededor del glóbulo y se modifica la interacción de las cargas eléctricas, favoreciendo las fuerzas de atracción entre ellas y produciendo la floculación o en caso más grave la coalescencia de la emulsión. (Lissant, K.J., 1990)

**5.2.3. Tamaño y carga de las partículas.**

El tamaño de la partícula usualmente se expresa como el diámetro de los glóbulos o partículas de la fase interna y los valores más pequeños y más grandes de este diámetro se le conoce como rango de las partículas, ambos parámetros corresponden a las propiedades que caracterizan una emulsión establecida, como parte de su control de calidad. Las dispersiones que presentan partículas de diámetro pequeño son emulsiones finas (transparentes), mientras que las de diámetro más grande se conocen como emulsiones gruesas (muy turbias), como se muestra en el cuadro 11. (Powrie y Tung, 1992)

El tamaño de la partícula dependen de tres factores importantes y que en su conjunto determinan la estabilidad de la emulsión, debido a que si alguno de ellos no se cumple, la tendencia a que la emulsión se desestabilice es muy alta. Los factores que determinan el tamaño de una partícula en una emulsión son: (Powrie y Tung, 1992)

1. Tipo y cantidad de emulsificante.
2. Cantidad de trabajo realizado para preparar la emulsión (agitación y homogeneización).
3. Preparación de la emulsión. (orden de adición de los ingredientes).

El tamaño de partícula más común en las emulsiones comerciales para alimentos fluctúan entre 0.5 a 2.0 micras, este parámetro debe ser de tamaño y rango de partícula uniforme, como un indicador de buena estabilidad de la emulsión. Con esta característica se puede estimar el tipo de emulsión que se va a obtener con respecto a su apariencia (cuadro 11). Por tanto, la determinación de esta característica es fundamental en el desarrollo de un nuevo concentrado, en la corrección en producción, si es posible, del diámetro de partícula cuando no es el adecuado y almacenamiento del mismo. El rango de tamaño de partículas o de los glóbulos de una emulsión antes de ser homogeneizada puede ser de 0.25 a 50 micras. (Fennema, 1985)

Este parámetro está íntimamente ligado a la distribución del diámetro del glóbulo y es una prueba más representativa y exacta de la emulsión preparada, ya que nos garantiza que tendremos un tamaño de partícula uniforme. El método que se utiliza ampliamente en la industria es a través del microscopio con un lente graduado en micras, para determinar el tamaño de la partícula. (Lissant, 1990)

#### 5.2.4. Conductividad y pH.

La conductividad de una emulsión depende de la conductividad de la fase externa, por tanto una emulsión del tipo aceite en agua (o/w) conduce bien la electricidad; por el contrario en una dispersión agua en aceite (w/o) es un conductor pobre (excepto en emulsiones en que el volumen de la fase interna rebasa el 60%). Por esta razón esta prueba se utiliza para su identificación. Por otro lado, el pH es un parámetro que actualmente ha cobrado importancia en la elaboración de emulsiones debido a que es un indicador indirecto de la carga eléctrica de la interfase de los glóbulos y la fase externa y por lo tanto de la estabilidad de la formación de la interfase, que afecta, por un lado, el tipo de emulsificante y por otro, el de favorecer o no las fuerzas de repulsión o atracción en las partículas. Se debe tener la precaución de fijar adecuadamente el valor del pH al diseñar una emulsión y evitar que se separen las fases por un cambio inadecuado de éste. Muchas veces, la presencia de un agua alta en sodio y la utilización de una goma con un pH ácido (1-1.5), aunado a la adición de la fase oleosa, provocan la ruptura inevitable de la emulsión. Por lo tanto, si se tiene un agua con un elevado contenido de sodio, deberá agregarse citrato de potasio para amortiguar el pH y evitar la desestabilización del concentrado. Por otra parte, si el valor de acidez de la emulsión es elevado (pH = 4), y se va a utilizar una goma con un valor de pH entre 1.0-1.5, entonces deberá adicionarse citrato de sodio para amortiguar el pH y evitar provocar un cambio de cargas eléctricas en la interfase, desestabilizándola. (Lissant, K.J., 1990)



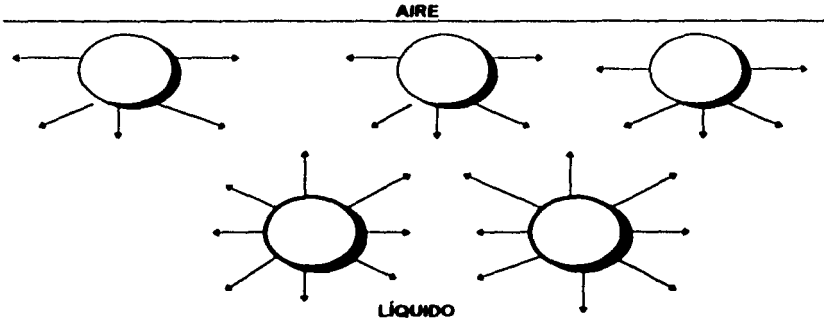
### 5.3 PROCESO DE FORMACIÓN DE EMULSIONES.

El proceso de emulsificación es aplicado ampliamente en la industria de alimentos. Una emulsión alimenticia puede ser descrita como un sistema de fases múltiples que contiene componentes inmiscibles como aceite en agua, o parcialmente miscibles como los hidratos de carbono, colorantes, conservadores y acidulantes. La preparación de una emulsión involucra la operación unitaria de reducción de tamaño, donde el tamaño promedio de un elemento en un sistema es reducido mediante la aplicación de fuerzas de compresión o de impacto. La reducción de éste aplicado al tamaño de los glóbulos de líquidos inmiscibles es más frecuentemente referido como emulsificación. En específico, la emulsificación es la formación de una emulsión estable mediante el mezclado íntimo de dos o más líquidos inmiscibles. Homogeneización es la reducción en tamaño (de 0.5-2.0 micras) y el incremento en número de partículas sólidas o líquidas de la fase dispersa mediante la aplicación de fuerzas de corte para incrementar la estabilidad de la emulsión e implica la idea de una igualdad en los tamaños de partícula, es decir la obtención de un producto homogéneo. La energía necesaria para la emulsificación es aplicada sometiendo los líquidos a una agitación vigorosa. Si el tipo de agitación es tal que los glóbulos grandes de la fase interna son sujetos a un esfuerzo cortante, entonces éstos serán distorsionados de su forma esférica estable y progresivamente rotos en unidades más pequeñas. Mediante la formación de glóbulos con menor tamaño, la superficie del líquido es incrementada considerablemente. (Fuentes,1999). Para la formación de una emulsión estable deben conocerse las propiedades de superficie que a continuación se describen:

#### 1. Tensión superficial.

Cuando se encuentran presentes dos fases en contacto, la superficie de contacto límite entre las dos fases, puede considerarse como una interfase. La fisicoquímica de superficies estudia los fenómenos interfaciales en los sistemas caracterizados por su elevada razón superficie/volumen o sistemas dispersos, donde éstos le dan a las superficies propiedades especiales. La propiedad física más característica de la superficie de un líquido es la tensión superficial y ésta se explica en función de las fuerzas de atracción de Van der Waals; las moléculas que están situadas en el seno de un líquido están sometidas a fuerzas iguales de atracción en todas direcciones. El origen de la tensión superficial es el exceso de energía potencial en la región superficial. La movilidad de las moléculas en estado líquido les permite perder este exceso de energía potencial al trasladarse a la región interna. Este movimiento resulta en la contracción espontánea de la superficie a su área mínima posible. Figura 11. (Fennema,1965)

Figura 11 Fuerzas de atracción entre moléculas en la superficie y en el interior de un líquido que causan la tensión superficial.



(Fuentes, 1999)

## 2. Tensión interfacial.

Cuando dos líquidos que son solo parcialmente solubles se superponen, persiste entre ellos una superficie de separación conocida como interfase líquido-líquido. Esta tensión entre líquidos se denomina tensión interfacial, para diferenciarla de la tensión superficial líquido-gas. (Lissant, 1990)

El primer beneficio que se obtiene del proceso de emulsificación, es la reducción de la tensión interfacial, con la adición de un tercer componente en la emulsión que son los agentes de superficie activa (emulsificantes). En general, para formar una emulsión aceite en agua (o/w) se requiere más energía que cuando se agrega el emulsificante. (Lissant, 1990)

Durante la emulsificación, el agente de superficie activa adicionado se absorbe en la interfase de ambos líquidos, éste induce a equilibrar las fuerzas intermoleculares entre los glóbulos, produciendo una película rígida alrededor del glóbulo que modifica las cargas eléctricas de los mismos con respecto a la fase externa y por tanto disminuye la tensión interfacial para estabilizar la emulsión. (Lissant, 1990)

Esta propiedad que presentan los emulsificantes, también llamados agentes tensoactivos o surfactantes de reducir la tensión interfacial, se logra incrementando la concentración, a esto se le conoce como actividad interfacial positiva. (Lissant,1990)

### 3. Formación de la película rígida de la interfase.

El tercer factor importante que contribuye a la estabilidad de la dispersión es la formación de la película rígida interfacial que se logra por medio del surfactante. La resistencia, firmeza y elasticidad de la película alrededor del glóbulo de la interfase afecta de manera crítica la estabilidad, dado que forma una barrera mecánica que evita la floculación y coalescencia en la emulsión. (Lissant,1990)

Los emulsificantes que son absorbidos en la interfase forman una película fuertemente compacta cuando la concentración del agente se incrementa. Una película resistente y por lo tanto con mayor estabilidad, se logra por medio de la combinación de dos tipos diferentes de emulsificantes, uno del tipo liposoluble y otro hidrosoluble por ser más efectivo que usar uno solo y su absorción es más fuerte y se reduce la tensión interfacial a valores bajos hasta 0.1 dinas/cm, dado que la tensión superficial del sistema aceite en agua es del orden de 13 a 20 dinas/cm. (Frieberg y Larsson,2000)

La formación de la película interfacial producida por la goma arábiga y otros hidrocoloides sobre los glóbulos de aceite ayuda a la estabilidad de la emulsión al evitar de esta forma que se favorezca el fenómeno de coalescencia en los glóbulos y se formen posteriormente placas de aceite, provocando el rompimiento de la emulsión. El fenómeno se puede describir como la absorción de la goma sobre la superficie de los glóbulos manteniéndolos separados unos de los otros de tal forma que las fuerzas de atracción de Van Der Waals son minimizadas. (Frieberg Larsson,2000)

### 4. Carga Eléctrica.

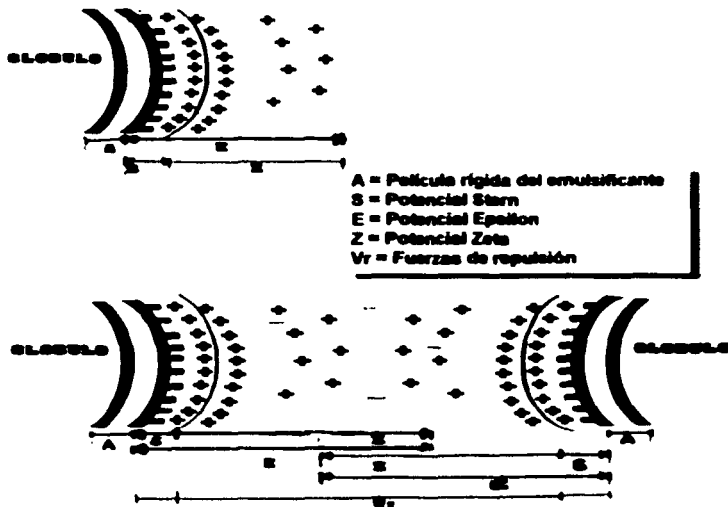
Los efectos de la carga eléctrica es el cuarto factor que afecta la emulsificación y que está íntimamente ligado al surfactante en la interfase de la emulsión. (Frieberg y Larsson,2000)

El emulsificante al formar la película provoca alteraciones en el potencial eléctrico o momento dipolar en las moléculas que está en contacto directo en la interfase entre el aceite y el agua, este efecto se conoce como la "Doble capa eléctrica" que es una característica fisicoquímica de las dispersiones del tipo sólido-líquido. (Frieberg y Larsson,2000)

La capa rígida que forma el emulsificante actúa como un sólido que al estar en contacto con un líquido, produce un cambio en el potencial eléctrico por lo que forma una doble capa eléctrica, una es fija y la otra móvil. (Friberg y Larsson,2000)

El efecto de la doble capa eléctrica se basa en la propiedad electroquímica que tiene la dispersión del tipo sólido-líquido, que es la absorción de iones de la fase externa en la que se encuentra la fase interna. La intensidad con que se produce este proceso en la interfase sólido-líquido depende del pH y de la característica hidrofílica de la fase externa a temperatura constante. Los polisacáridos ácidos, como la goma arábiga, interaccionan fácilmente con diferentes iones de la fase externa, la absorción ocurre con las moléculas polares como el agua, ésta tiene orientada su grupo negativo (iones oxhidrilo OH<sup>-</sup>) hacia la película rígida del glóbulo y su grupo positivo (iones hidroxilo +H) está dirigida hacia la fase externa y por lo tanto la superficie de la capa rígida es positiva. (Figura 12). (Friberg y Larsson,2000)

Figura 12 Doble capa eléctrica.



(Friberg y Larsson, 2000)

La teoría de la "Doble capa eléctrica" consiste en la formación de dos capas cargadas eléctricamente como sigue:

**A. Capa Fija o Inmóvil**, interna sencilla de iones de carga opuesta también llamada capa de contraiones, unidos a la superficie del sólido. Esta capa inmóvil o fija, permanece fuertemente unida a la superficie de la película rígida a través de las fuerzas intermoleculares electrostáticas de Van Der Waals y representa del 60 al 80% de iones que tiene el glóbulo. (Friberg y Larsson,2000)

**B. Capa Móvil**, esta segunda capa es externa de estructura difusa constituida por los mismos iones de la fase que rodea o envuelve al glóbulo y a la película rígida del emulsificante como una nube, cuya concentración va disminuyendo hasta cero en el seno del líquido de la fase externa, es decir, que esta nube se va disminuyendo conforme su potencial eléctrico se va reduciendo a medida que se aleja de la película rígida del glóbulo.(figura 12). (Friberg y Larsson,2000)

La carga eléctrica total de ambas capas o de la doble capa eléctrica, también conocido como potencial electroquímico Epsilon (E), que abarca desde la superficie rígida del glóbulo hasta el seno del líquido o fase externa, y que está dividida a su vez en dos zonas que son: (Friberg y Larsson,2000)

1. **Potencial Stern**. Es la zona que abarca desde la superficie rígida del glóbulo hasta la frontera de la capa inmóvil.
2. **Potencial Zeta (Z) ó Potencial Electrocinético** y que corresponde desde la frontera de la capa inmóvil hasta el seno del líquido o de la fase externa o la segunda capa inmóvil. (Friberg y Larsson,2000)

Este potencial se encuentra regido por un balance bien equilibrado de fuerzas de repulsión ya que este potencial cuando se neutraliza, se nulifica, o toma un valor de cero, provoca la coalescencia y desestabiliza la emulsión. (Friberg y Larsson,2000)

Cuando las dobles capas difusas o móviles entre dos superficies rígidas de dos glóbulos se traslapan, se mantienen estables las fuerzas de repulsión entre los glóbulos de aceite. Por tanto mientras menor sea el tamaño de la partícula o del glóbulo, mayor serán las fuerzas de repulsión y la emulsión será también más estable. (Friberg y Larsson,2000)

Cualquier cambio en el pH de la fase externa por algún medio externo o el decremento de la viscosidad de la emulsión es un indicio que puede estar desestabilizado al disminuir el potencial Zeta en la interfase y dependiendo del grado de esta reducción, mayor será la tendencia a que se presente la floculación o la coalescencia y por lo tanto la inestabilidad de la emulsión. (Friberg y Larsson, 2000)

Otro efecto que explica este comportamiento de la carga eléctrica de las partículas y que también es muy importante en la estabilidad de las emulsiones para bebidas, es el que se deriva de la "Interacción electrostática". (Friberg y Larsson, 2000)

La interacción electrostática en una emulsión aceite en agua, se debe a que los glóbulos de aceite pueden adquirir una carga eléctrica a través de la ionización del material que es absorbido en la superficie del glóbulo, como la goma arábiga. Esta goma es un polisacárido con carácter ácido (solución al 25%, pH = 4 - 4.5). (Friberg y Larsson, 2000)

Los iones carboxil ( $\text{COO}^-$ ) se encuentran en la periferia de la molécula y son muy activos, creando un entorno catiónico. La carga que se crea en la superficie de los glóbulos es a través de la absorción de los pequeños iones disueltos en la fase acuosa. Los cationes tienen una mayor facilidad de ser absorbidos que los aniones ya que éstos por su mayor solubilidad tienden a permanecer en solución sin ser absorbidos. (Friberg y Larsson, 2000)

Otra posibilidad en relación a la carga adquirida por los glóbulos puede ser a través de un mecanismo de fricción entre ellos. Por otro lado, se sabe que cuando una sustancia tiene una constante dieléctrica alta, esta se carga positivamente cuando entra en contacto con una sustancia de menor constante dieléctrica. Dado que el agua tiene una constante dieléctrica mayor que la del aceite, los glóbulos de aceite se cargan negativamente. Esta carga ocasiona fuerza de repulsión entre los glóbulos evitando que se presente el efecto de floculación contribuyendo a la estabilidad de la emulsión. (Friberg y Larsson, 2000)

### 5.3.1. Naturaleza y tipo de emulsiones.

Los agentes emulsificantes tienen la propiedad de reducir la tensión interfacial entre dos fases inmiscibles, las moléculas del aceite y del agua, lo que hace posible la formación de la emulsión, estabilizando ésta de tal forma, que evita la tendencia de los glóbulos a aglomerarse, es decir, que evita la floculación y la coalescencia. Por estas propiedades a los emulsionantes se les llama también agentes tensoactivos, surfactantes o agentes de superficie activa. (Powrie y Tung, 1992)

La tensión interfacial del agua es de 72 dinas/cm a la temperatura ambiente, y con la adición de un emulsionante ésta se reduce a 0.1 dinas/cm. (Powrie y Tung,1992)

Las principales propiedades que se desea tengan los emulsionantes alimenticios son: (Powrie y Tung,1992)

- 1.Capacidad para disminuir la tensión interfacial por abajo de las 5 dinas/cm de preferencia 1 dina/cm.
2. Capacidad de ser rápidamente adsorbidos en la interfase.
3. Poseer el adecuado equilibrio de los grupos hidrófilos e hidrófobos para que sea posible estabilizar el tipo de emulsión deseada.
4. Capacidad para conceder gran potencial electrocinético (potencial Zeta de la doble capa eléctrica de la interfase) a los glóbulos dispersos.
5. Ser eficientes a bajas concentraciones.
6. Resistencia a los cambios químicos.
7. Ausencia de olor, color, toxicidad y evitar que sea cancerígeno y alérgico.
8. Bajo costo.

Los emulsificantes se clasifican en:

**1. Emulsificantes orientados hacia la interfase o/w ó w/o.**

Entre los agentes estabilizadores para emulsiones en bebidas no alcohólicas y no carbonatadas más comunes se encuentra las gomas resinosas que se utilizan como emulsificantes y que se obtienen de la madera de los árboles de diversas especies vegetales. Existen gomas resinosas comercialmente industrializadas como la resina ester gum, cuyas características y propiedades se detallarán más adelante. (Powrie y Tung,1992)

**2. Hidrocoloides.**

Los hidrocoloides como las gomas vegetales realizan una función estabilizadora de las emulsiones o/w por aumento de viscosidad de la fase externa o acuosa y a veces por formar películas en la interfase rígidas, alrededor de los glóbulos de aceite. Las gomas vegetales utilizadas en las emulsiones alimenticias son polisacáridos altamente hidrófilos con propiedades aniónicas o iónicas. Las gomas aniónicas comprenden las pectinas, alginatos, goma de xantana, goma de tragacanto, agar, carrageninas y goma arábiga. (Fennema,1985)

Son gomas no iónicas como la goma de guar, goma de algarrobo, carboximetilcelulosa (CMC), hidroxipropilcelulosa y metilcelulosa. A una concentración del 1% las gomas como la de guar y xantana, aumentan la viscosidad del agua en mucho mayor grado que las otras citadas. La estabilidad de las gomas en las emulsiones dependen del pH, la presencia de citrato de sodio o de potasio y la temperatura. Algunas gomas aniónicas interaccionan con las proteínas para formar complejos insolubles. Se forman partículas rígidas cuando se adiciona goma arábiga o carragenina en la interfase entre los glóbulos de la fase oleosa y la fase acuosa. En las emulsiones con goma arábiga, el espesor de la película multicapa elástica es de 0.1 micras. Según el cuadro 12, los valores del balance lipofílico-hidrofílico (HLB) de algunas gomas se hallan en el intervalo de 8 a 11.9, lo cual indica que éstas son adecuadas para preparar emulsiones del tipo o/w. (Friberg y Larsson, 2000)

**Cuadro 12 Valores del balance hidrofílico-lipofílico (HLB) de los emulsificantes.**

Emulsificante	Valor HLB
Sulfato lauril de sodio	40
Oleato de potasio	20
Oleato de sodio	18
Esterato de polioxitileno	16.9
Goma acacia senegal (arábiga)	11.9
Almidones	30.0
Goma de tragacanto	11.9
Metilcelulosa	10.5
Lectinas	3.0 a 4.2
Ester gum	2.8 a 3.0
Mono esterato de propilenglicol	3.4

(Fuente: Fennema, 1985)

### 5.3.2. Selección de Emulsificantes.

La selección apropiada de un emulsificante, se debe establecer a través de un método sistemático para elegir los más apropiados y así garantizar la obtención de una emulsión estable, económica y funcional de acuerdo al producto final deseado. El proceso de selección y aplicación de un sistema de emulsificantes demanda numerosas pruebas que no sólo es una ciencia, sino un arte y para lograrlo se requiere de experiencia, gran cantidad de trabajo experimental y dedicación. El desarrollo de un sistema adecuado de emulsificantes requiere de analizar, probar y estimar numerosas mezclas de emulsificantes de diferentes tipos químicos. Este sistema de surfactantes está en función de: (Friberg, S.E. y K. Larsson, 2000)

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



1. Las condiciones del proceso de manufactura.
2. La presencia y concentración de otros ingredientes en una formulación.

Por estas razones la selección de un sistema de emulsificantes es muy compleja por tanto el método de selección que se ha utilizado con mejores resultados es el método HLB, el cual se basa en el concepto de un balance hidrofílico-lipofílico de los emulsificantes. (Friberg y Larsson,2000)

#### **Método de selección de emulsificantes por el concepto HLB.**

El principal propósito de este método es la selección de un sistema de emulsificantes para una emulsión, a través del concepto HLB de los emulsificantes y así reducir la cantidad de ensayos o pruebas experimentales de emulsificación para evaluar diferentes tipos de emulsificantes respecto a su estabilidad y funcionalidad. (Fennema,1985)

1. El método HLB está basado en el principio de afinidad de los emulsificantes por las moléculas del agua o del aceite. El grado de afinidad por estas moléculas determina sus características hidrofílicas o lipofílicas y también es función de su composición química y su grado de ionización. Por tanto, dos emulsificantes que presentan similares valores del HLB pueden presentar diferentes y específicas características de solubilidad, debido a que los valores de HLB indican una relación de solubilidad del emulsificante, que es función de su estructura química y su tendencia a ionizarse. (Fennema,1985)

2. Los valores HLB de los emulsificantes son una clasificación de la solubilidad dada por sus propiedades de polaridad, es decir, por su afinidad al agua o al aceite, como una identificación de porcentaje de peso de la proporción hidrofílica de su molécula. Esta propiedad puede utilizarse como guía aproximada para su selección, aunque no es infalible del todo, puede ser aplicada para estimar el valor HLB de numerosos surfactantes. Por tanto la solubilidad de un emulsificante está relacionada con su valor HLB. Según se indica en el cuadro 13, se aumenta la dispersión de un emulsificante en agua, cuando se incrementa el valor de HLB. (Fennema,1985)

**Cuadro 13 Estimación de los valores HLB respecto a la solubilidad en agua de los emulsificantes.**

Dispersión	Rango HLB
a) No hay dispersión	1 - 4
b) Poca dispersión	3 - 6
c) Dispersión lechosa por agitación vigorosa	6 - 8
d) Dispersión transiúcida a clara	10 - 13
e) Solución clara o transparente	+ 13

(Fuente: Fennema, 1985)

3. El valor HLB de un emulsificante es un índice del tamaño y fuerza de los grupos funcionales de los emulsificantes hidrofílicos y lipofílicos que los componen. Un emulsificante fuertemente lipofílico presentará un bajo valor de HLB que usualmente es menor que 10 y producirá emulsiones del tipo agua en aceite (w/o), un emulsificante altamente hidrofílico presentará un valor de HLB alto que es mayor de 10 y producirá emulsiones del tipo aceite en agua (o/w). (Fennema, 1985)

4. El valor de HLB de un emulsificante determina el tipo de emulsión que tenderá a formar y es un índice de sus características funcionales y no una indicación de su eficiencia como emulsificante para la estabilidad de la emulsión de una manera directa. Sin embargo es una herramienta muy útil en la preparación en la mayoría de las emulsiones. Utilizando los valores HLB el porcentaje necesario para cada emulsificante podrá ser calculado en el diseño de una formulación de una emulsión, reduciendo así, el número de pruebas "ensayo-error" de la emulsificación. En el cuadro 14 se muestran las relaciones aproximadas entre los valores HLB y la aplicación final del emulsificante y el tipo de emulsión buscada. (Fennema, 1985)

**Cuadro 14 Relación entre los valores HLB y la aplicación final del emulsificante.**

Aplicación	Rango HLB
Emulsificante para sistemas W/O	4 - 6
Agentes humectantes	7 - 9
Emulsificantes para sistemas O/W	8 - 18
Detergentes	13 - 15
Agentes solubilizantes	15 - 18

(Fuente: Fennema, 1985)

Los emulsificantes cuyos valores estén entre 3-6 facilitarán las emulsiones agua en aceite, mientras las emulsiones aceite en agua se forman con emulsificantes cuyos valores de HLB se hayan comprendidos entre 8 y 18, el resto de los valores de HLB que no están considerados dentro de estos rangos, son de surfactantes que se utilizan ampliamente en otros usos industriales. (Fennema,1985)

Actualmente se sabe que la estabilidad óptima de una emulsión agua en aceite debe tener un valor de HLB de 3.5, mientras que para una emulsión de aceite en agua el valor de HLB debe ser de 12. (Fennema,1985)

Para conseguir una emulsión estable se precisa, por lo general, de una mezcla de dos o más emulsificantes, combinaciones de compuestos lipofílicos e hidrofílicos, considerando que para una emulsión óptima se debe obtener valores de HLB lo más aproximadamente posible a los arriba mencionados. (Fennema,1985)

Sin embargo, para formar emulsiones aceite en agua con aceites vegetales se necesita un sistema de emulsificantes con valores HLB entre 7 y 12 y para una emulsión de agua en aceite preparada con aceite de algodón, se requiere de un emulsificante cuyo valor de HLB puede ser de 3.5 a 5. (Fennema,1985)

#### **Guía de selección de un sistema de emulsificantes por el método HLB.**

El método HLB se aplica fácilmente a emulsionantes de HLB conocido o se puede obtener de manera teórica o experimental como ya se describió. El método de selección consiste en tres etapas: (Frieberg y Larsson,2000)

##### **Etapa 1.**

Determinación del valor requerido de HLB de acuerdo a la combinación de ingredientes de la emulsión y del producto final que se desee, es decir, que sean compatibles. Establecer el tipo de emulsión agua en aceite o viceversa de acuerdo a los valores de HLB óptimos para las emulsiones 7 a 12 ó 3.5 a 5. (Frieberg y Larsson,2000)

##### **Etapa 2.**

Determinación del emulsificante, considerando un par de emulsificantes, uno del tipo lipófilo y otro hidrófilo con un valor HLB previamente conocido para cada uno de ellos y que concuerde al HLB establecido en la primera etapa, para el tipo de emulsión buscada. (Frieberg y Larsson,2000)

**Etapa 3.**

Optimizar el nivel de uso del sistema del emulsificante a un valor determinado de HLB respecto al tipo de emulsión buscada. Si el nivel es bajo, el efecto del surfactante puede disminuir o no se producirá el efecto deseado y si es muy alto, se puede eliminar el efecto de emulsificación en el producto. (Friberg y Larsson, 2000)

Este método sólo se aplica a nivel laboratorio, en donde el objetivo es analizar la materia prima, hablando de agentes de peso como resinas o Sucrosa Acetato Isobutirato (SAIB); o bien almidones modificados pre-gelatinizados o goma arábiga, de un proveedor al que usualmente no se le compran cualquiera de estos productos y que en un momento determinado pudieran ser una alternativa de sustitución. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se realizan los cálculos para determinar qué cantidad de goma y agente de peso ocupar para obtener una emulsión estable:

**Ejemplo.**

Probar diferentes combinaciones de dos o más emulsificantes y determinar cuál tiene mayor estabilidad en la emulsión. Ejemplo: Se quiere saber el porcentaje de combinación de los siguientes emulsificantes en una emulsión tipo o/w, cuyo valor óptimo de HLB va de 7 a 12, utilizando la resina Ester Gum la cual tiene un HLB de 3.0 y la goma arábiga con un valor de HLB de 11.9, a través de la fórmula:

$$\% A = \frac{100 (x - \text{HLB } (B))}{\text{HLB } (A) - \text{HLB } (B)} \dots\dots\dots (B)$$

$$\% B = 100 - \% A$$

donde:

- x = HLB del tipo de emulsión ( o/w ó w/o)
- A = HLB del emulsificante (goma)
- B = HLB del agente de peso (resina)

Por lo tanto:

$$\% A (\text{Goma arábica}) = \frac{100 (9.6 - 3.0)}{11.9 - 3.0} = 75\%$$

$$\% B = 100 - 75 = 25 \% \text{ Resina}$$

$$11.9 - 3.0$$

ester gum

$$75/25 = \% A/\%B = 3$$

= 1 parte de resina ester gum por 3 partes de goma arábica.

Las cantidades obtenidas tanto de la goma como del agente de peso, son aplicadas en la elaboración de un producto de línea a nivel laboratorio (en donde generalmente se prepara sólo un litro) del cual se saben todas sus características fisicoquímicas y sensoriales. Posteriormente el primer paso es analizar fisicoquímica y sensorialmente, cada etapa que forma parte en la preparación del concentrado hasta la bebida terminada, siempre comparando los resultados obtenidos contra el producto testigo de línea. Si los valores de los parámetros obtenidos de la muestra difieren del testigo, entonces comienza a jugarse con la relación de la resina-goma, siempre dejando uno de los dos fijo. Es decir, podría ser 1.1 partes de resina por 3 partes de goma, por ejemplo; ó 1 parte de resina por 2.5 partes de goma, etc., hasta lograr igualar todas las características fisicoquímicas y sensoriales de la muestra testigo.

Sin embargo, aunque lográramos ésto, es importante observar la estabilidad que confieren estos productos a la muestra que fue preparada en el laboratorio, pues si no se consigue, estas materias primas prospecto son rechazadas de inmediato. De lo contrario, si se logra de forma completa una emulsión contratipo, se pasa a la siguiente etapa, que corresponde en primer lugar al Gerente del Área Técnica y posteriormente al Director General, la cual consiste en revisar los costos de cada materia prima, rendimientos, almacenamiento, tiempos de entrega, vida de anaquel, asesorías técnicas. Y finalmente se decide o no aprobar la compra y el uso de estos productos.

Finalmente, la estabilidad de la emulsión puede ser variable en función de los emulsificantes utilizados. Cada par de los emulsificantes son capaces de originar diferentes grados de estabilidad. La estabilidad de una emulsión se atribuye a que las cargas se repelen entre sí, en las superficies de las partículas emulsificadas, por esta razón no se deben mezclar los emulsificantes aniónicos con los catiónicos, debido a que se neutralizan, provocando la floculación y la coalescencia.

### 5.3.3. Aspectos técnicos de la elaboración de las emulsiones en la empresa Saroma S.A. de C.V.

#### Concepto de la emulsión líquida.

En el negocio de las bebidas de frutas de sabores cítricos son por mucho los más populares de todos y entre ellos el sabor naranja es el preferido por los consumidores. Los productos a base de sabores cítricos están elaborados principalmente de aceites esenciales extraídos de las cáscaras de las frutas correspondientes, los cuales no son solubles al agua. Las emulsiones para bebidas son únicas en su clase. Son diferentes a otras emulsiones por el hecho de que van a ser consumidas en una forma diluida, comparada con su forma originalmente concentrada. Dado que la emulsión es disuelta varias veces de su forma original, tanto la emulsión concentrada como la bebida final deberán tener una alta estabilidad. La norma establecida por la industria es de 3 a 6 meses. Las emulsiones para bebidas se pueden dividir en dos grupos:

- a) Emulsiones con sabor (para preparar bebidas refrescantes).
- b) Emulsiones turbias (las cuales están compuestas por un porcentaje mínimo de fase oleosa, el cual tiene principalmente aceite bromado, aceite mineral, terpenos de naranja, aceite de mandarina, y cuya finalidad es dar cuerpo a la bebida y redondear el perfil de sabor en donde se aplica).

En ambos casos, las dos están integradas de una fase oleosa y una fase acuosa, por lo que son denominadas "emulsiones aceite en agua".

### 5.3.4. Descripción y funcionalidad de los ingredientes.

#### Fase interna o fase oleosa.

##### Aceites.

El componente más importante de las emulsiones y turbias para bebidas, es el aceite. Es éste o la mezcla de estos, los que imparten las características y la personalidad en cuanto a sabor y turbidez. En la mayoría de los casos, se utiliza una mezcla de aceites cítricos de diferentes tipos y concentraciones con el objeto de obtener un balance de sabor. Los terpenos oxigenados, específicamente los alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos y ésteres son los responsables de los perfiles de aroma y sabor. Otro tipo de aceites comúnmente usado para turbias son los aceites vegetales y minerales que pueden ser combinados con terpenos. (Friberg y Larsson,2000)

Así como los aceites son uno de los ingredientes más importantes en las emulsiones para las bebidas, son también el ingrediente más delicado y difícil de estabilizar, por lo que es necesario preparar una fase llamada oleosa porque en ésta se integran los aceites esenciales, los agentes balanceadores de peso, aceite mineral o vegetal y los antioxidantes, para que al ser adicionados a la fase acuosa pueda llevarse a cabo la emulsificación, y logrando de esta forma, que al ser preparada la bebida, ésta tenga un perfil de sabor homogéneo. Podemos decir que la densidad de los aceites dependiendo de su origen y calidad oscila en un rango de entre 0.84 a 0.89 g/cm<sup>3</sup>. El bajo peso específico y la insolubilidad de los aceites en agua dan una idea de la dificultad de mezclarlos y mantenerlos en una dispersión estable. En el cuadro 15 se presentan algunas densidades de diferentes aceites.

**Cuadro 15 Tipo de aceites para emulsiones (O/W).**

Aceites	Densidades g/cc
Aceites esenciales de cítricos	0.855 - 0.883
Terpenos de cítricos	0.837 - 0.850
Aceite vegetal de maíz	0.916 - 0.921
Aceite vegetal de girasol	0.915 - 0.919
Aceite mineral	0.920 - 0.940
Aceite vegetal de cártamo	0.921

(Fuente: Friberg y Larsson, 2000)

Las dosificaciones estándar manejadas para las industrias dependen de la concentración y calidad de los aceites. Para aceites esenciales estándar se utiliza una dosis de 100 a 300 ml. por litro de concentrado (emulsión), que a su vez se va a aplicar en un jarabe de 10 a 12 °Bx para formar la bebida final. Para el caso de las bebidas, dependiendo del tipo, se realiza un concentrado con el color, acidulante, preservativos, otros aditivos y concentrado de frutas o pulpa de fruta.

Existen dos métodos para incorporar estos sabores a las bebidas no alcohólicas y no carbonatadas. El primero de ellos involucra la separación de las fracciones solubles en agua por medio de extracción y destilación. El segundo método involucra convertir el aceite en una solución dispersable en agua. Para llevar a cabo éste, debe entenderse que la fase oleosa está constituida por los aceites esenciales y los agentes de balance de peso (son solubles en aceites y en su mayoría con un carácter neutro para no modificar el sabor base de la bebida), los cuales aportan turbidez a la bebida final. En el caso de las emulsiones turbias, se utilizan aceites neutros sin sabor y los agentes de balance de peso.

Ahora bien los agentes de peso, también llamados agentes ajustadores de densidad, deben integrarse con los aceites esenciales, aceites minerales o vegetales y antioxidantes. Cuando la mezcla se encuentra perfectamente homogénea, ésta tendrá un valor de densidad entre 0.980-0.985, igual al que tendrá la bebida terminada para asegurar que será estable. Éstos son solubles en productos como los terpenos de naranja, que son subproductos de la extracción y destilación de la cáscara de la naranja (de donde se obtiene el aceite esencial de esta fruta), y los cuales si se aplican en grandes cantidades a una emulsión confieren algún sabor amargo residual en la bebida terminada.

#### **Agentes de balance de peso.**

Este tipo de ingredientes son materiales que son adicionados a los aceites para incrementar su peso específico y ayudar a mejorar la estabilidad de la emulsión manteniendo por más tiempo la dispersión de los aceites. Son conocidos también como agentes de ajuste de densidad. Las características más importantes de este tipo de productos son: (Friberg y Larsson,2000)

1. Deben ser solubles en aceite e insolubles en soluciones azucaradas.
2. Deben tener un peso específico considerablemente mayor al de los aceites.
3. No deben aportar sabores indeseables, olor o color al producto final.
4. Deben de estar aprobados por la reglamentación sanitaria del país donde el producto será consumido.

#### **Aceite Vegetal Bromado (BVO).**

El BVO que se consume en la industria de bebidas está elaborado a partir de diferentes tipos de aceites vegetales, tales como el aceite de oliva, aceite de alnjojli, aceite de maíz, aceite de soya, o aceite de algodón. (Friberg y Larsson,2000)

Es el balanceador de densidad por excelencia por su alto peso específico y por sus propiedades enturbiantes. Dependiendo del tipo de aceite utilizado, la dosis necesaria para balancear su densidad respecto a la densidad del jarabe en donde va a ser aplicada la emulsión, varía entre 100 y 160 ppm de BVO como concentración en bebida final, para obtener un sistema estable. (Friberg y Larsson,2000)



Sus características son: 1. Densidad específica 1.33; 2. Excelente agente de balance; 3. Propiedades de turbidez; 4. Estabilidad a la oxidación; 5. Soluble en aceites (esenciales y vegetales); 6. Compatibilidad con otros agentes de balance, 7. Uso restringido por la legislación sanitaria (15 ppm en bebida final); 8. Posible cancelación de su uso.

#### **Ester Gum (R-8).**

Es una oleoresina que se obtiene de la madera de algunas especies de pinos como el Pinus Palustris. Cuando la fracción ácida de la resina es químicamente combinada con el glicerol a través de una esterificación se obtiene la oleoresina de éster, goma esterificada o tremetina. Ésta es purificada por destilación al vacío. El ácido abiótico es uno de los principales componentes de esta resina de pino, es un éster abitato de glicerol. Esta sustancia se utiliza en emulsiones para enturbiar bebidas; modifica la tendencia de los aceites a separarse de la fase acuosa, en una emulsión, actúa como un emulsificante. El ester gum se produce en hojuelas o en forma de maqueta. Está aprobado en USA y otros países como aditivo alimenticio. Su uso en bebidas está limitado a 100 ppm dentro del producto final. Las propiedades físicas de esta resina son: (Friberg y Larsson,2000)

Sus características son: 1. Densidad específica = 1.04 - 1.08; 2. Agente medio de balance de densidad; 3. Excelentes propiedades de turbidez; 4. Soluble en aceites (esenciales y vegetales); 5. Compatibilidad con otros agentes de balance; 6. Baja estabilidad contra la oxidación; 7. Puede impartir olor y sabor a la bebida; 8. Nivel de uso permitido: 100 ppm.

#### **Sucrosa Acetato Isobutirato (SAIB).**

El SAIB se produce por la esterificación del azúcar natural (sacarosa) con anhídrido isobutírico en presencia de hidróxido de bario como catalizador. Posteriormente se purifica por arrastre de vapor al vacío, para después ser decolorado con carbón activado. Este producto es una sustancia viscosa, sin olor, sabor o color. A temperatura ambiente es difícil de utilizar por su alta viscosidad la cual disminuye cuando es mezclado con solventes o cuando se le incrementa la temperatura. No obstante lo anterior, el producto presenta excelentes ventajas en su uso como agente de balance de densidades para aceites: (Friberg y Larsson,2000)

Sus características son: a) No imparte sabor a la bebida a los niveles de uso; b) Es soluble en aceites (aceites esenciales y vegetales) y en grasas animales; c) Tienen una excelente estabilidad contra la oxidación; d) El producto se metaboliza en el organismo como sacarosa, ácido acético y ácido isobutírico. Todos ellos son compuestos normales de los alimentos

Las propiedades del SAIB son:

1. Peso molecular: 832 - 856
2. Índice de refracción: 1.454
3. Densidad específica: 1.148
4. Viscosidad (cps)  
30 °C, 100,000, 50°C, 8000, 100°C, 150, 160°C, 18
5. Vida útil: 2 años
6. Muy buen agente de balance de densidad
7. Imparte poca turbidez
8. Estabilidad a la oxidación
9. No aporta olor, sabor ni color
10. Nivel de uso permitido, dependiendo de cada país

(Fuente: Friberg y Larsson, 2000)

Desde la regulación y cancelación en algunos países del uso del BVO, muchos productos han sido propuestos para su uso en la industria de bebidas como agentes balanceadores de densidad. Muchos de estos productos están en la etapa de evaluación y aprobación por la industria y las autoridades sanitarias de cada país. (Friberg y Larsson, 2000)

#### **Fase externa o fase acuosa.**

##### **Agua.**

La fase acuosa, usualmente consiste de una mezcla de hidrocoloides, acidulantes, preservativos y color. El hidrocoloide más utilizado es la goma arábiga y/o los almidones modificados. En las emulsiones líquidas el agua es el componente de mayor volumen. Su porcentaje promedio asciende a niveles del 60 al 70% y en ciertas formulaciones alcanza el 80%.

El agua utilizada deberá ser agua tratada para eliminar materia suspendida y coloidal, sabor y olor indeseables y microorganismos. La dureza y alcalinidad también tendrán que ser controladas. La alta alcalinidad del agua puede neutralizar el carácter ácido de las bebidas volviéndoles insípidas. También afecta la estabilidad de la emulsión al neutralizar la carga electrostática de las partículas de la misma. Este efecto negativo es más obvio en la bebida final que en la emulsión por la baja concentración de ésta en el producto final. (Friberg y Larsson, 2000)

##### **Hidrocoloides.**

Los hidrocoloides son utilizados para estabilizar la emulsión, por su propiedad de emulsificar los glóbulos de aceite. (Friberg y Larsson, 2000)

**Goma Arábica.**

La goma arábica o goma de acacia es el hidrocoloide más utilizado y más conocido en la industria de bebidas. Es obtenida de la purificación del exudado de las ramas y los troncos de los árboles denominados Acacia Africana que pertenece a la familia de las leguminosas. La variedad de acacia que produce una cantidad de goma arábica utilizada en emulsiones es la Acacia Senegal, siendo Sudán el país con la mayor producción a nivel mundial. (Friberg y Larsson,2000)

La mejor calidad es aquella que es seleccionada como materia prima desde las lágrimas recolectadas de los troncos como las más claras, ambarino claro que producen soluciones poco viscosas, sin olor ni sabor y con un color ambarino pálido. Además es una sustancia con una estructura compleja y propiedades únicas que la hacen viable en un número de aplicaciones, especialmente en la industria alimenticia. (Friberg y Larsson,2000)

**Almidones Modificados.**

La alternativa más aceptada como sustituto de la goma arábica son los almidones modificados. Estos productos están constituidos por un grupo especial de almidones seleccionados porque producen derivados con un balance hidrofílico-lipofílico (HLB) adecuado para estabilizar sistemas aceite-agua. (Friberg y Larsson,2000)

El almidón es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Actualmente los usos más conocidos del almidón son en la industria alimentaria, ya sea en forma modificada, parcialmente hidrolizada o bien en su estado natural. Las principales fuentes de obtención del almidón provienen de: maíz, trigo, soya, arroz y tubérculos (tapioca y papa). La mejor fuente de obtención del almidón es el maíz, debido a su abundante cosecha, altos rendimientos por hectárea sembrada, la estabilidad del grano durante su almacenamiento y su facilidad de procesamiento. Dado a estas características presenta un bajo precio al industrializarlo. La variedad del maíz más usada para su industrialización son los "Híbridos waxy", que contienen un alto contenido de amilosa. Químicamente el almidón es un carbohidrato que contiene dos polisacáridos muy similares la amilosa y la amilopectina. (Friberg y Larsson,2000)

La amilosa en soluciones acuosas sufre el proceso de retrogradación (insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa debido a que sus características lineales se orientan paralelamente e interaccionan para formar puentes de hidrógeno) y gelificación por su estructura lineal, en cambio en la amilopectina por su estructura ramificada este proceso se presenta en una menor proporción, produciendo aumento de viscosidad pero sin gelificar. (Friberg y Larsson,2000)

Por lo tanto se puede inhibir la retrogradación mediante el uso de almidones modificados, cuyos grupos esterificados evitan que se unan las cadenas de carbohidratos lineales y al reforzar las cadenas ramificadas de la amilopectina se aumenta la estabilidad del almidón en cuanto a retrogradación y gelificación. Los almidones modificados que se aplican en la elaboración de emulsiones lipofílicas-hidrofílicas en la empresa Saroma S.A. de C.V., son los pre-gelatinizados, pues no se aplica temperatura en su proceso. (Friberg y Larsson,2000)

Las principales ventajas de usar almidones modificados son: 1. Menor costo de aplicación como sustitución total o parcial; 2. Presenta baja viscosidad en agua; 3. Propiedades emulsificantes por su balance hidrofílico-lipofílico (HLB) adecuado para estabilizar los sistemas aceite-agua. (Friberg y Larsson,2000)

La dosis utilizada de almidones modificados comparada contra las dosis utilizadas de goma arábiga son básicamente un 25% superiores a estas últimas. Dado su característica de ser un producto obtenido a través de un proceso químico en donde uno de los ingredientes (almidón) es de origen natural, la calidad de estos almidones presenta un comportamiento un tanto cuanto irregular. Aunque en fechas recientes, el control de los procesos ha mejorado la calidad de estos productos, algunos lotes de vez en cuando pueden presentar deficiencias en su capacidad emulsificante, pueden producir soluciones de mayor viscosidad o incluso presentan tendencias a formar geles cuando las emulsiones se conservan en refrigeración. La otra limitante importante respecto al uso de almidones modificados es que las emulsiones fabricadas con ellos presentan menor tolerancia a contenidos alcohólicos. El mayor contenido alcohólico manejado es de 4% (este porcentaje se refiere a aquellos sabores que vienen en base alcohol para hacerlos solubles en el concentrado), para que la emulsión sea estable.

#### Ácidos.

El ácido es un ingrediente importante en la elaboración de bebidas no alcohólicas y no carbonatadas ya que imparte la nota distintiva al sabor y controla el pH para prevenir el crecimiento de microorganismos. Se adiciona a la emulsión para mantener el pH abajo de 4.5. La razón es que la mayoría de las bacterias crecen y se desarrollan en rangos de 6.0 a 8.5 y los patógenos no crecen en pH abajo de 4.5. El ácido cítrico es el producto más utilizado por la industria ya que está íntimamente ligado al carácter de las bebidas más populares (naranja, limón, mandarina, toronja). Otros ácidos utilizados por la industria de bebidas son: málico, fumárico y fosfórico para las bebidas carbonatadas. (Friberg y Larsson,2000)

**Conservadores.**

Los preservativos o conservadores más utilizados en la industria de bebidas son: el benzoato de sodio y el sorbato de potasio, ya que existe una propiedad sinérgica en esta mezcla que puede abarcar un aspecto mayor de bacterias, hongos y levaduras que afectan principalmente al producto terminado. El porcentaje de concentración de los conservadores en una fórmula para una emulsión es del 1%. La función primordial de estos productos es la de preservar la estabilidad tanto del concentrado como de la bebida, evitando el crecimiento de hongos y levaduras que pudieran acortar la vida de anaquel de estos productos. (Friberg y Larsson,2000)

**Colorantes.**

Los colorantes más utilizados son los aprobados por la FDA, los cuales deben ser resistentes al calcio. También se utilizan colorantes naturales como los Beta-carotenos y extractos botánicos. El porcentaje de concentración de los colorantes en una fórmula para una emulsión es del 2%. La función principal de éstos, es que el consumidor asocie el sabor de la bebida con el color. (Friberg y Larsson,2000)

**5.3.5. Proceso de elaboración de la emulsión, partiendo de la existencia de materias primas aprobadas y tanques de preparación de estos productos limpios y sanitizados (cuadro 16, del punto 1 al 3).**

**Primera etapa.****Fase acuosa (cuadro 16, punto 4).**

Para iniciar un adecuado proceso de preparación de esta fase se deberá seguir el siguiente orden:

1. Pesar perfectamente y con exactitud los ingredientes, se mide la cantidad de agua en el tanque de preparación, dejando remanente para disolver los conservadores, ácidos y otros ingredientes de acuerdo a la formulación, en otro tanque.
2. Se disuelve la goma arábiga y/o almidón modificado de acuerdo a la formulación, utilizando un agitador de alta velocidad hasta su completa hidratación.
3. Se verifica la hidratación de la goma tomando una muestra del mucilago y se observa al microscopio de tal forma que la goma debe estar totalmente disuelta en el agua, para desarrollar toda su viscosidad y su poder de emulsificación.

**Fase oleosa (cuadro 16, punto 4).**

Al igual que la fase acuosa, se debe seguir el siguiente orden:

1. Pesar perfectamente los ingredientes, con exactitud y cuidadosamente.
2. Se adicionan al tanque de preparación, los aceites esenciales y/o saborizantes liposolubles mezclándose perfectamente con los aceites vegetales o neutros.
3. Se adicionan los antioxidantes (BHA y BHT, ya que al aplicarlos previenen la producción de sabores y olores rancios desagradables que resultan de la oxidación de los lípidos), hasta su completa disolución.
4. A continuación se disuelve el agente de peso con la mezcla de aceites hasta su completa disolución, cuidadosamente para evitar la oxidación del aceite.
5. Se verifica la disolución del agente de peso, tomando una muestra en un vaso de precipitados de vidrio y debe observarse que la mezcla de aceites esté completamente homogénea.
6. El proceso de elaboración de ambas fases se lleva a cabo a temperatura ambiente.

**Recomendaciones.**

- a) El proceso de elaboración de ambas fases debe realizarse perfectamente a temperatura ambiente para evitar desnaturalización de la goma y oxidación en los aceites.
- b) La disolución de los conservadores, ácidos y otros ingredientes hidrosolubles debe efectuarse en un remanente de agua, para mejorar la hidratación de la goma, al menor tiempo posible y que alcance su máximo poder de emulsificación.
- c) La solución de los ingredientes hidrosolubles restantes puede integrarse a la goma hidratada después de adicionar la fase oleosa.
- d) Si los agitadores en la hidratación de la goma, son de alta velocidad no producirán incorporación de aire, por lo que podrá mezclarse con la fase oleosa inmediatamente. Para el uso de agitación de media y baja velocidad el tiempo de agitación será mayor y después de hidratada se tendrá que esperar a que repose por lo menos 2 horas antes de adicionarle la fase oleosa para su deaeración.
- e) Para el caso de agitación lenta en la hidratación de la goma, se puede utilizar un deaerador para continuar con el proceso de preparación en el menor tiempo posible.
- f) La dosificación de los agentes de peso o balanceadores de densidad siempre deberá ajustarse a los Reglamentos Sanitarios; normalmente la industria utiliza el máximo nivel permitido con el objeto de facilitar la estabilización de la emulsión.

g) Respetar el orden, la velocidad de adición de los ingredientes y las condiciones de operación para obtener una emulsión igual al estándar o las especificaciones requeridas.

h) Para hidratar la goma y/o almidón modificado, su adición al agua debe ser lo más lentamente posible, para su mejor y rápida hidratación especialmente cuando se utiliza agitación lenta.

### **Segunda etapa.**

#### **Pre-emulsificación (cuadro 16, punto 6,7).**

Esta etapa consiste en lo siguiente:

1. Se incorpora la fase oleosa a la acuosa para formar una emulsión cruda, pre-emulsión o premezcla. Esta operación debe realizarse de forma lenta y en el centro del vórtice que se forma en la emulsión al ser agitada dentro del tanque, para lograr que el diámetro de los glóbulos de aceite sea homogéneo, facilitando la homogeneización y garantizando una emulsión estable. Esta etapa es la más importante y más que la etapa de homogeneización.

2. Esta etapa es crucial debido a que se inicia el rompimiento o fraccionamiento de la fase oleosa.

3. En la mayoría de las emulsiones para bebidas se requiere que en esta etapa el tamaño de partícula del glóbulo esté entre 2 a 5 micras y sin que los glóbulos mayores se excedan de las 8 micras.

4. Para lograr lo anterior es necesario contar con pre-emulsificadores, cuya velocidad va desde 200 hasta 3000 r.p.m.

Las principales ventajas de utilizar un mezclador de alta velocidad, son las siguientes:

- a) Asegura mayor estabilidad a la emulsión.
- b) Evita el calentamiento excesivo de la emulsión al homogeneizarse debido a que no necesita varios pasos por este equipo, evitando que se degrade la emulsión.
- c) Mayor productividad y eficiencia en el proceso.
- d) Reduce el costo de la formulación respecto a que reduce la dosificación de goma al maximizar su poder emulsificante.
- e) Reduce la oxidación de los aceites y las resinas porque no incorpora aire.
- f) Asegura un tamaño y distribución de partícula y maximiza el rompimiento de la fase oleosa y minimiza la tensión interfacial de los glóbulos para así obtener una óptima emulsificación de estos con la goma arábiga y/o almidón modificado para formar la película protectora y conservar su carga electrostática estable.

g) Evita el calentamiento excesivo en la hidratación de la goma que aunque esté hidratada si se mantiene en agitación más tiempo del que debe estarse agitando, sufrirá una degradación ocasionando que se obtenga una emulsión "aguada o rota", disminuyendo su poder de emulsificación.

### **Tercera etapa.**

#### **Homogeneización (cuadro 16, punto 8,9).**

Esta última etapa es donde la emulsión cruda es bombeada a través de la válvula del homogeneizador a alta presión. La alta presión generada fuerza al líquido a pasar por la válvula a alta velocidad generando turbulencia y fuerzas de cavitación que rompen los glóbulos de aceite en partículas más pequeñas o globulitos. Los homogeneizadores más comúnmente usados son de dos etapas, aunque algunas industrias utilizan los de una sola etapa. Las máquinas utilizadas para la emulsificación suelen denominarse indistintamente emulsificadores y homogeneizadores.

La homogeneización consiste en la reducción de tamaño y el incremento del número de partículas sólidas o líquidas en la fase dispersa, por aplicación de grandes fuerzas de cizalla, con objeto de lograr contacto íntimo entre los componentes y la estabilidad de ambas sustancias. La homogeneización, por tanto, es una operación más drástica que la emulsificación. Ambas operaciones se emplean para cambiar propiedades funcionales o la comestibilidad de alimentos y no afectan, o muy poco, a su valor nutritivo o vida útil.

El homogeneizador es una bomba recíproca o una bomba tipo pistón que consta de una válvula homogeneizadora o pistón. El producto entra entre el espacio del pistón homogeneizador y la válvula de asiento, este espacio es muy reducido de 0.038 mm (0.0015 pulgadas), lo cual incrementa dramáticamente la velocidad del producto. Este aumento provoca que se reduzca la presión de vapor del líquido y éste se evapore parcialmente creando un burbujeo en el líquido. La pre-mezcla fluye a través del área entre el pistón y la válvula de asiento, con lo cual se reduce su velocidad y recobra su presión, resultando en un rompimiento de los glóbulos de aceite. Este fenómeno, a la formación y explosión de los glóbulos de aceite se denomina como cavitación. La intensa energía liberada y la turbulencia asociada a la cavitación provoca el rompimiento de las partículas de aceite. El proceso de homogeneización ocurre a través de un espacio muy pequeño de 0.0138 mm (0.0015 pulgadas) que corresponde a un espacio de tiempo muy corto (menos a los 0.005 segundos). Ver figuras 13 y 14.



La aplicación de dos etapas, tiene la ventaja de obtener una mejor distribución del tamaño de la partícula, parámetro que es directamente proporcional a la estabilidad de la emulsión. En los equipos de 2 etapas, la segunda etapa efectúa el control de la contra presión haciendo más eficiente el trabajo de la primera y al mismo tiempo minimiza la posibilidad de agrupamiento y coalescencia de los glóbulos de aceite en la emulsión. El nivel de presión en ambas etapas es diferente y puede variar de una emulsión a otra emulsión dependiendo de la composición de cada una. No obstante lo anterior, los rangos de presiones en ambas etapas están entre los siguientes valores: 1° Etapa 500 psi; 2° Etapa 2500 psi.

#### Recomendaciones.

- La utilización de una sola etapa tiene la desventaja de calentar la emulsión al pasar por el homogenizador más de dos veces hasta alcanzar el tamaño del glóbulo, desnaturizándola, sin asegurar que la distribución sea la adecuada. Para evitar este problema se deberá dejar enfriar la emulsión antes de envasarse.
- Para el caso de homogeneizar en una sola etapa se sugiere probar con 200 kg/cm<sup>2</sup>, repitiéndolo de dos a tres veces y verificar el tamaño y distribución de partícula.

Figura 13 Homogeneización a presión de una etapa

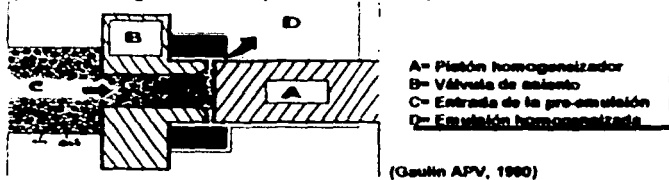
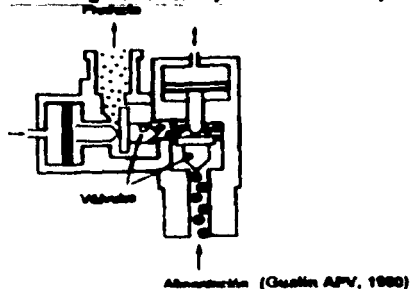


Figura 14 Válvula de homogeneización a presión de dos etapas



**Cuarta etapa.****Control de Calidad (cuadro 16, punto 9).**

La calidad de una emulsión depende del conocimiento, responsabilidad y conciencia de todo el personal que interviene en ella, desde el que desarrolla, administra y elabora el producto.

La manufactura de una emulsión es muy delicada y todas las etapas del proceso son importantes y cualquier desviación en la cadena productiva, resultará en un producto sin calidad. Adicionalmente se debe considerar, para la producción de una emulsión los siguientes aspectos, que están relacionados con la calidad del producto:

1. Verificación de básculas y balanzas.
2. Verificación de equipo analítico y de laboratorio.
3. Cubicación del equipo de producción (capacidad en m<sup>3</sup>).
4. Proceso de elaboración y formulaciones por escrito a todas las áreas involucradas, debidamente autorizados.
5. Personal entrenado y capacitado respecto al proceso de manufactura, formulación y especificaciones de calidad.
6. Sanitización y limpieza del equipo e instalaciones.
7. Programa de mantenimiento preventivo a equipos y no tanto correctivos.
8. Evaluación de la calidad de cada ingrediente de acuerdo a una especificación establecida.

El control de calidad inicia desde la preparación de cada una de las fases de la emulsión y en cada etapa del proceso de manufactura, con la finalidad de obtener las características fisicoquímicas determinadas para la emulsión en cuestión.

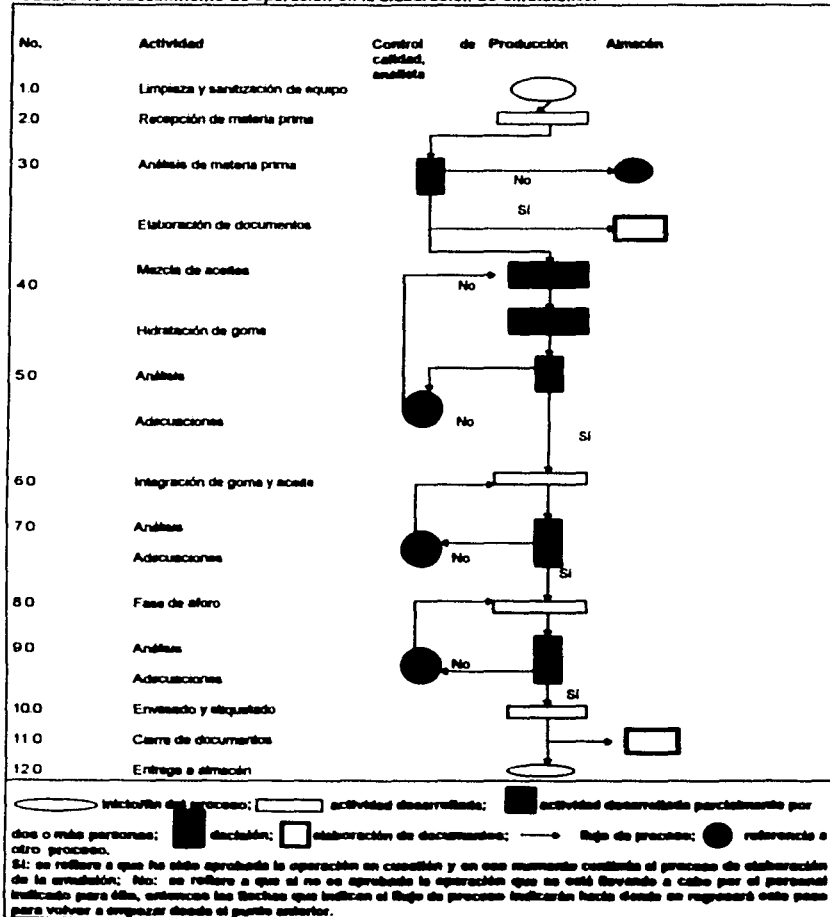
**Quinta etapa****Envasado (cuadro 16, punto 10-12).**

En el momento de ser aprobada la emulsión por control de calidad, se procederá a la operación de envasado en tanques o porrones de polietileno de alta densidad con capacidad de 200 y 50 Kg. respectivamente. Durante el envasado se debe verificar que los envases se encuentren perfectamente limpios, especialmente si son de re-uso, pero es más recomendable usarlos nuevos.

En el transcurso de la emulsificación, debe verificarse cuidadosamente que se deje un espacio en el tanque o porrón, para evitar que se rompan al evaporarse los compuestos volátiles de la emulsión, por lo cual es preferible almacenarlos de 10 a 15 °C ó a la temperatura más fría posible en el almacén.

Ahora bien, la finalidad de esta operación es por un lado, mantener el producto estable, sin alteraciones de sus propiedades funcionales tanto fisicoquímicas (comportamiento reológico, pH, tamaño de los glóbulos de aceite, etc.) como microbiológicas, bajo condiciones de transporte, almacenamiento y vida de anaquel; por el otro, evitar los cambios indeseables en el producto los cuales pueden desarrollarse a través de los procesos de desestabilización como son: Decremado, floculación y coalescencia.

Cuadro 16 Procedimiento de operación en la elaboración de emulsiones.



(Condiciones de operación de proceso de elaboración de concentrados de Serom S.A. de C.V., 2000)

### 5.3.6. Estabilidad.

Para elaborar una emulsión estable es necesario conocer las causas y los efectos que determinan su desestabilización y posteriormente examinar cómo poder evitar o prevenir este fenómeno. La estabilidad de una emulsión para bebidas como concentrado o como bebida final puede ser evaluada en función de la manifestación del efecto cremoso o formación de anillo. (Fennema,1985) (Friberg,2000)

La formación de anillo se manifiesta cuando las partículas de aceite se separan de la fase acuosa flotando hacia la parte superior de la botella en donde se aprecia como un anillo blanco cremoso en el cuello de la botella. Este efecto se considera como la separación de una emulsión en dos emulsiones. Una de ellas es más rica en fase oleosa y la otra es más rica en fase acuosa. Cuando el efecto cremoso se presenta en una bebida no carbonatada y no alcohólica, la emulsión rica en aceite asciende hacia la parte superior y forma una capa cremosa lo cual indica que la distribución del sabor dentro del envase en donde se encuentre ésta ya no es homogénea. En función de este efecto, existen dos fenómenos relacionados: Elevación y estratificación. (Fennema,1985) (Friberg,2000)

La elevación ocurre cuando la emulsión en la botella del refresco asciende a la superficie, dejando una capa clara de líquido en el cuello de la botella. La estratificación ocurre, cuando la emulsión en la botella produce 2 ó más capas ó estratos en la botella con diferente turbidez. Se observa como si la emulsión en la botella se separara por si sola en 2 ó más fracciones de diferente tamaño de partículas o densidad. (Friberg,2000)

Otro fenómeno que se presenta con menor frecuencia es la sedimentación. Este fenómeno ocurre cuando existe una sobredosis en los agentes balanceadores de densidad ó estos están sobresaturados en los aceites. En este caso los agentes balanceadores se van separando lentamente de los aceites y precipitan hacia el fondo de la botella. Las alteraciones más comunes que se desarrollan en una emulsión son a través de los siguientes procesos: (Friberg,2000)

#### 1) Floculación.

Este proceso es el paso inicial para la desestabilización de las emulsiones. La floculación es la aglomeración de los glóbulos en la fase interna de la emulsión que se atraen unos respecto a otros y forman grumos indefinidos o irregulares, del tamaño suficiente como para apreciarlos a simple vista, favoreciendo la velocidad de decantado y la posterior coalescencia de la emulsión o separación completa de ésta. (Friberg,2000) (Fennema,1985)

Por lo general, los grumos o aglomerados pueden redispersarse por mezcla o agitación, hasta disminuir las débiles fuerzas intermoleculares de Van der Waals entre los glóbulos. Estas fuerzas se presentan en la interfase al dispersarse el aceite en el agua, provocando un diferencial de cargas eléctricas o potencial eléctrico llamado también momento dipolar, es decir, que se forma un balance de fuerzas de atracción y de repulsión.

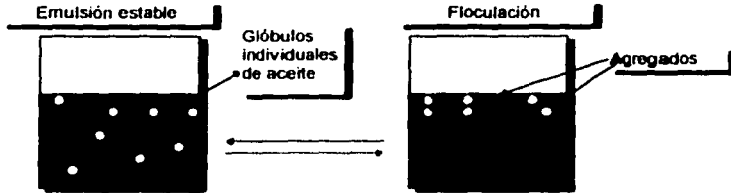
Por lo consiguiente, al estabilizar de manera óptima las fuerzas de repulsión y minimizar las fuerzas de atracción, se obtiene como resultado un máximo de energía potencial de interacción entre las partículas o glóbulos. La energía potencial de atracción también llamadas fuerzas de Van der Waals o fuerzas de dispersión de F. London, se producen por un cambio o alteración en el potencial electrostático de los glóbulos provocando la atracción entre éstos, es decir, que se cargan eléctricamente de cargas opuestas que se atraen. (Friberg,2000) (Fennema,1985)

Estas fuerzas de dispersión al inicio de la inestabilidad de la emulsión e iniciar el proceso de floculación son muy débiles, por esta causa puede ser reversible el proceso a través de una agitación vigorosa. Esta agitación aplica energía al sistema de dispersión induciendo o activando nuevamente el momento dipolar de las partículas, estabilizando la emulsión. (Friberg,2000)

Desde el punto de vista de formación de anillo, estos agregados se manifiestan como simples glóbulos grandes, y su rapidez de formación se hace patente en sistemas donde la diferencia de densidades de ambas fases es suficientemente grande. Cuando este fenómeno se presenta en una emulsión se puede apreciar un incremento en la viscosidad y cambios en las características físicas de la misma; no obstante, la distribución del tamaño de partículas se mantiene sin modificación. En la figura 15 se ilustra el proceso de floculación. (Lissant, 1990)

Si continua este proceso de inestabilidad que inicia con una incipiente floculación y no se modifica, provocará que las fuerzas de atracción se incrementen, disminuyendo por consecuencia las fuerzas de repulsión, se incrementa el tamaño de la partícula, lo que favorece la segunda etapa de desestabilización, el proceso de decremado, en el cual la emulsión será más inestable y por lo tanto es irreversible. Estos procesos de inestabilidad se presentan en la fase del aceite y el agua ó entre la fase interna y externa, dado que el punto de unión crítico es esta fase intermedia, responsable de la estabilidad de una emulsión. (Lissant, 1990)

Figura 15 Proceso de inestabilidad llamado floculación.



(Fuentes,1999)

## 2) Decremado.

Este fenómeno de decremado se identifica como una alteración en la apariencia en forma de una película flotante en la superficie, llamado flotación (esto se presenta en un envase, como anillo en la superficie del producto final) y en la emulsión presenta una apariencia como de separación de crema, similar al de la leche sin homogeneizar y/o una sedimentación de los glóbulos de la fase interna, este proceso es la segunda etapa de inestabilidad y por lo tanto, presenta el peligro inminente de la separación definida de ambas fases (coalescencia) que es la etapa final de desestabilización. En el decremado se presentan dos cambios: Flotación y/o la sedimentación; estos procesos presentan una velocidad de separación en la emulsión y depende de: (Friberg,2000)

- 1) Diferencia de densidades de ambas fases.
- 2) Tamaño de partículas del glóbulo de la fase interna.
- 3) Viscosidad de la fase externa.

Por lo tanto, la velocidad de separación de las partículas se expresa mediante la ecuación de Stokes: (Fennema,1985)

$$v = \frac{2r^2 g (d_1 - d_2)}{9\eta} \dots\dots\dots(7)$$

donde:

$V$  = Velocidad de separación de los glóbulos de aceite. Un valor negativo indica la formación de anillo. Un valor positivo indica sedimentación.

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$d_1$  = Densidad de la fase oleosa ( $\text{kg./m}^3$ )

$d_2$  = Densidad de la fase acuosa ( $\text{kg./m}^3$ )

$\eta$  = Viscosidad de la fase acuosa ( $\text{Ns/m}^2$ ). Pa s

$r$  = Radio de los glóbulos de aceite (1 micra =  $1 \times 10^{-6}$  m)

Cuando se establece un equilibrio entre ambas fuerzas (la fuerza de gravedad y la viscosidad de la fase externa), toda partícula esférica caerá con una velocidad constante " $V$ " dada por la ecuación de Stokes. Por lo tanto, mientras más fino sea el tamaño de la partícula y alta la viscosidad de la fase externa, se reduce la tendencia de una separación y la emulsión se estabiliza. (Friberg,2000)

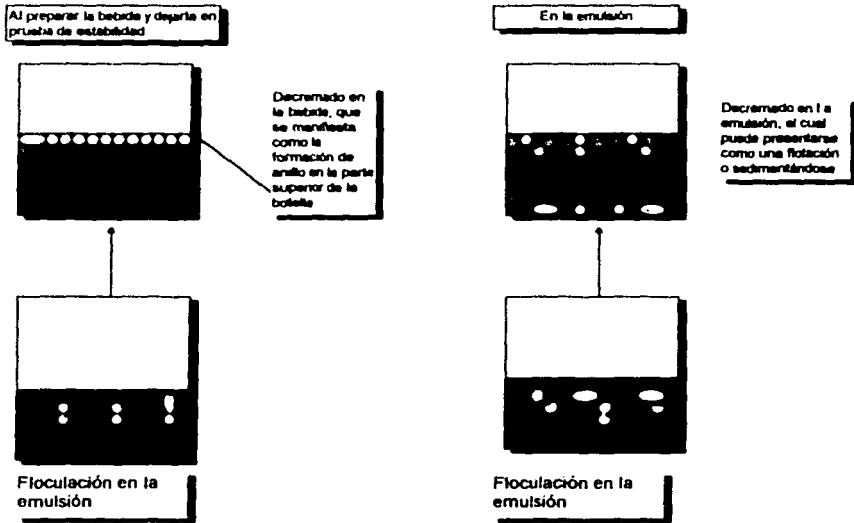
En las emulsiones para bebidas, el aspecto más crítico de estabilidad es la estabilidad de la bebida final en donde la emulsión concentrada es dispersada en un jarabe. La estabilidad en la emulsión concentrada es más fácil de lograr ya que la viscosidad del medio es mucho mayor que el de la bebida final en donde la emulsión concentrada es diluida en proporciones que van de 1/20 a 1/1000.

Lo anterior puede interpretarse como si el concentrado se dispersara en una segunda fase acuosa. La prueba de la formación de anillo es la más utilizada para la evaluación de la estabilidad de las emulsiones en bebidas; esta es una prueba sencilla en que las botellas de bebida que contienen la emulsión son puestas en posición vertical u horizontal y dejados en observación durante un determinado tiempo. La velocidad de formación de anillo por glóbulos de aceite en una solución de azúcar puede ser determinada aplicando la ley de Stokes. (Friberg,2000)

Si se considera que  $(d_1 - d_2)$  y  $\eta$  son valores constantes así como la fuerza de la gravedad, la velocidad de separación será una función directa del tamaño de los glóbulos de aceite. De ahí la importancia de lograr la reducción de la fase oleosa en glóbulos pequeños durante la homogeneización de la emulsión. Un glóbulo de 0.5 micras de diámetro se separará a una velocidad 100 veces menor que una de 5.0 micras. Figura 18



Figura 16 Proceso de inestabilidad llamado decremado.



(Fuentes, 1999)

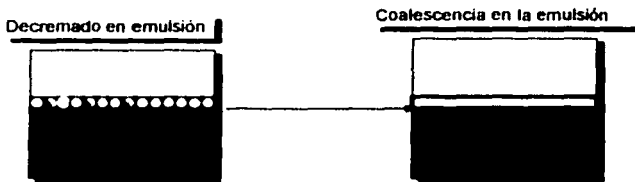
### 3) Coalescencia.

La coalescencia es el proceso de inestabilidad más severo y se presenta después del decremado y desestabiliza la emulsión debido a la ruptura de la interfase, este fenómeno es termodinámicamente espontáneo y conduce a la separación de las dos fases bien definidas. Esta modificación ocurre al dispersar el aceite y el agua, sin contener en la mezcla un ingrediente que los enlace, es decir, un agente de superficie activa o emulsificante, debido al desbalance de fuerzas de repulsión. Figura 17 (Fennema, 1985) (Frberg, 2000)

La inestabilidad presentada por la floculación, el decremado y la coalescencia, está determinada por las siguientes condiciones:

1. Formación de la interfase
2. Carga eléctrica de la interfase
3. Tamaño de la partícula o glóbulo de la fase interna.
4. Viscosidad de la fase externa
5. Tipo y concentración del emulsificante.
6. Formulación y elaboración de la emulsión.
7. Condiciones de almacenamiento.

Figura 17 Proceso de inestabilidad llamado coalescencia.



(Fuentes,1999)

### 5.3.7. Desarrollo de una nueva formulación.

Como punto de partida, se parte de simular la bebida final preparando muestras en probetas de vidrio graduadas de 250 ml., con jarabe de azúcar al 50%, ácido cítrico al 50%, sabor (para poder utilizar el sabor del cual quiere elaborarse la bebida, será necesario realizar una extracción al 10% en alcohol etílico para que al degustar las bebidas, éste se mantenga de forma homogénea dentro de la probeta), enturbiantes, solución de goma al 25% p/p, colorantes al 1% y cualquier otro aditivo que ayude a mejorar las características sensoriales de la bebida; cuando se logra el sabor deseado, se desarrolla la fórmula eliminando el azúcar y sustituyendo su peso por agua, y dependiendo de la potencia que solicite el cliente se desarrollan las fórmulas.

Conociendo la cantidad de aceites esenciales, se realizan los cálculos pertinentes por el Gerente del Área Técnica, para obtener el porcentaje de la fase oleosa (agentes de peso, aceites minerales o vegetales, antioxidantes), y la goma, las cuales se restan a la cantidad de agua calculada en la fase acuosa

## **CAPÍTULO VI**

### **EVALUACIÓN DE LAS EMULSIONES**

Para obtener un producto final de buena calidad y estable, es necesario realizar una serie de análisis en cada etapa de preparación de la emulsión. Importante es resaltar que se monitorea todo el proceso de elaboración de los concentrados, empezando por el análisis que realiza el Departamento de Control de Calidad a cada una de las materias primas involucradas en la producción de concentrados, en donde éste debe expedir un reporte informando que cada una de ellas se encuentra dentro de las especificaciones indicadas por el proveedor, en caso contrario debe colocarse una etiqueta al lote del producto en cuestión con la leyenda de "RECHAZADO", para evitar que el área correspondiente lo utilice, esta actividad se aplica tanto a los productos de línea como a nuevos productos.

Por otra parte, cuando en el área de Investigación y Desarrollo se ha aprobado un nuevo producto es necesario que la primera vez que se elabora en producción se supervise la actividad descrita arriba, además de involucrar al supervisor de producción, para vigilar el pesado de cada una de las materias primas involucradas, así como también este departamento está obligado a entregar una copia del reporte que se entrega a Gerencia Técnica, en donde se anota la nueva formulación, especificaciones fisicoquímicas y sensoriales, vida de anaquel, rendimiento, almacenamiento y diagrama de proceso de elaboración.

Finalmente, Investigación y Desarrollo es quién se encarga de analizar tanto la fase acuosa, como la fase oleosa (en Saroma S.A. de C.V., se denominan correspondientemente, goma hidratada y oil mix, ya que es una mezcla de aceites con agentes de peso, aceites minerales o vegetales y antioxidantes y es también llamado el "corazón de la emulsión", por ser la parte más importante), reportando los resultados obtenidos; finalmente, se colocan en prueba de estabilidad tanto el concentrado como la bebida. A continuación se describirá cómo se realizan los análisis en el laboratorio a cada una de las etapas.

## **6.1 FASE ACUOSA.**

### **1. Disolución de los gránulos de almidón.**

Determinar en el microscopio que los gránulos de la goma y/o almidón modificado estén completamente disueltos e hidratados en la cantidad de agua correspondiente. Cabe mencionar, que siempre se separa una parte de agua en donde en una porción razonable se diluyen los colorantes y conservadores. Y en la otra parte de agua, se disuelve el ácido cítrico

**Nota.**

En caso de que se llegaran a observar fragmentos de goma aún sin hidratar, se dejará un tiempo a consideración del Departamento de Investigación y Desarrollo para que éstos se solubilizen por completo en el agua. Este tiempo va desde los 10 minutos hasta 30 minutos; si se llegara a dar más tiempo de agitación por alguna causa, el hidrocoloide presentaría mayor facilidad para hidrolizarse debido al calentamiento que sufre por una exposición de esfuerzo mecánico exagerado. (Generalmente se da un tiempo de una hora para que se hidrate por completo el hidrocoloide)

**2. Viscosidad.**

Determinar la viscosidad de la fase acuosa es otro parámetro para evaluar el grado de hidratación. Este análisis se realiza en un viscosímetro Brookfield RVT, a 100 r.p.m., con el huso no. 1, realizando tres lecturas cada tres minutos. El valor de viscosidad dado en centipoises, es obtenido a través de una tabla proporcionada por el fabricante, en donde se relaciona la velocidad con el huso usado. Este parámetro va desde los 25 cps hasta los 40 cps, dependiendo del tipo de agente de superficie activa utilizado

**3. Determinación de la estabilidad por medio de la centrifuga.**

Centrifugar la fase acuosa, a 1700 r.p.m. por un tiempo de 10 minutos, para observar la cantidad de material insoluble que contiene la goma, ya que éste después de un tiempo, comienza a sedimentar en el concentrado, dando un mal aspecto

**4. Densidad.**

Determinar la densidad de la fase acuosa por medio de un matraz aforado de 100 ml., para evaluar por medio de la velocidad de Stokes, la velocidad de separación de la emulsión y predecir si la estabilidad de la emulsión será alta o baja

**6.2 FASE OLEOSA.**

**1. Densidad.**

Determinar la densidad del oil mix (mezcla de aceites esenciales, agentes de peso, antioxidantes, aceites minerales o vegetales), por medio de un matraz aforado de 10 ml., para evaluar la velocidad de separación en la emulsión terminada, por medio de la ley de Stokes y predecir la estabilidad de ésta. Estas determinaciones también se utilizan para mejorar la estabilidad de la emulsión, así como balancear adecuadamente las cantidades de los ingredientes en esta fase

**Nota.**

Debe prepararse el oil-mix en blanco, éste se aplica de la siguiente manera

1. Se realiza un dilución al 10% en alcohol del oil mix, es decir 1 parte de éste + 9 partes de alcohol etílico.
2. En una probeta de 250 ml, se colocan 30 ml de jarabe de azúcar al 50%, para obtener una bebida con 12 °Bx
3. Se adiciona 1 ml de ácido cítrico al 50%
4. Del extracto en alcohol al 10% del oil mix, se toman de 0.3-0.4 ml y se integra a la probeta.
5. Se afora con agua destilada hasta 150 ml y se agita perfectamente para mezclar todos los ingredientes.
6. Los mismos pasos se siguen para preparar al oil mix testigo (generalmente, la persona encargada del área de Concentrados mantiene en stock varias muestras perfectamente identificadas de cada oil mix que corresponde a cada producto de línea y nuevos desarrollos) y finalmente se realiza una evaluación sensorial (sólo se verifica el sabor), siempre comparando uno con el otro. Siempre se realizará esta actividad antes de que sea adicionado a la fase acuosa

En caso de encontrar desviaciones en el perfil sensorial del oil mix que se preparó en producción, el área de Concentrados deberá realizar ajustes de sabor para igualarlo al oil mix testigo. Esto es, volver a preparar otra muestra del producto en cuestión como ya se describió arriba y adicionar tanta cantidad de los sabores correspondientes como sea necesario para que su sabor sea igual al testigo, esto implica, que al integrar las cantidades correspondientes de cada uno de los aceites usados en la corrección, disminuya el valor de la densidad del oil mix, por lo que debe ajustarse al valor establecido (0.980-0.985), por medio de la siguiente ecuación

$$M_1 / \delta_1 + M_2 / \delta_2 = M_1 + M_2 / \delta_3 \quad \dots \dots \dots (8)$$

donde

$M_1$  = Cantidad del oil mix en kg, sin corregir el perfil

$\delta_1$  = Densidad del oil mix en kg /m<sup>3</sup>, sin corregir

$M_2$  = Cantidad del agente de balance de peso que se adicionara para corregir la densidad del oil mix, ésta no se conoce y por lo tanto es la incógnita a despejar, el resultado será en kg.

$\delta_2$  = Densidad del agente de balance de peso, dada en kg /m<sup>3</sup>

$\delta_3$  = Densidad del oil mix ideal, es decir a la que se quiere corregir, este valor se encontrará entre 0.980 - 0.985, la cual será designada por la persona de investigación y desarrollo o control de calidad

## **PRE-EMULSIFICACIÓN.**

### **1. Determinación del tamaño de partícula por medio del microscopio.**

Determinar el tamaño de la partícula de la pre-emulsión ó pre-mezcla de ambas fases a través del microscopio y verificar que tan efectivamente se realizó la operación. Para agitación a alta velocidad, el tamaño de la partícula esperado sería de 5 a 8 micras. Estos valores posiblemente se podrían lograr con una agitación convencional con mayor tiempo de agitación y tiempo de espera para poder dejar enfriar la pre-mezcla para evitar la degradación de los ingredientes. Sin embargo, en una agitación convencional el tamaño de la partícula esperado sería de 10 a 12 micras, con lo que se logra un pobre rompimiento de los glóbulos de aceite.

### **2. Densidad.**

Determinar la densidad de la pre-mezcla en caso de ser un trabajo experimental de una formulación

## **HOMOGENEIZACIÓN.**

### **1. Evaluación del tamaño de partícula.**

Observar a través del microscopio el tamaño de la partícula, la cual debe encontrarse entre 0.5 y 2.0 micras, para predecir que ésta será estable

### **2. Presión de homogeneización.**

Verificar que la homogeneización se llevó a cabo a la presión establecida en el proceso.

### **Nota.**

En Saroma S.A. de C.V., generalmente esta operación se lleva a cabo en dos pasos bajo las siguientes características: 1a Etapa 500 psi; 2a Etapa 2000 a 2500 psi (Gaulin APV,1990).

También es importante mencionar que el tiempo en el que se lleve a cabo esta operación es un factor determinante en la estabilidad tanto de la emulsión como de la bebida refrescante, ya que por un lado, si éste es corto, es seguro que el diámetro de partícula no será homogéneo, ocasionando la separación de la emulsión y un sabor mal distribuido en el producto terminado. Por otra parte, si el plazo en el que se homogeneizó es prolongado, se pulverizan los glóbulos de aceite disminuyendo al máximo su diámetro y debido al sobrecalentamiento que la goma sufre, su probable hidrólisis, acortando la vida de anaquel tanto del concentrado como de la bebida final

Por lo tanto, un tiempo razonable de homogeneización va desde los 5 hasta los 8 minutos en pruebas pequeñas, de 50 a 150 litros; y en pruebas de 2000 a 5000 litros, el tiempo de homogeneización varía, dependiendo de la viscosidad del producto, encontrándose este tiempo entre los 45 hasta los 90 minutos.

### 6.3 EMULSIÓN.

#### 1. Evaluación de la distribución de las partículas de aceite.

Evaluación de la distribución de las partículas de aceite a través del microscopio y determinar la estabilidad de la emulsión por medio de la ecuación de Stokes (los valores de velocidad en función de la vida de anaquel van desde -2.3 m/s donde se da la formación de anillo hasta 3 m/s, en donde se observa la sedimentación de las partículas), especialmente en trabajos de desarrollo de una formulación. Con esta prueba se asegura que todos los emulsificantes permanecerán bien disueltos en toda la emulsión asegurando su estabilidad en las condiciones de almacenamiento establecidas.

#### 2. Centrifugación para determinar la estabilidad.

Centrifugar el concentrado, por un tiempo de 10 minutos a 1700 r.p.m. El objetivo de esta actividad es observar si el producto pudiera presentar decremado o coalescencia, si la goma emulsificó al 100%, es decir si después de centrifugar no se observa una capa aceitosa en la parte superior de la muestra, en una palabra qué tan estable va a ser el producto terminado.

#### Nota.

Con esta condición extrema, se analiza si este producto presentará coalescencia, floculación o decremado.

#### 3. Evaluación sensorial.

Diluir el concentrado junto con un testigo (si es de línea el producto se pide una muestra al área de producción de éste que tenga en su stock, si es nuevo desarrollo, se compara contra la muestra elaborada en laboratorio), en una probeta de 250 ml a 12 Bx\*, con la finalidad de

a) Evaluar sus propiedades organolépticas tales como color, cuerpo (esta característica se refiere a qué tan turbia, "pesada", se ve la bebida ya preparada), olor



b) Evaluar sus características sensoriales, ya que en teoría su perfil de sabor, debe ser exactamente igual al testigo, en caso contrario, si se percibe alguna desviación, debe corregirse directamente en la bebida y pasar la corrección por escrito, en un vale de almacén, las cantidades exactas de los sabores que se adicionarán a la emulsión. (La adición de el (los) sabor(es) para realizar el ajuste, es directamente al concentrado, sin embargo es necesario volver a homogeneizar para asegurar que el sabor se integrará perfectamente al producto).

#### **4. Densidad.**

Determinar la densidad por medio de un matraz aforado de 50 ml, el producto no debe contener aire y debe estar a una temperatura de 25 °C. Los parámetros establecidos para este análisis van desde 1.001-1.300 kg/cm<sup>3</sup>.

#### **5. Viscosidad.**

La viscosidad de la emulsión se determina por medio del viscosímetro Brookfield RVT, a 100 r.p.m., realizando tres lecturas cada tres minutos; el valor de este parámetro se obtiene por medio de una tabla facilitada por el proveedor, en donde se relaciona el huso y la velocidad aplicados, comparando los resultados contra un testigo, además de que estos parámetros fisicoquímicos sirven en pruebas de estabilidad.

#### **6. pH.**

Determinar el pH como parámetro para evaluar los posibles cambios electrostáticos de la emulsión durante el almacenamiento. Los parámetros establecidos para este análisis van desde 2-4 unidades de pH.

#### **7. Acidez.**

Analizar la acidez tanto de la emulsión como de la bebida terminada comparando el resultado final con un testigo. Este parámetro es importante en cuestión de bebidas cítricas, pues es el que da la nota final al perfil de cada sabor, por un lado y por el otro, este producto ayuda a impedir el crecimiento de microorganismos que merman la estabilidad de la bebida refrescante. El valor de la acidez en una emulsión va a depender de la concentración que tenga ésta, es decir 1/20, 1/50, 1/100, 1/500, y significa que puede encontrarse en cantidades que van desde 150 - 300 gr de ácido cítrico en cada litro de concentrado) y en bebidas terminadas, dependiendo de la concentración de la emulsión de la cual provengan, va desde 20 - 55 gramos por cada litro de bebida preparada.

#### **8. Análisis microbiológico.**

Análisis microbiológico de cuenta estándar y prueba de hongos y levaduras. Esta actividad es realizada en específico por el Departamento de Microbiología.

#### **9. Prueba de estabilidad.**

Preparar bebidas de la emulsión analizada, a 12 °Bx con jarabe de azúcar al 50%, ácido cítrico al 50%, benzoato de sodio (300 ppm = 3 gr por cada litro de bebida preparada), sorbato de potasio (200 ppm = 2 gr por cada litro de bebida preparada), con la finalidad de colocar tanto éstas como el concentrado en prueba de estabilidad, donde deberán permanecer por un tiempo de 12 semanas a temperatura ambiente, sin presentar cambios fisicoquímicos u organolépticos.

#### **Nota.**

En una emulsión inestable se mostrará un anillo blanco en la parte superior del envase del producto terminado en 72 horas ó un precipitado blanco de 10 a 15 días de almacenamiento

Por tanto deben establecerse un conjunto de variables que afectan la estabilidad de la emulsión tales como:

- 1) Temperatura
- 2) Exposición a la luz.
- 3) Tipo de envase (filtración de luz, permeabilidad a los gases)
- 4) Tiempos de almacenamiento

Para evaluar la estabilidad de una emulsión se realizan pruebas aceleradas como:

- 1) Almacenamiento a diferentes temperaturas (prueba en la estufa a 40 °C, a temperatura ambiente, en refrigeración).
- 2) Centrifugación (para observar si el concentrado presentará desestabilización, si la goma emulsificó al 100%, si no se observa algún sedimento en el concentrado)
- 3) Exposición a la luz (para observar posible decoloración, fermentación, ausencia de sabor).

## CAPÍTULO VII

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA  
CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y  
OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA  
ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS**

En Saroma S.A. de C.V. aprendí a identificar la causa de los principales defectos originados tanto en las emulsiones como en las bebidas terminadas, así como a aplicar la solución más adecuada dependiendo del caso que se presentara.

A continuación se detallan los principales problemas y soluciones en emulsiones para bebidas, basados en la experiencia laboral adquirida.

**Cuadro 17 Problemas y soluciones en emulsiones concentradas.**

Problemas	Causas	Soluciones
1. Tamaño de la partícula muy grande, mayor de 2.5 micras hasta 10 micras en el concentrado final	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Velocidad deficiente de agitación en la pre-emulsificación</li> <li>b) Tiempo deficiente de agitación</li> <li>c) Tipo de equipo de agitación utilizado</li> <li>d) Presión deficiente de homogeneización</li> <li>e) Control inadecuado de las presiones de la homogeneización (operativas)</li> <li>f) Deficiente mantenimiento del equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Equipo de agitación convencional (propela) o equipo de alta velocidad (turbo-mixer)</li> <li>b) Incrementar el tiempo de agitación de 15 a 30 minutos adicionales para integrar la pre-mezcla</li> <li>c) Volver a homogeneizar a las presiones estandarizadas</li> <li>d) Capacitación adecuada del operador del equipo</li> <li>e) Mantenimiento preventivo del equipo</li> </ul>
2. Tamaño de partícula mayor a 10 micras hasta 30 micras	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) No hubo homogeneización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Homogeneizar en dos etapas 1er etapa 500 psi. 2da etapa 2500 psi</li> </ul>
3. Tamaño de partícula demasiado pequeña, menor de 0.8 micras	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Presión de homogeneización excesiva, mayor de 3000 psi y/o más de 3 vueltas a través del equipo de homogeneización. En cantidades de 2000-3000 litros de concentrado y dependiendo de la viscosidad que tengan, el tiempo de homogeneización va de 45 minutos - 2 horas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Homogeneizar a las presiones estandarizadas en el proceso (1ra etapa 500 psi y 2a etapa 2500 psi)</li> <li>b) Observar inmediatamente al microscopio para checar la distribución de los glóbulos de aceite y si son de un solo tamaño</li> <li>c) Verificar la turbidez en bebida terminada, respecto a un testigo</li> </ul>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

Cuadro 17 Problemas y soluciones en emulsiones concentradas.

Problemas	Causas	Soluciones
4. Floculación y/o decremado de la emulsión en la superficie	a) Desbalance de las fuerzas electrónicas entre las de atracción y repulsión en la interfase agua/goma/acete y por lo tanto, se ocasiona una alteración en el potencial electrostático de los glóbulos de grasa	a) Floculación incipiente a moderada únicamente con agitación o turbulencia para redispersar la emulsión b) Decremado y moderada floculación, en la superficie y seno del líquido, se homogeneiza a las presiones estandarizadas en el proceso (Recordemos que el decremado es un proceso reversible, que puede corregirse aplicando una fuerza lo suficientemente grande como para volver a crear las fuerzas de repulsión y mantener estable la emulsión. Por lo tanto, puede volver a homogeneizarse) c) Verificar el pH en almacenamiento
5. Presencia de coalescencia de la emulsión final (Después de la homogeneización)	a) Poder de emulsificación deficiente de la goma Emulsificante fuera de especificaciones b) Hidratación inadecuada del emulsificante c) Relación de cantidades goma-acete no adecuada d) Presencia de metales como Ca, Mg, Fe, en el agua utilizada para preparar la emulsión	a) Verificar las especificaciones calidad de las materias primas, especialmente de los emulsificantes b) Verificar la hidratación completa de la goma c) Ajustar a la relación estandarizada y/o recomendada por el proveedor d) Revisar el funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico, y si es necesario, regenerarla

Cuadro 17 Problemas y soluciones en emulsiones concentradas.

Problemas	Causas	Soluciones
6. Presencia de sedimentos después de centrifugar	<p>a) Desbalance en la relación emulsificante-acetres (Exceso de goma)</p> <p>b) Sólidos insolubles propios del emulsificante</p> <p>c) Reducida cantidad de acetres por un error del pesado de los ingredientes</p> <p>d) Presencia de Ca en el agua que se utilizó en la elaboración del concentrado</p>	<p>a) Verificar las cantidades de la fórmula establecida momentos antes de la preparación, debidamente identificados</p> <p>b) Verificar las especificaciones de la calidad de los emulsificantes</p> <p>c) Revisar el funcionamiento de la columna de la resina de intercambio catiónico y en caso de ser necesario, regenerarla</p>
7. Sabor oxidado de la emulsión	<p>a) Uso de acetres esenciales de naranja y/o cítricos oxidados</p> <p>b) Deficiente almacenamiento e inadecuado manejo</p> <p>c) Uso de resina oxidada</p>	<p>a) Verificar las especificaciones de calidad de los acetres y resinas</p> <p>b) Identificar correctamente los acetres y resinas. Para un mayor control, usar las primeras entradas para que sean las primeras salidas, es decir, llevar a cabo una rotación adecuada</p> <p>c) Almacenar los acetres en refrigeración</p> <p>d) No dejar abiertos sacos de resina a la intemperie o ambientes húmedos/calidos para evitar su oxidación. Deben estar en ambientes secos y frescos, bien tapados</p>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCION SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

Cuadro 17 Problemas y soluciones en emulsiones concentradas.

Problemas	Causas	Soluciones
8. Baja viscosidad	<p>a) Homogeneización de la emulsión mayor a 3 vueltas</p> <p>b) Reducida cantidad del agente de superficie activa</p> <p>c) Deficiente mantenimiento preventivo del equipo (válvulas de homogeneización desgastadas y/o fracturadas)</p>	<p>a) Control adecuado de proceso de homogeneización de acuerdo al proceso establecido</p> <p>b) Control adecuado de medida y pesado de materias primas</p> <p>c) Control adecuado del mantenimiento preventivo del equipo</p> <p>d) Capacitación constante del personal operativo por parte del supervisor.</p>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

Tabla 18 Problemas y soluciones en bebidas terminadas.

Problemas	Causas	Soluciones
1. Anillo blanco en la superficie de la botella	<p>a) Presencia de floculación en la emulsión</p> <p>b) Inadecuado balance de densidades en ambas fases (o/w) determinado por el balance goma-agente de peso-acerte</p> <p>c) Tamaño de la partícula muy grande no emulsificada y por lo tanto arrastre de la goma por el aceite a la superficie</p> <p>d) Baja viscosidad de la emulsión</p> <p>e) Cambio del potencial electrostático del glóbulo de aceite</p> <p>f) Control deficiente de la pre-emulsión (agitación/tiempo) y/o homogeneización</p> <p>g) El agua utilizada en la preparación de la bebida contenía Ca</p>	<p>a) Verificar el balance adecuado de densidades de la fase acuosa y oleosa antes de mezclar</p> <p>b) Mantener la relación de cantidades goma/acerte, según recomendación del proveedor</p> <p>c) Control adecuado de las cantidades de los ingredientes de la fórmula establecida</p> <p>d) Verificar el pH de la emulsión a usar y que se encuentre dentro de las especificaciones de calidad establecidas</p> <p>e) Control adecuado del proceso de elaboración previamente establecido</p> <p>f) Revisar el funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico, en caso de que sea necesario, regenerarla</p>
2. Precipitado blanco en el fondo	<p>a) Inadecuado balance en ambas fases (o/w), determinadas por un exceso de agente de peso y de emulsificante (goma)</p> <p>b) Emulsificación deficiente de la goma sedimentada por los agentes de peso</p> <p>c) Cambio del potencial electrostático de los glóbulos de aceite por exceso o reducida cantidad de emulsificante</p> <p>d) Control deficiente de la pre-emulsificación (agitación-tiempo) y/o homogeneización</p>	<p>a) Verificar el balance adecuado de densidades de la fase acuosa y oleosa antes de mezclar.</p> <p>b) Control adecuado de las cantidades de los ingredientes de la fórmula establecida</p> <p>c) Verificar el pH de la emulsión que se encuentre dentro de las especificaciones establecidas</p> <p>d) Control adecuado del proceso de elaboración previamente establecido en la pre-emulsión y homogeneización</p> <p>e) Revisión del balance HLB y corregirlo</p>



**PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS**

**Tabla 18 Problemas y soluciones en bebidas terminadas.**

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Soluciones</b>
3. Formación de flóculo en la interfase o seno del líquido	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Contaminación microbiológica de hongos filamentosos</li> <li>b) Inadecuada sanitización de los equipos de trabajo</li> <li>c) Deficiente calidad de las materias primas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Buenas prácticas de manufactura (limpieza y sanitización)</li> <li>b) Limpieza y sanitización tanto del equipo como de las instalaciones correctas.</li> <li>c) Alternar con otros proveedores o en su defecto, revisar los certificados de calidad y volver a analizar las materias primas utilizadas en la elaboración del producto en cuestión</li> </ul>
4. Formación de natas blancas acefosas	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Presencia de decremado en la emulsión utilizada en la bebida</li> <li>b) Aglomeración de goma-acete en la superficie</li> <li>c) Hidrólisis ácida del almidón modificado por pH ácidos</li> <li>d) Hidrólisis mecánica usada por un exceso de esfuerzo constante del agitador en la hidratación del almidón</li> <li>e) Contaminación microbiológica</li> <li>f) Presencia de los contaminantes Ca, Mg, Mn, Cu, Si, en el agua utilizada para preparar la bebida (El sílice es muy soluble a un pH=7, formando sílica, que son precisamente la aparición de estas natas o fibras blancas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Evitar el decremado en la emulsión</li> <li>b) Verificar el balance de densidades y mantener las cantidades de emulsificante (goma-acete)</li> <li>c) Exceso de ácido cítrico en la preparación de la emulsión e inadecuado orden de adición de ingredientes</li> <li>d) Hidratación del almidón a una velocidad de agitación máxima de 800 r p m</li> <li>e) BMP (limpieza y sanitización)</li> <li>f) Revisar el funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico, en caso de ser necesario, regenerarla</li> </ul>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCION SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

Tabla 18 Problemas y soluciones en bebidas terminadas.

Problemas	Causas	Soluciones
5. Formación de nubes negras en el fondo	<p>a) Filtración deficiente del jarabe, fructosa o uso de azúcar estándar de baja calidad</p> <p>b) Contaminación microbiológica del hongo <i>aspergillus niger</i> (negro)</p>	<p>a) BMP</p> <p>b) Limpieza y sanitización del equipo e instalaciones</p> <p>c) Ausencia de conservadores en la emulsión y/o bebida terminada</p>
6. Pérdida de cuerpo y turbidez	<p>a) Presencia de coalescencia o decremado de la emulsión usada</p> <p>b) Excesiva homogeneización de la emulsión por lo tanto, se provoca una desnaturalización</p> <p>c) Cambios del potencial electrostático de la emulsión en la interfase y de pH de la emulsión</p> <p>d) Tipo de goma usada en la elaboración de la emulsión</p> <p>e) El agua usada en la elaboración de las bebidas contenía Ca, Mg, Mn, Cu y Fe</p>	<p>a) Control adecuado del proceso de manufactura de la emulsión</p> <p>b) Adición de citrato de sodio como amortiguador del pH para su control</p> <p>c) Revisión de los parámetros fisicoquímicos del emulsificante a usar, a través de su certificado de calidad</p> <p>d) Revisión del funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico</p> <p>Regenerarla</p>
7. Decoloración o cambios de color en la bebida	<p>a) Acción directa de la luz ultravioleta sobre los colores AZO (Amarillo 5 y 6)</p> <p>b) Cantidad excesiva de ácido ascórbico</p> <p>c) Acción blanqueadora del metabisulfito como conservador en los concentrados de uva y manzana</p>	<p>a) Protección adecuada de la luz con el tipo de empaque correcto</p> <p>b) Reducir la cantidad de ácido ascórbico</p>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES ACERCA DE LA CALIDAD DEL AGUA, MATERIAS PRIMAS Y OPERACIONES DE PRODUCCION SOBRE LA ESTABILIDAD DE EMULSIONES Y BEBIDAS

Tabla 18 Problemas y soluciones en bebidas terminadas.

Problemas	Causas	Soluciones
7. Decoloración o cambios de color en la bebida	<p>d) Presencia de metales como Mg, Cu, Fe, en el agua de preparación, debido a un mal funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico (En una bebida debe existir un elevado contenido de estos metales para que actúen como decolorantes)</p> <p>e) Agua demasiado clorada</p>	<p>c) Eliminar el uso de metabisulfito en los concentrados de uva y manzana, y utilizar benzoato y sorbato de sodio</p> <p>d) Revisar el funcionamiento de la columna de resina de intercambio catiónico y si es necesario, regenerarla</p> <p>e) Revisar el funcionamiento del hipoclorinador automático</p>
8. Formación de gas dentro de la botella	<p>a) Contaminación microbiológica</p> <p>b) Presencia de bicarbonatos o dióxido de carbono en el agua que se utilizó para preparar las bebidas</p>	<p>a) Buenas prácticas de manufactura</p> <p>b) Limpieza y sanitización de equipo e instalaciones</p> <p>c) Llevar adecuadamente el programa preventivo y correctivo de la torre descarbonatadora, que forma parte del sistema de tratamiento de agua</p>

## **CAPÍTULO VIII**

## **CONCLUSIONES**

1. Con el sistema de tratamiento de agua que se lleva en Saroma S.A. de C.V., se obtiene agua dentro de los parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma oficial mexicana así como por las normas internas propias de la empresa, para ser usada en la preparación de emulsiones y bebidas, asegurando que no afectará la calidad y estabilidad final de estos productos.

2. Para garantizar la calidad final del agua tratada, debe llevarse a cabo el continuo mantenimiento de los filtros de carbón activado, los filtros de grava y arena, la regeneración de la columna de resina de intercambio catiónico, etc. tal como se describe en el capítulo 2, pero además es importante la continua revisión de los cartuchos de los filtros por donde atraviesa el agua que se destina para la producción de emulsiones, ya que éstos sirven como detectores de la probable presencia o no de carbón activado en el agua que se está utilizando en ese momento.

3. Es importante controlar el flujo de agua que atraviesa por los filtros, en especial por los filtros de carbón activado, ya que cuando se sobrepasa la cantidad establecida que debe pasar por ellos, la misma corriente va arrastrando las partículas más pequeñas de carbón activado; una parte se detiene en los cartuchos de los filtros que se encuentran en las tomas del agua que va directamente a producción y otra parte se queda en el agua, lo que provoca la desestabilización en la emulsión

4. Cuando se tiene carbón activado en el agua, cada parte que integra un concentrado sufre diferentes consecuencias, es decir la goma utilizada no se hidrata al 100%, ya que al colocar en el microscopio una muestra de ésta, podrán observarse diminutas partículas de este material atrapados por la goma; por otra parte al integrar la fase oleosa a la goma hidratada, ésta no emulsificará, ya que el carbón activado hidroliza al hidrocólide, observándose en la parte superior del concentrado, una capa aceitosa, finalmente, después de homogeneizar, se obtendrá un concentrado completamente desfasado. Por lo tanto, es importante asegurar que los filtros de carbón activado se encuentren funcionando bajo la capacidad designada para la cual fueron diseñados y no más, para evitar la desestabilización completa de las emulsiones, por la presencia de este material

5. Es importante determinar con precisión los parámetros fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos para cualquier producto nuevo y de línea preparado en investigación y desarrollo; aquél que va a ser preparado en producción será necesario supervisar desde los análisis de todas las materias primas a ocupar, la pesada de las mismas, la correcta adición de cada uno de los ingredientes que componen la formulación, así como todas las operaciones involucradas en la manufactura de los productos, esto es con la finalidad de obtener productos que permanezcan dentro de los parámetros predeterminados, lo que se refleja en productos de alta estabilidad y calidad.

6. La importancia de concentrar todos los componentes de una formulación en un producto llamado emulsión, conteniendo todos los parámetros fisicoquímicos y sensoriales determinados para un sabor en especial es con la finalidad de que al ser preparados por el cliente éste obtenga las bebidas con el cuerpo, sabor, color y estabilidad que el consumidor desea.

7. Para mejorar las condiciones de trabajo en cuanto a la elaboración de concentrados, es necesario colocar agitadores de alta velocidad en los tanques en donde no se tienen, con la finalidad de poder elaborar emulsiones simples y emulsiones que llevan premix, de esta forma los tanques se aprovecharían al 100%, por otra parte, considero que debería llevarse a cabo una evaluación de los equipos que se tienen y de los que se necesitan, ya que muchas veces en un tanque de 300 lts., llegan a elaborarse productos de 400 lts, con lo cual no sólo se dificulta la preparación del producto, sino que además se tienen mermas, y cuando la persona de calidad analiza el concentrado, los parámetros fisicoquímicos no son los pre-determinados.

Por otro lado, es necesario, cambiar las mangueras que se utilizan para bombear el producto terminado, por una línea de tubería que estuviera conectada a los tanques, con lo cual, se facilitarían las actividades en el área de producción y se mejorarían los tiempos en los cuales se procesa un concentrado.

Es necesario la capacitación constante del personal que se encuentra en contacto directo con los productos que se procesan en Saroma, en cursos de Buenas Prácticas de Manufactura, Seguridad e Higiene en el trabajo. Cómo homogeneizar, para asegurar la calidad en todo el sentido de la palabra de los productos que esta empresa ofrece.

## **CAPITULO IX**

### **GLORARIO**

- Ablandamiento.** Es el proceso que consiste en remover del agua ciertas sustancias minerales que son las que causan la dureza, principalmente los compuestos de calcio y magnesio (22)
- Ablandamiento con cal.** Es un proceso de ablandamiento del agua mediante adición de cal para precipitar la dureza de carbonatos (16)
- Acidez.** Es la capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con los iones hidroxilos (OH-) (22)
- Agente Quelante.** Compuestos orgánicos que tienen la capacidad de retirar iones de las soluciones acuosas formando complejos en solución (17) Ejemplos: Sal de sodio del ácido etilén diamín tetracético (EDTA), Ácido Húmico, Lignina (9)
- Agente Tensioactivo.** Agente activo de superficie, por lo general un compuesto orgánico cuyas moléculas contienen un grupo hidrofílico en un extremo y un grupo lipofílico en el otro (surfactante) (8)
- Alcalinidad.** Es la medición cuantitativa de los constituyentes alcalinos totales de un agua, tanto en el estado ionizado, como en el no ionizado Usualmente se expresa en mg/l de CaCO<sub>3</sub> equivalente (22)
- Anión.** Ión cargado negativamente que resulta de la disociación de sales, ácidos ó éteres en solución acuosa (7)
- Catión.** Ión cargado positivamente que resulta de la disociación de moléculas en solución (7)
- Coagulación.** Es la acción de congregarse la materia suspendida en el agua, coloidal o finamente dividida, mediante la adición al líquido de un coagulante adecuado (22) Neutralización de las cargas de la materia coloidal (22)
- Coloidal.** Materia de muy fino tamaño de partícula, por lo general en el intervalo de 0.5 a 0.7 milímetros de diámetro que se encuentra suspendido dentro de un líquido o un sólido según sea el caso (22)
- Conductividad.** Capacidad de una sustancia para conducir calor o electricidad La conductividad eléctrica se expresa como microhms / cm (12)
- Consumo per-cápita.** Consumo por persona
- Diatomea.** Organismos relacionados con las algas que tienen pigmentación café y esqueleto síliceo (17)
- Dureza.** Es una característica del agua, debida principalmente a su contenido en carbonatos y sulfatos, y ocasionalmente a los nitratos de cloruros, de calcio, magnesio y hierro que hace que el jabón forme grumos en el agua, que se consume más jabón, que se depositen incrustaciones en las calderas y que produce efectos perjudiciales en algunos procesos industriales y a veces de sabor indeseable al agua Generalmente se determina a partir del contenido de calcio y magnesio en el agua y se expresa como carbonato de calcio equivalente (16)
- Efluyente.** Agua que sale de un recipiente o un estanque, o una planta de tratamiento, o de cualquiera de sus razones (16)
- Electrolito.** Sustancia que se disocia en dos o más iones cuando es disuelta en agua (16)
- Eutroficación.** Enriquecimiento del agua que causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas y una euflocación eventual y desoxygenación del cuerpo de agua (22)
- Filtración.** Proceso de separación de sólidos de un líquido por medio de una sustancia porosa a través de la cual sólo pase líquido (16)
- Floculación.** Proceso de aglomeración de las partículas coaguladas para formar floculos sedimentables, por lo general de naturaleza gelatinosa (22)
- Hidrofílico.** Que tiene afinidad por el agua (17)
- Hidrofóbico.** Tendencia a unirse con aceites y grasas (17)
- Ión.** Átomo o radical en solución que lleva una carga eléctrica integral, tanto positiva (catión) como negativa (anion) (22)
- Lipofílico.** Que tiene afinidad por el aceite (Hidrofóbico) (17)
- Mol.** Unidad arbitraria que pesa en gramos lo mismo que el peso del material al que se llega sumando los pesos atómicos de sus componentes (6)



**Peso Equivalente.** El peso en gramos de una sustancia que se combina con (o que desplaza) un gramo de hidrógeno, se obtiene por lo general dividiendo el peso fórmula entre la valencia (16)

**Peso Molecular.** Peso del material al que se llega sumando los pesos atómicos de sus componentes (16)

**Oxidación.** Reacción química en la que un elemento o un ión aumenta su valencia positiva perdiendo electrones que toma un agente oxidante (16)

**pH.** Es el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno en una solución acuosa o el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno (22)

**Pólipos.** Animal marino radiado, del grupo de los celenteros. Numerosos tentáculos aprietan las partículas alimenticias y las llevan a una boca, situada en medio de ellos, que comunica directamente al estómago. Se reproduce por brotes, como los vegetales. Pueden reunirse los pólipos en colonias, tan inmensas que a veces dan origen a arrecifes o islas. Las hay libres, de sustancia gelatinosa como las anémonas y actinias. También viven en el agua dulce (22)

**Precipitado.** Producto insoluble de una reacción, en una reacción química en medio acuoso, por lo general es un compuesto cristalino que crece en tamaño para volverse sedimentable (22)

**Reducción.** Reacción química en la que un elemento o un compuesto gana electrones reduciendo su valencia positiva (16)

**Sedimentación.** Asentamiento por gravedad de las partículas sólidas en un sistema líquido (16)

**Simbiosis.** Asociación de organismos diferentes en la que éstos sacan provecho de la vida en común (22)

**Sinergismo.** Acción combinada de varios productos químicos que produce un efecto mayor que los efectos aditivos de cada uno (15)

**Viscosidad.** Resistencia de un líquido al flujo. La viscosidad se debe a fuerzas de fricción existentes entre las moléculas o entre las partículas, y depende de la temperatura, la naturaleza del solvente, el tamaño, forma, concentración, carga eléctrica de las partículas y su afinidad por el solvente (16)

## **CAPITULO X**

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Arnold, E.B., (1990), "Diccionario de Nutrición y Tecnología de los Alimentos", Editorial Acmbia S.A., Zaragoza España.
2. Badger, W.L. y J.T. Banchemo, (1977), "Introducción a la Ingeniería Química", Editorial Mac Graw Hill, New York.
3. Badui, D.S., (1998), "Diccionario de la Tecnología de los Alimentos", Editorial Alambra S.A., Madrid España.
4. Badui, D.S., (1988), "Química de los Alimentos", Editorial Alambra S.A., Madrid España.
5. CCIA, (2000), "Manual de Tecnología de Emulsiones".
6. Charalombous, G., (1988), "Food Emulsifiers: Chemistry Technology, Functional Properties and Applications", Editorial Reinhold, New York.
7. Degering, E.F., K.C. Beeson, T.P. Labuza, y J.D. Roberts, (1955), "Organic Chemistry", College Outline Series, Barnes Noble.
8. Desrosier, N.W., (1999), "Elementos de Tecnología de Alimentos", Editorial CECSA.
9. Fellows, P., (1994), "Tecnología del procesamiento de los alimentos: Principios y prácticas" (Traducción al español), Editorial Acmbia S.A., Zaragoza España.
10. Fennema, O. R., (1985), "Introducción a la ciencia de los alimentos", Editorial Reverté S.A. España
11. Friberg S.E. y K. Larsson, (2000), "Food Emulsions" Revised and Expanded, Editorial Marcel Dekker, Third Edition, Nueva York based Hong Kong.
12. Fuentes, G.S., (1999), "Sistemas de Emulsiones Lipofílicas e Hidrofílicas", Manual interno de Saroma S.A. de C.V
13. Gallegos, C., (1994), "Reología y Procesado de Emulsiones Alimenticias", Curso Internacional de Reología y Procesamiento de Alimentos, Editorial Programa Universitario de Alimentos.
14. Gaulin APV, (1990), "Homogenizers" Información Técnica, Wilmington Ma., USA.
15. Groves, M J. y D C. Freshwater, (1968), "Particle Size Analysis of Emulsion System", Journal of Pharmaceutical Sciences, Vol. 57, No. 8, pág. 1273
16. Herman, E.H. y Hilloboe M D., (1984), "Manual de Tratamiento de Aguas", Departamento de Sanidad del Estado de New York, Editorial Limusa, México.
17. Jean, A. y F. Régine, (1990), "La ciencia de los Alimentos de la A a la Z", Editorial Acmbia S.A., Zaragoza España
18. Lissant, K.J., (1990), "Emulsions and Emulsions Technology", Chapter No. 5 Lynch M.J., and Gniffini W.C., "Food Emulsions", 3rd Edición, Reinhold, New York.

## BIBLIOGRAFIA

19. López, P.D. y R.M. Pangborn, (1989), "Evaluación Sensorial de los Alimentos" Métodos Analíticos, Editorial Alambra S.A., México
20. Mckee, J.E. y H.W. Wolf, (1963). "Water Quality Criteria, State Water Quality Control Board", Resources Agency of California.
21. Muller, H.G., (1973), "Introducción a la Reología de los Alimentos", Editorial Zaragoza España.
22. Nalco (1993), "Manual del Agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones", Tomo I,II y III, Editorial Mc Graw Hill, México.
23. Eskel, N., (1976), "Water Treatment for Industrial and other uses", Reinhold, New York.
24. Potter, N.N., (1973), "La Ciencia de los Alimentos", Editonal Edutex S.A., México.
25. Powrie, W.D. y M.A. Tung, (1992), "Dispersiones Alimenticias", Editorial Acribia S.A., Zaragoza España.
26. PUAL, "Reología y su aplicación al procesamiento de alimentos", (1994), Coordinación de la Investigación Científica Universidad Nacional Autónoma de México.
27. Rigola, L.M., "Tratamiento de Aguas Industriales, Aguas de Proceso y Residuales" (1999), Editonal Alfaomega marcombo, Barcelona España.
28. Todd, D.K., (1970), "The Water Encyclopedia", Port Washington New York, Water Information Center

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**