



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:
ANALISIS DE LA MIGRACION DE SUSTANCIAS EN EL
ENVASADO DE BEBIDAS CARBONATADAS".**

TRABAJO DE SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
ROCIO DEL CARMEN JIMENEZ VELAZQUEZ**

ASESORA: M. EN C. MARIA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA



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

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

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. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y Embalaje de Alimentos:

Análisis de la migración de sustancias en el
envasado de bebidas carbonatadas.

que presenta la pasante: Rocio Del Carmen Jiménez Velázquez.

con número de cuenta: 7923976-5 para obtener el título de:
Ingeniera en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Febrero de 2002.

MODULO

PROFESOR

FIRMA

II

M. en C. María De La Luz Zambrano Zaragoza

III

I. A. Alfredo Alvarez Cárdenas.

III

I.B.O. J. Jaime Flores Minutti.

AGRADECIMIENTOS

Al Dueño y Señor de mi vida: **MI DIOS y mi TODO.**

A quienes colaborando en el proyecto de Dios y cumpliendo con su voluntad, hicieron lo que El les había encomendado como misión en esta vida, de concebirme, formarme, corregirme, educarme y guiarme con la ternura, amor y paciencia. Mis padres:

†

Rosalino Jiménez Mayo (d.e.p.).
Alba Velázquez Morales.

A todos los que Dios llamó para que vivieran conmigo en familia dando ejemplo de la unidad común en la trinidad de Dios. Mis hermanos y hermanas:

Aminta, Norma, Adoralida, Alfredo, Gilberto, Gustavo, David, Gabriel, Edith, Efrén, Elizabeth y Elsa.

A todos los que puso Dios en mi camino como extensión de una gran familia unida. Mis parientes:

†

Mis abuelitos(as)(D.E.P) ; Tíos(as), primos(as), sobrinos(as), sobrinos(as)-nietos(as), etc.

A todas aquellas personas, en quienes Dios me ha unido en el DON PRECIADO de la AMISTAD. Mis amigos(as)

En especial a:

Susy Vázquez (y Familia con cariño), mi amiga y hermana en Cristo Jesús.

La Congregación C.C.V.I. Por el apoyo espiritual que a través de ellas Dios se me manifestó

A todos los que siguiendo a Cristo Maestro y Señor de la formación, educación y enseñanza; me guiaron y contribuyeron hasta el día de hoy para mi formación personal y profesional. Mis maestros de formación inicial, primaria, secundaria, bachillerato, Licenciatura.

En atención especial a Todos y cada uno de los asesores del seminario de envases y embalajes.

A la máxima casa de estudios: **UNAM**, por su aceptación como miembro.

A mi muy querida Facultad de Estudios Superiores, plantel Cuautitlán, por todo el apoyo recibido en todos los aspectos e incluyendo a todos y cada uno de sus miembros en sus diferentes áreas y departamentos.

CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN.	vii
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	2
METODOLOGÍA.	3
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DEL POLIETILEN TEREFTALATO (PET).	6
1.1. Morfología.	6
1.2. Clasificación.	9
1.3. PET grado botella.	10
1.4. Factores a considerar para la obtención del PET.	13
1.5. Propiedades del PET.	16
1.6. Propiedades del PET grado botella.	20
1.7. Usos.	21
CAPITULO II. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS.	24
2.1. Etapas de la elaboración de bebidas carbonatadas.	25
2.2. Análisis de bebida carbonatada en relación con el envasado en PET.	32
CAPITULO III. ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN DE SUSTANCIAS DEL ENVASE DE PET A LA BEBIDA CARBONATADA.	34
3.1. Interacción envase-alimento.	34
3.2. Aspectos generales sobre migración.	39
3.3. Migración de sustancias de envases plásticos al alimento.	42

3.4. Analisis de la migración de sustancias de botellas de PET. (Polietilén tereftalato) hacia la bebida carbonatada.	46
CONCLUSIONES.	50
BIBLIOGRAFÍA.	52

INDICE DE FIGURAS.

N° DE FIGURA	PAGINA
1. PET cristalino.	7
2. PET amorfo.	8
3. PET orientado.	8
4. Producción Industrial del polietilén tereftalato. (PET)	11
5. Proceso de elaboración de las bebidas carbonatadas.	25
6. Interacción envase-alimento.	34
7. Permeación.	35
8. Adsorción.	36
9. Migración.	37
10. Procedimiento analítico.	42

INDICE DE CUADROS

N° DE CUADRO

1	Metodología.	5
2	Principales propiedades del PET amorfo y cristalino.	17
3	Comparación entre diferentes materiales.	19
4	Lista positiva de monómeros usados para fabricar PET	47
5	Reportes de la migración de sustancias de envases de PET hacia la bebida carbonatada.	48

RESUMEN

El presente trabajo analiza la migración de sustancias del envase de plástico de polietilén tereftalato (PET), hacia las bebidas carbonatadas; el interés surge debido al sabor diferente encontrado en estas bebidas envasadas en el plástico respecto al sabor de las mismas bebidas envasadas en recipientes de vidrio y de aluminio, así también del interés por detectar las sustancias migrantes y determinar si éstas son dañinas para el organismo humano.

El primer capítulo trata sobre los aspectos generales del PET, como son su morfología, clasificación, la obtención industrial del PET grado botella, que en conjunto con sus características, propiedades y usos, contribuyen para inferir cuales sustancias participan en la migración durante el envasado de las bebidas carbonatadas.

El segundo capítulo, recopila las etapas del proceso de elaboración de las bebidas carbonatadas; y se analizan las etapas de lavado de botellas y del envasado de las bebidas, considerando que en estas se inicia la migración de sustancias, aunado a la influencia del proceso de obtención del PET grado botella, visto en el capítulo anterior; así mismo se hace el análisis de la bebida carbonatada en relación con el envasado en PET.

Para el tercer capítulo, se describe un panorama respecto a lo que sucede en la interacción envase-alimento, que introduce a los aspectos más generales sobre la migración de sustancias provenientes de los plásticos hacia los alimentos; y de esta manera dar la pauta para el análisis de la migración de sustancias con base a la información encontrada sobre la migración global y específica de sustancias desde el envase de PET (polietilén tereftalato) hacia la bebida carbonatada.

INTRODUCCION

Una de las consecuencias de la interacción envase-alimento es la posible migración de sustancias indeseables hacia el producto envasado que contiene, ya sea por contacto directo o a través de la fase vapor. Dado el riesgo que este proceso puede suponer para la salud del consumidor, se ha establecido una legislación en todos los países industrializados que limita la concentración de los posibles migrantes tanto en el alimento como en el envase.

Por otro lado, son muchas las sustancias capaces de migrar, y no todas ellas tienen el mismo carácter, por lo que se han establecido simultáneamente límites que es necesario cumplir.

Ante esta situación, es imprescindible detectar y controlar la migración de sustancias, tanto en los alimentos como en los envases que los contienen, de los productos que se comercializan, ya sea nacionales o importados; para ello debemos contar con procedimientos analíticos fiables, capaces de permitir identificar y controlar la migración de estas sustancias.

Tal es el caso en este estudio del contacto directo que existe entre la bebida carbonatada y el envase de polietilén tereftalato.

El polietilén tereftalato es un material empleado precisamente en la elaboración de botellas de plástico utilizadas en el envasado de bebidas carbonatadas y esto se debe a las propiedades que presenta el material.

Pero para obtener la botella con estas propiedades, se requiere de un buen control del proceso de obtención de la misma; ya que si no se controla, se puede presentar la migración de sustancias que se derivan de la producción de este plástico, sobretodo en la fase de la polimerización del material.

Debido a lo anterior se estudio que como consecuencia se da la liberación excesiva de acetaldehído en esta fase que es una sustancia dañina al organismo humano, ya que se ha reportado que a altas concentraciones puede ser carcinógena.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL: Revisar la información sobre migración de sustancias del envase de Polietilén Tereftalato(PET), para analizar sus efectos al permanecer en contacto con la bebida carbonatada.

OBJETIVOS PARTICULARES:

1. Investigar las características, propiedades, clasificación y obtención del polímero PET (polietilén tereftalato), para detectar las posibles sustancias involucradas en la migración
2. Analizar el proceso de producción de las bebidas carbonatadas para definir en la etapa de envasado la migración de sustancias que pudiera ocurrir.
3. Analizar la información sobre la migración de sustancias del PET para inferir sobre las sustancias que pudieran estar presentes en las bebidas carbonatadas.

METODOLOGÍA.

Las actividades realizadas para cumplir con los objetivos propuestos se dividieron en las siguientes fases:

Fase 1

En esta fase se estudió acerca de los aspectos más sobresalientes del polietilén tereftalato, considerando importante:

1. La morfología del material. Que contribuye para conocer la estructura del material y desde aquí ir analizar las propiedades del mismo en los diferentes estados: cristalino, amorfo y orientado.
2. Las características. Que nos permiten conocer los atributos del material, así como las ventajas y desventajas con respecto a otros materiales que también se emplean en el envasado de bebidas carbonatadas.
3. Las propiedades en general del PET, que se generan en base a las características del mismo material.
4. La clasificación. La cual es importante para saber que tipo de resina se requiere para elaborar las botellas que serán empleadas en el envasado de las bebidas carbonatadas y de esta manera, obtener datos que nos ayudaran a conocer el polímero grado botella. De aquí que se sume el análisis de la obtención del polímero y en esta forma obtener las propiedades de interés que la botella requiere para la conservación, protección y presentación de la bebida carbonatada. Pero también en el desarrollo de las etapas de obtención, nos diera la pauta de revisar la forma de cómo pudiera influir el obtener el grado botella en la generación de sustancias, que pudieran ocurrir

Por último se consideró presentar los diversos usos que el PET tiene en base a sus propiedades investigadas.

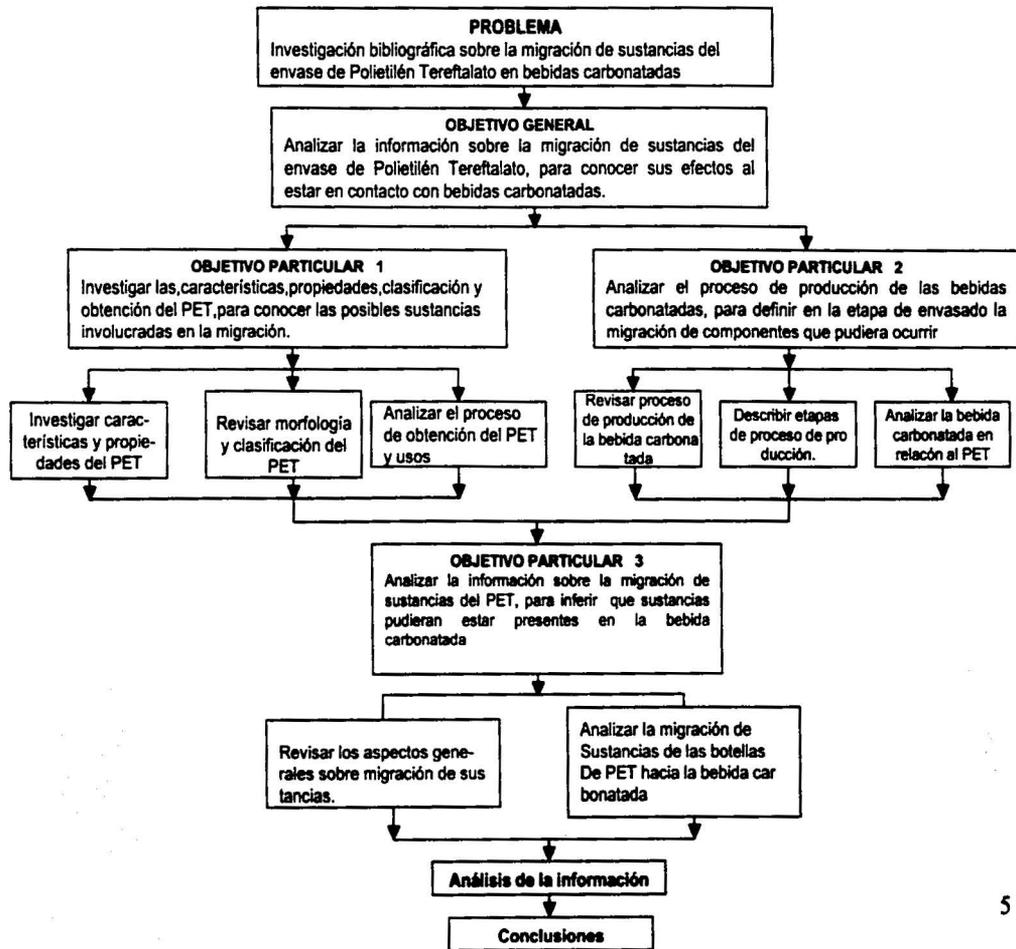
Fase 2

Las actividades realizadas en esta fase, permitieron revisar las etapas del proceso de elaboración de las bebidas carbonatadas y analizar las etapas en donde se pudiera dar el inicio de la migración de las sustancias desde la botella hacia la bebida carbonatada. Para este caso se analizaron las etapas de lavado y envasado.

Fase 3

En esta fase se propusieron las actividades que dan pauta al análisis sobre la migración de sustancias desde el envase de polietilén tereftalato hacia la bebida carbonatada, para esto se hizo una revisión sobre:

La interacción del envase al alimento; de donde se logró detectar los diversos tipos de interacciones y en esta encontrar la migración como parte de estas interacciones; indagar sobre aspectos generales de la migración tales como: el significado, la forma en que se da la migración de sustancias, lo que esta significa, los mecanismos a través de los cuales se da, los factores que le influyen, la forma de cómo evaluarla; así como el análisis de las investigaciones realizadas respecto a esta migración de sustancias.



I. ASPECTOS GENERALES DEL PET.

El polietilén tereftalato comercialmente conocido como PET es un plástico que se caracteriza por sus propiedades de resistencia mecánica, transparencia y barrera a gases. Estas propiedades son de especial interés en la industria embotelladora de bebidas carbonatadas, debido a la necesidad de un material plástico, irrompible, ligero y transparente para la elaboración de botellas (www.Hoechst.com).

1.1 MORFOLOGIA.

La morfología del PET es de especial interés ya que a partir de ésta, puede detectarse la viabilidad de las sustancias que pudieran desprenderse y quedarse adheridas a las paredes de la botella que se emplea en el envasado de las bebidas carbonatadas.

La morfología del material se presenta en tres estados, que son las etapas para lograr la formación de la botella:

a) Grado cristalino.

PET cristalino, también denominado *pellet*. Este grado presenta una mayor viscosidad en estado fundido, siendo más fácil su transformación. En la figura 1 se observa la forma en que se presenta este estado, aquí se pueden ver los gránulos que se forman y que posteriormente se utilizarán para la preforma de la botella. (Martínez, 1997).

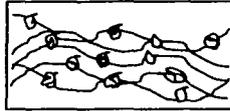


Figura 1. PET Cristalino

(Martínez, 1997).

Las características que presenta el material de PET son las siguientes:

- Densidad = 1.400 g/cm^3 .
- Alta temperatura de reblandecimiento.
- Cristalinidad: 5% peso de cristales.
- Es duro, quebradizo y opaco.

b) Grado amorfo.

En la figura 2 se observa la estructura del PET amorfo, empleado para elaborar preformas de botellas, presenta baja viscosidad en estado fundido, por lo que se necesita un equipo especial de moldeo.

En este estado de elaboración de la preforma hay una gran liberación de acetaldehído, el cual disminuye al ser biorientado el material para formar la botella.

Las características que en esta fase presenta el material son las siguientes:

- Densidad = 1.342 g/cm^3 .
- Baja temperatura de reblandecimiento.
- Cristalinidad: 5% en peso de cristales.
- Es suave, de baja tenacidad, claro.

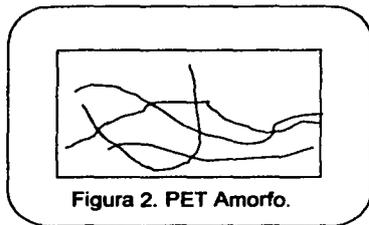


Figura 2. PET Amorfo.

(Martínez, 1997).

c) Grado orientado.

En la figura 3 se presenta la forma de arreglo del PET orientado, en esta fase se inyecta aire comprimido a la preforma ubicada en el molde donde se elaborará la botella.

La disminución de acetaldehído en este estado es considerable, llegando a 3 ppm y 26% en peso de cristales.

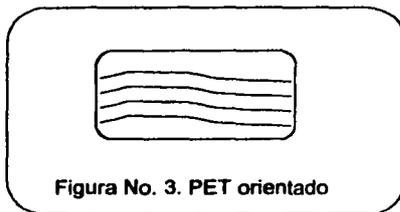


Figura No. 3. PET orientado

(Cajaplast, 1997. ; Martínez, 1997).

Las características del material son las siguientes:

- Densidad = 1.365 g/cm^3 .
- Cristalinidad: 26% en peso de cristales.
- Es fuerte, rígido, claro y poco permeable.

Teóricamente el material de la botella contiene finalmente el 26% en peso de cristales, pero de acuerdo a los productores de la resina (Du Pont, Eastman, Hoechst, Celanese, Texapol, Wellman y otros) fabrican las botellas en un rango de 30 a 45% en peso de cristales, por lo que el porcentaje teórico queda por debajo del porcentaje comercial; por tanto, se da la inestabilidad del material de envase, permitiendo la migración de sustancias hacia la bebida carbonatada. (Modern Plastic Encyclopedia, 1993).

1.2 CLASIFICACION.

El peso molecular indicado por la viscosidad intrínseca es de máxima importancia en el moldeo de envases y recipientes con PET.

La combinación de viscosidad intrínseca y de cristalinidad permite obtener diversos grados de PET. Los diferentes grados que se obtienen se deben a las siguientes propiedades:

- Grado de polimerización de la cadena.
- Combinación de los diferentes tipos de glicoles.
- Peso molecular.
- Grado de cristalinidad (www.eastman.com; Modern Plastic Encyclopedia, 1991).

En relación a estas propiedades, las características específicas pueden cambiar según el grado del polietilén tereftalato, debido a que el PET se puede producir en estado amorfo o con niveles de cristalinidad entre 50 y 70%. La combinación de viscosidad intrínseca y cristalinidad permite obtener los siguientes productos (*European plastics news, 1998*):

- ❖ Fibras textiles. Logrando pesos moleculares de 16,000 g/gmol. Estas pueden hilarse para producir tanto las fibras como entregarse a usuarios en forma de granulado.
- ❖ Botellas y láminas. Se eleva el peso molecular a 23,000 g/gmol, para incrementar la resistencia mecánica y facilitar el moldeo.
- ❖ Hilos industriales para la fabricación de neumáticos. Requieren de pesos moleculares mayores a 30,000 g/gmol.

1.3 PET GRADO BOTELLA.

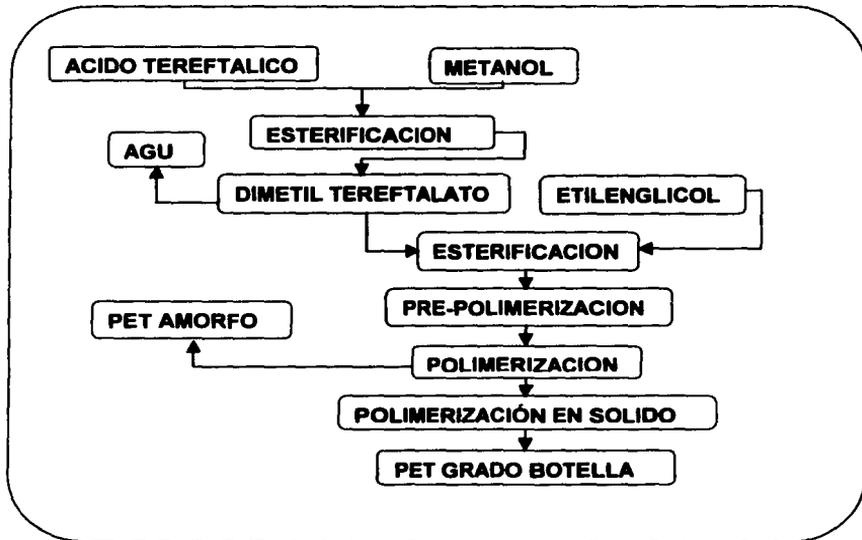
El PET grado botella se obtiene por un sistema especial llamado *inyección soplo-biorientado*. Sistema a través del cual se incrementa la barrera de los gases, resistencia al impacto y transparencia. (www.Hoechst.com)

La figura no. 4 presenta la obtención industrial de PET grado botella, la cual se puede dar de dos maneras:

a) Mezclando ácido tereftálico con etilén glicol.

b) Mezclando dimetil tereftalato con etilén glicol.

FIGURA No. 4: PRODUCCION INDUSTRIAL DE POLIETILEN TEREFALATO



(Enciclopedia del plástico, 2000)

La más usual a nivel industrial es el caso b), ya que para el primer caso se requiere someter el ácido tereftálico a un proceso previo de esterificación con metanol y así obtener el dimetil tereftalato y esto repercute en el costo de producción del producto.

De acuerdo a lo anterior, se parte entonces de la segunda forma de obtención:

Prepolimerización.

El dimetil tereftalato se somete a una esterificación con el etilén glicol, resultando una prepolimerización (cristalización preliminar).

En esta etapa se inicia la liberación de acetaldehído.

▪ **Polimerización.**

En la polimerización, el objetivo es lograr una cadena larga pero se incrementa la liberación de acetaldehído.

En esta etapa se extruye el PET a través de un dado de orificios para obtener una especie de espagueti que es enfriado con agua y una vez semisólido se corta en un peletizador para obtener el granulado, el cual presenta las siguientes características: amorfo, bajo peso molecular, alto contenido de acetaldeído.

▪ **Polimerización en sólido.**

Las características del pellet o granulado obtenido en la etapa anterior, no son favorables para fabricar las botellas por lo que es necesario hacer pasar al granulado por una última fase conocida como polimerización en sólido, a través de la cual el granulado se calienta en una atmósfera inerte logrando mejorar las propiedades de barrera a gases, transparencia y resistencia al impacto, pues éstas son de primordial importancia para lograr una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien para la elaboración de la botella.

Con esta polimerización en sólido, el PET está listo para proceder a elaborar la preforma y a su vez la botella.

1.4 FACTORES A CONSIDERAR PARA LA OBTENCION DEL PET GRADO BOTELLA.

- a) Viscosidad intrínseca. Es una medida del promedio del peso molecular. Se mide disolviendo la resina en un solvente específico (*Modern Plastic Encyclopedia, 1991; www.eastman.com*).
- b) Peso molecular. Indicado por la viscosidad intrínseca adquiere relevancia en la elaboración de botellas y recipientes con PET. Los altos valores de esta propiedad permiten producir envases de calidad. Los métodos de obtención están limitados a un promedio de 0.08 ± 0.02 dl/g.

Un descenso superior a 0.02-0.03 dl/g en la viscosidad, desde la materia prima hasta el producto terminado, significa una reducción en el peso molecular. Como consecuencia a la pérdida de peso molecular, se presentará una disminución de la transparencia, así como de las propiedades mecánicas en las botellas y particularmente, en la resistencia al impacto (*Modern Plastic Encyclopedia, 1991; www.eastman.com*).

La causa principal de la pérdida de la viscosidad es la degradación hidrolítica o hidrólisis. En estado fundido el ataque del agua es cuantitativo; por lo que es necesario secar el PET hasta que el contenido de humedad sea inferior a 30 ppm.

Otra de las causas en grado secundario de la pérdida de la viscosidad intrínseca es la degradación térmica de la masa fundida, durante el proceso de inyección o el de extrusión.

Por esta razón, se requiere del uso de temperaturas de moldeo y velocidades de corte suaves, para obtener la máxima transparencia del producto y ausencia de distorsión.

- c) **Transparencia.** La transparencia de los productos de PET esta asociada directamente al grado de cristalinidad del polímero (*Modern Plastic Encyclopedia, 1991; Modern Plastic Encyclopedia, 1992*).

El PET es transparente cuando está en estado amorfo y opaco cuando está cristalizado. Entre 85°C y 250°C el PET presenta un estado de transición de gomoso a vítreo, termodinámicamente favorable para que las moléculas del polímero se organicen en forma cristalina.

La preforma de PET debe tener niveles de 0.69 dl/g o más para lograr una máxima transparencia y evitar problemas de paredes delgadas o fragilidad de los envases. (*ILSI, 2001*)

- d) **Generación de acetaldehído.** El PET es de la clase de poliésteres obtenidos por reacciones de policondensación, a estas reacciones se les conoce como reacciones de hidrólisis, las cuales provocan la formación de acetaldehído.

El acetaldehído (CH_3CHO) se genera en pequeñas cantidades durante el proceso de fusión del poliéster termoplástico cualquiera que sea. El contenido de esta sustancia es controlado estrictamente durante la fabricación alcanzando niveles máximos de 3 ppm (*Martínez, 1997; Tampo, 1999*).

- e) **Secado.** El proceso de secado consiste de las siguientes fases:

1. Eliminar la humedad del aire a través de sistemas desecantes. El aire seco se calienta antes de entrar a la tolva y, ésta debe estar lo más cercana posible al secador para no perder más de 2°C por cada 10 cm de la línea de aire.

2. El aire húmedo que sale de la tolva se enfría antes de entrar a los lechos de secado, luego pasa a una trampa seguida de un filtro para remover cualquier partícula fina antes de entrar a las camas de secado (*Enciclopedia del Plástico, 2000; www.eastman.com*).
- f) Regranulado. Para el PET la caída de viscosidad en un proceso no controlado no debe ser mayor de 0.015 l/gr . Con estas condiciones se puede usar hasta un 20% de regranulado, el cual también debe ser secado junto con el material virgen, empleando siempre una cantidad constante del mismo (*Enciclopedia del Plástico, 2000; www.eastman.com*).
- g) Inyección. Mediante el proceso de inyección se obtienen las preformas que son la primera fase del moldeo de envases. Las preformas de botellas se parecen a un tubo de diámetro pequeño cerrado en uno de los extremos. Se moldean con geometría precisa, tamaño, peso y espesor de pared, en función del diseño del envase.

El principal objetivo de moldear una preforma es fundir adecuadamente un polímero altamente cristalino como el PET para generar un producto de alta calidad. La preforma debe ser clara y con nivel aceptable de acetaldehído (*www.eastman.com; Plastic technology, 1993*).

- h) Recalentamiento y biorientación. En el caso de sistemas de un paso o integrados, las preformas se enfrían en el molde, se extraen y recalientan en la misma máquina para después entrar a la etapa de estirado y soplado.

Posteriormente se extraen del molde y se enfrían a temperatura ambiente cuando el proceso es de dos pasos. Estas pueden almacenarse o enviarse por medio de una banda transportadora a la máquina de estirado y soplado.

Las preformas del PET se transportan a través de la zona de calefacción reblandeciéndose a temperaturas de 90°C a 100°C. Luego pasan a la zona de soplado donde están los moldes que darán la forma final a la botella. En estos una vez ya cerrados, las preformas se estiran con un pistón graduable y simultáneamente se soplan hasta tomar la forma de la botella.

Por último se abren los moldes y las botellas pasan a la zona de descarga mediante unos mandriles de transporte (*Enciclopedia del Plástico, 2000; www.eastman.com*).

1.5 PROPIEDADES.

1.5.1 propiedades físicas

Las propiedades físicas del PET varían en función del peso molecular y grado de cristalinidad. (*Modern Plastic Encyclopedia, 1991; www.eastman.com*).

Debido a lo anterior, las características específicas pueden cambiar según el grado de PET. En el cuadro 2 muestra las propiedades físicas del PET en estado amorfo y en estado cristalino.

Como se observa en el cuadro 2:

- La densidad del producto cambia dependiendo del nivel de biorientación. Como se puede observar, la densidad del PET amorfo es menor que la del PET cristalino, debido al grado de polimerización de la cadena para obtener una mayor calidad en el PET grado botella.

CUADRO No. 2: PRINCIPALES PROPIEDADES DEL PET EN GRADO AMORFO Y EN GRADO CRISTALINO (Martínez, 1997)		
PROPIEDAD	PET AMORFO	PET CRISTALINO
Densidad	1.34 g/cm ³	1.38 g/cm ³
Absorción de agua	0.16 % @ 23°C; 50%h.r. en 24 h.	0.1 % @ 23°C; 50%h.r. en 24 h.
Resist. Tensión al cede	55 N/mm ²	81 N/mm ²
Elongación punto de ruptura	300 %	70 %
Temperatura de fusión		271 °C
Temperatura de deflexión	70 °C	80 °C
1.86 N/mm ²	72 °C	115 °C
0.45 N/ mm ²		

- Respecto a la absorción de agua, el cambio se debe a que el PET cristalino se ha sometido a temperaturas altas de secado para contribuir a la mejor fabricación de la botella; ya que el agua a la temperatura de fusión le causaría una degradación hidrolítica al polímero.
- En la resistencia de tensión al cede, el PET amorfo es menos resistente que el PET cristalino debido a la elongación.
- Con respecto a la elongación (punto de ruptura del material), se observa que el PET amorfo es menos quebradizo que el PET cristalino.

- Al ser biorientado el PET, alcanza un nivel alto de transmitancia, pero para productos sensibles a la luz, el PET puede colorearse. También presenta mejor barrera al O₂ y al CO₂.
- Por último, la temperatura de deflexión se incrementa en el PET cristalino, ya que la temperatura de transición vítrea cambia en un rango de 67 a 81 °C por lo que las botellas deben ser llenadas a temperatura mas baja ya que si se realiza el llenado en ése rango de temperaturas, el material se deforma.

Debido a éstas propiedades, las botellas de PET presentan ciertas ventajas y desventajas con respecto a otros materiales usados para envasar bebidas carbonatadas como es el caso del vidrio y el aluminio, mostrado en el cuadro 3; donde se observa que mientras que el vidrio presenta mucho más ventajas respecto del plástico PET y del aluminio, estos materiales le aventajan en cuanto a ligereza, pero el plástico PET les lleva más ventaja al vidrio y al aluminio tanto en el costo de producción del mismo plástico de PET y de la botella en sí, como en el costo de transporte y manipulación de la bebida carbonatada.

En el caso de la producción entre el PET, el vidrio y el aluminio, se encontró que para el PET el consumo de energía térmica para su elaboración es bajo; así mismo se tiene un ahorro en el combustible usado para la transportación tanto de envases vacíos(caso de botellas retornables) como los llenos(bien sean retornables como no retornables).

Es de considerarse pues, que el abatimiento de los costos han hecho del PET un material que ha venido a revolucionar toda la industria del envase y aún más del embalaje, no solo en la industria alimenticia sino en otros sectores industriales, tal como se menciona más adelante.

CUADRO No. 3: COMPARACION ENTRE DIFERENTES MATERIALES.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PET	<ul style="list-style-type: none"> • Ligero. • Transparente. • Alta barrera de oxígeno. • Bajo costo de producción de material. • Bajo consumo de energía para su elaboración. • Alta resistencia mecánica. • Ahorro en combustible de transporte de envases vacíos y llenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca resistencia a altas temperaturas. • Presenta migración de sustancias hacia el alimento.
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente a las temperaturas. • Buena transparencia. • Inerte. • Permite diversas operaciones de lavado. • Permite esterilización con altas temperaturas. • Impermeabilidad (barrera a vapores, gases, aromas, olores, líquidos). • Es moldeable. • Permite gama de coloraciones. • Rigidez y alta resistencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesado. • Frágil. • Alto costo para producirlo y moldearlo. • Mayor gasto en combustible para el transporte de productos o botellas vacías. • Alto consumo de energía térmica para moldearlo y producirlo.
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> • Ligero. • Resistente. • Impermeable. • Ocupa poco espacio. • Facilidad de apertura. • Conductividad térmica (facilidad para el enfriamiento rápido del contenido). • Mayor atractivo visual porque puede decorarse el entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser corrosivo. • Baja resistencia mecánica. • Dificultad para el moldeo del envase.

(Bureau, 1987; Cajapax, 1997; Martínez, 1997; Pedraza, 2001).

1.5.2 Propiedades térmicas.

Estas propiedades son importantes en el proceso de elaboración de las preformas, ya que en estado fundido el PET presenta baja resistencia mecánica, y cristaliza a alto grado de temperatura en rango limitado. (*Enciclopedia del Plástico, 2000; Modern Plastic Encyclopedia, 1991*).

1.5.3 Propiedades químicas.

Estas propiedades han sido ampliamente estudiadas dada la diversidad de productos que requieren de un envase: Tiene elevada resistencia a alcoholes, resistencia elevada a ácidos débiles orgánicos e inorgánicos, presenta resistencia alta a grasas y al agua, algunas sustancias alcalinas especialmente fuertes, así como las cetonas e hidrocarburos clorados pueden afectar el PET provocando la fragilización en las paredes, en particular es susceptible a la hidrólisis a altas temperaturas (por lo que el material es secado antes del moldeo). (*European plastic news, 1993; www.eastman.com*).

1.6 PROPIEDADES DEL PET GRADO BOTELLA.

Dentro de lo que corresponde a las propiedades del PET grado botella, se mencionan las siguientes: Elevada pureza, alto brillo y claridad; presenta propiedades mecánicas tales como alta resistencia al impacto y a la compresión; como propiedades químicas de mayor importancia se tiene que es altamente resistente al ataque de ácidos, permite que estos envases inclusive puedan ser empleados en la contención de materiales altamente agresivos; es también un material ligero; presenta facilidad para la aplicación de adhesivos; dentro de las propiedades físicas se tiene que el PET es de alta transparencia, buena tenacidad, propiedades de barrera a gases, presenta una mínima contaminación

microbiana mínima, también debido al Cierre hermético Es seguro y ergonómico, presenta larga vida de anaquel, tiene un rango de recuperación de 20-25 % en el caso de ser reciclado, baja permeabilidad (pérdida de CO₂ 15% / 90 días). Y está aprobado por la FDA (Food and Drugs Administration) para emplearse en envasado de alimentos. (Cajaplast, 1997; Enciclopedia del Plástico, 2000; European plastic news, 1993; Martínez, 1997; Modern Plastic Encyclopedia, 1993).

Algunas de estas propiedades se explican en el siguiente punto y de acuerdo a los usos de los diferentes campos de aplicaciones.

1.7 USOS.

Dentro del campo de la conservación de alimentos se emplea para el envasado de:

- a) Bebidas carbonatadas. En el mercado de las bebidas carbonatadas existe una gran variedad de diseños y capacidades que van de 0.5, 1.0, 1.5, 2 litros. Y pueden ser retornables o no retornables dependiendo básicamente del consumidor final. (*Modern Plastic Encyclopedia, 1993*).
- b) Agua. El proceso biorientado ha cumplido perfectamente con los objetivos del mercado de agua purificada que exige completa transparencia del envase, además de no impartir olor ni sabor (*Pedraza, 2001*).
- c) Aceite. Los envases de PET se han posesionado en este mercado, debido a que además de su transparencia y resistencia mecánica, permiten una mayor vida de anaquel y conservan al producto en perfectas condiciones durante su uso (*Enciclopedia del Plástico, 2000; Modern Plastic Encyclopedia, 1992*).

- d) Conservas. Se fabrican envases colapsables para salsas, miel, aderezos, mayonesa y mostaza (*Martínez, 1997*).

- e) Cerveza. El envasado de cerveza en PET es un nuevo mercado que está evolucionando. Por el momento sólo algunas de las grandes empresas cerveceras más importantes en el mundo empiezan a introducir los envases (www.eastman.com).

- f) Licores. Algunos envases para vinos y licores, tradicionalmente hechos de vidrio, están cambiando su presentación en el mercado internacional por plástico, logrando así reducir los costos de adquisición de botellas y peso muerto por transporte.

En este segmento la resistencia al impacto, resistencia química, barrera a gases y conservación de sabor y olor, son elementos importantes que favorecen el cambio.

En la actualidad en Europa y algunas partes de los Estados Unidos Americanos, este tipo de envases han sido una buena opción para los servicios a bordo de aviones, centros sociales, discotecas y bares (*Enciclopedia del Plástico, 2000; Plastic technology, 1992*).

En el campo del envasado de productos químicos y farmacéuticos se emplea en el envasado de:

- g) Cosméticos. Se producen frascos pequeños para máscara de pestañas, perfumes y cremas así como envases con diseños especiales para gel y shampoos, ofreciendo al sector, una reducción considerable

de precio y gran atractivo comercial por su transparencia (*Modern Plastic Encyclopedia, 1991*).

- h) Detergentes y productos químicos. Por sus propiedades químicas el PET resiste la mayor parte de los productos químicos comunes (a excepción de las cetonas): detergentes líquidos de limpieza, fertilizantes, aceites para automóvil, pinturas (*European plastic news, 1993; Modern Plastic Encyclopedia, 1991*).
- i) Productos farmacéuticos. Los envases de PET están probados por las instituciones de salud para estar en contacto con medicamentos, además de ser inocuos a la mayoría de los compuestos activos y sustancias de tipo farmacéutico (*European plastic news, 1993*).
- j) La apariencia y propiedades del PET han permitido entrar en otros mercados Industria automotriz, Industria textil. Industria del calzado. Industria del calzado. Industria eléctrica Etc. (*Enciclopedia del plástico, 2000*).

II. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS.

Las primeras botellas de PET hicieron su aparición en el campo de las bebidas carbonatadas alrededor de 1978, y a partir de 1985 estos contenedores incursionaron, además del sector de bebidas gasificadas o carbonatadas, en otros campos como el de la cerveza y los jugos de fruta.

Esto se explica precisamente por las propiedades intrínsecas de este material que presenta algunas cualidades del vidrio (transparencia y brillo), sin la inconveniencia de éste por ser un material frágil y pesado. Cabe hacer mención de la innovación en los avances tecnológicos, que permiten obtener verdaderas barreras contra los intercambios gaseosos.

Estas propiedades como barreras mejoradas van a permitir al PET, incrementar su penetración en el mercado de bebidas, debido a una duración de conservación más larga y a una posible reducción de sus capacidades: un litro, 0.5 litros y 0.25 litros.

Las etapas que se consideran en el proceso de elaboración de una bebida carbonatada son diez principalmente, sin dejar de considerar la importancia del previo tratamiento del agua que se emplea tanto para el lavado de las botellas como para la producción de la misma bebida (www.cocacola.com; www.pepsico.com).

Para este estudio se consideran las etapas de lavado de botellas que vienen de la elaboración de la preforma, ya que éstas contienen acetaldehído residual y la etapa de llenado donde la bebida carbonatada entra directamente en contacto con las paredes del envase donde se encuentran los residuos del acetaldehído, iniciándose la migración de esta sustancia hacia la bebida carbonatada (*Tampo, 1999; Toxicología y seguridad de los alimentos, 1990*).

ETAPAS DE LA ELABORACION DE BEBIDAS CARBONATADAS

En la figura 5 se muestran las etapas del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas.

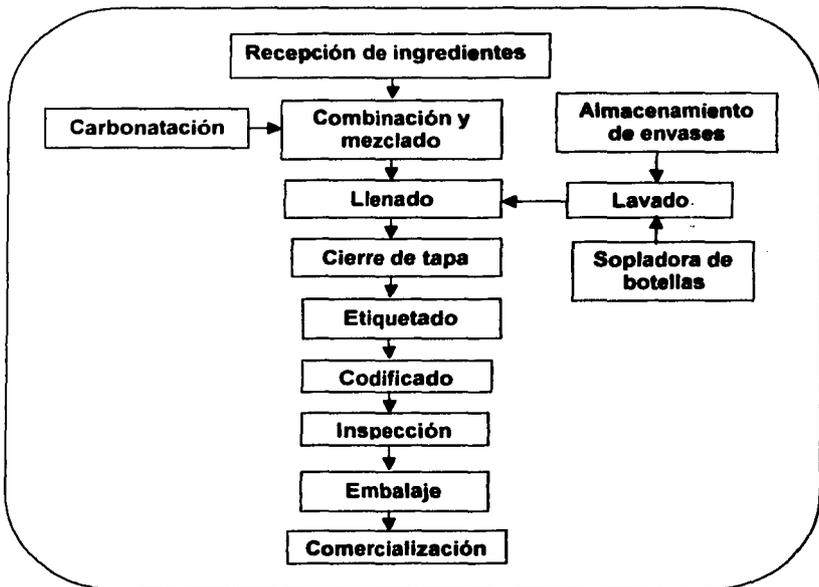


FIGURA 5. PROCESO DE ELABORACION DE BEBIDAS CARBONATADAS.

Fuente: Jasper 1981, www.cocacola.com y www.pepsi.com.

A continuación se describen cada una de las etapas que se realizan durante el proceso de elaboración de las bebidas carbonatadas:

a) recepción de ingredientes.

Esta etapa se explica en función de los diversos componentes de la bebida que de alguna forma interactúan con el material de envase. Los ingredientes que se reciben y forman parte de la bebida carbonatada son:

- Endulzantes.

Varían de acuerdo a la localidad donde se preparan, y al rango manejado para los diferentes tipos de bebida. Por ejemplo, para una bebida regular, se emplean diferentes tipos de azúcares que pueden ser sucrosa o jarabe de almidón de alta fructuosa; para una bebida de dieta, se emplea el aspartame (empleado para productos de dieta) generalmente se usa en América y el acesulfame-K (empleado para productos light) usado en Europa.

El contenido de endulzante se determina por medio de los grados Brix, usando un refractómetro o un hidrómetro, ya que la presencia de ácidos y azúcares distintos a la sacarosa también afectan la lectura de éstos (www.cocacola.com; www.pepsico.com; Ranken, 1988; *Toxicología y seguridad de los alimentos*, 1990).

- Agua.

Debe cumplir con los requerimientos mínimos necesarios de control de calidad, por ser el ingrediente principal(92% del volumen de la bebida, se emplean procesos de purificación, de acuerdo al tipo de agua y a la localidad (www.cocacola.com; Jasper, 1981; Licon, 2001; www.pepsico.com; *Toxicología y seguridad de los alimentos*, 1990).

- **Bióxido de carbono.**

El grado de efervescencia es probablemente la propiedad más importante de la bebida carbonatada; confiere a la bebida la espuma característica que complementa el sabor de la misma. La cantidad de bióxido de carbono disuelto varía de acuerdo al producto y cada uno tiene un grado óptimo. Este compuesto acidifica el producto modificando el pH. Inhibe el crecimiento de microorganismos y ayuda en la conservación del producto. Asimismo, reduce las reacciones enzimáticas (Licona, 2001; Ranken, 1988).

La determinación del contenido de bióxido de carbono de una bebida carbonatada puede hacerse midiendo la temperatura de la bebida y la presión de equilibrio del bióxido de carbono en la fase vapor. Esta presión se determina con un manómetro de punción y cierre de goma para evitar que el gas se escape. La temperatura del gas debe de estar entre 13 y 18 °C.

El contenido de aire de algunas bebidas carbonatadas debe mantenerse al mínimo para evitar problemas como el ataque al material del envase, evitando el desprendimiento de las sustancias del mismo envase (www.cocacola.com; www.pepsico.com; Ranken, 1988; *Toxicología y seguridad de los alimentos*, 1990).

- **Fórmula secreta.**

La fórmula secreta es un concentrado de plantas creado especialmente de acuerdo a cada patente, éste es almacenado y

usado bajo estricto control, manteniendo así su integridad y seguridad (www.cocacola.com; www.pepsico.com).

Dentro de la recepción de materia, se requiere considerar otros materiales, no propiamente para la preparación de la bebida, sino para su envasado, como es el caso de: Latas, Botellas: PET y vidrio. Etiquetas. Embalajes (Brody, 1997; www.cocacola.com; www.pepsico.com).

b) Lavado.

Para asegurar la calidad, cada botella es lavada, higienizada y enjuagada, pero puede variar si éstas son retornables, pues en este caso se recurre a un pre-enjuagado a chorro para remover suciedad e impurezas; después se remoja en una solución de detergente a alta temperatura donde se remueve cualquier suciedad remanente y se higieniza. Posteriormente, se pasan a un sistema de hidrolavado, donde se vuelven a lavar por aspersion y por último se lavan a chorro de agua fría antes de ser inspeccionados (www.pepsico.com; Tampo, 1999).

En el caso de las botellas de PET retornables se asegura que las levaduras y mohos se destruyan por el lavado mediante un tratamiento de inmersión y espreado con una solución de sosa cáustica caliente.

Los tratamientos consisten en sumergir los envases en sosa cáustica a 9 °C durante 25 minutos y esprearlos durante 45 segundos. O bien, suministrar a 75 °C la sosa cáustica y sumergirlos durante 12 minutos, posteriormente se esprea durante 45 segundos (www.cocacola.com; Fudakowsky, 1985; Paine, 1994; Tampo, 1999).

c) Mezclado y combinación de ingredientes.

Los ingredientes que se mezclan son: primero agua y azúcar para formar un jarabe puro, el cual posteriormente se combinará con la fórmula secreta, añadiendo agua a esta combinación.

La medición correcta del azúcar se hace por un hidrómetro Brix calibrado; la medida correcta de azúcar puede ser por lotes o en forma continua, esto depende del país o región donde se localice la planta de producción.

El pH de la bebida carbonatada fluctúa entre 2 y 5 (www.cocacola.com; Paine, 1994; www.pepsico.com; Ranken, 1988).

d) Carbonatación.

La carbonatación se efectúa en un carbonatador, conocido como *carbo-cooler*, en el cual la bebida ya preparada pasa en sistema continuo a una velocidad controlada y a una temperatura de 15.5°C, bajo la presión de 1 atmósfera. Mientras más baja sea la temperatura, la absorción del CO₂ es mejor. (Jasper, 1981; Licona, 2001)

e) Llenado.

Una vez que los ingredientes han sido mezclados y las botellas han sido limpiadas e higienizadas se realiza el llenado, requiriendo precisión en cada etapa. Para empezar, las botellas deben ser cuidadosamente llevadas a la llenadora en sincronización, esta es la clave de esta etapa. Al llegar a la

llenadora, las botellas son localizadas precisamente debajo de las válvulas de llenado por medio de sujetadores flexibles. Antes de que las botellas sean llenadas, se debe de presurizar el interior de éstas para que la fuerza de gravedad misma, permita que la bebida entre a la botella, esto asegura un flujo suave de líquido con poca o con nada de espuma (www.cocacola.com; *Tampo, 1999*).

En el caso de las botellas de PET, se emplea el llenado a volumen prefijado, tomando la medida del flujo donde el volumen se evalúa por el tiempo de salida del flujo del producto y es necesario considerar: Cantidad de gas disuelto en el producto, rigidez del envase elegido. Velocidad de envasado, Viscosidad del producto a envasar (*Bureau-Multon, 1995; Nissei ASB Machine Co., 2001; POSIMAT, S.A.; Tampo, 1999*).

f) Cierre.

Una vez llenadas las botellas, éstas son cerradas. Se pueden utilizar diferentes tipos de cierre para diferentes botellas, en caso de los plásticos, se utiliza una tapa de polietileno de alta densidad tipo rosca. La aplicación de estos cierres es una operación muy precisa, ya que se debe de asegurar que cada tapa pueda ser enroscada fácilmente y permanecer en la posición correcta (*Brody, 1997; Bureau-Multon, 1995*).

g) Etiquetado.

Una vez que las botellas han sido llenadas y cerradas pasan al etiquetado de una máquina especial, dispensadora de etiquetas desde grandes enrolladores, las cuales serán puestas en la botella (www.cocacola.com; www.pepsico.com; *Tampo, 1999*).

h) Codificación.

La botella es codificada, marcando un código especial que identifica una información específica acerca de ella. Algunos códigos simplemente identifican la fecha donde fue elaborada la botella, mientras que otros códigos son mucho más complejos. Estos identifican día, mes, planta, etc., usando una combinación de números y letras (*Bureau-Multon, 1995; www.cocacola.com; Nissei ASB Machine, Co., 2001*).

i) inspección.

Se realiza en diferentes puntos durante el proceso. Para botellas retornables, éstas primero se llevan a la planta. Son inspeccionadas tanto después de que son lavadas como después de que son llenadas. Se busca una imperfección externa de la botella para asegurar que cada botella contenga la cantidad correcta de la bebida (*www.cocacola.com; www.pepsico.com; Tampo, 1999*).

j) Embalaje.

El embalaje depende de dónde las bebidas serán distribuidas. Este se puede realizar a través de cajas de cartón, contenedores rígidos, anillos de plástico, etc. (*www.cocacola.com; www.pepsico.com; Ranken, 1988*).

k) Comercialización.

Para asegurar que las bebidas lleguen al consumidor, debe de haber una administración eficiente. La organización, es la clave. Ya que la distribución de la mercancía, se efectúa a través de camiones durante el día y la noche, tanto a tiendas, fuentes de soda, restaurantes, máquinas expendedoras, etc. (www.cocacola.com; www.pepsico.com; *Tampo, 1999*).

2.2 ANALISIS DE BEBIDA CARBONATADA EN RELACION CON EL ENVASADO EN PET.

Para este estudio, es necesario considerar: el envase, la bebida carbonatada así como las dos etapas involucradas en la posible migración de sustancias del PET a la bebida carbonatada.

Las botellas pueden generarse en la misma planta embotelladora, a partir de los gránulos de PET (pellets) y, almacenarse en silos una vez elaboradas. O bien, comprar las botellas ya elaboradas y almacenarlas en silos (*Tampo, 1999*).

Las botellas se transportan del silo a la etapa de enjuagado, llevando éstas residuos de acetaldehído, polvos y otras partículas que no se desprenden fácilmente, por lo que el enjuagado se realiza de dos formas: por aire comprimido (máquina de soplado) y por agua sanitizada (máquina lavadora). Por cualquiera de los dos métodos de enjuagado, se eliminan las partículas o polvos, pero en relación al acetaldehído residual, éste queda adherido a las paredes del envase (*Altamirano, 2001; Tampo, 1999*).

Cuando las botellas pasan de la etapa de enjuagado a la etapa de llenado, la bebida carbonatada es envasada y es aquí donde se presenta el contacto del

producto con las paredes del envase, que dependiendo del tamaño del envase el contenido varía en un rango de 3 ppm a 9 ppm de acetaldehído permitido por la FDA. Sin embargo, ya en la práctica el contenido de acetaldehído está por arriba del límite permitido, lo que ocasiona que algunas veces el producto contenga cantidades de esta sustancia no esperadas tal como se reporta en el cuadro n° 5 del capítulo 3 (Altamirano, 2001; Tampo, 1999).

Por otro lado, se considera que el movimiento de partículas de la bebida carbonatada envasada a presión, así como el pH de la misma, son agresivos para el material del envase, dando así el inicio de la migración del acetaldehído residual adherido en la pared del envase hacia la bebida carbonatada (Tampo, 1999).

Sin embargo, hasta el momento este sigue siendo un tema de discusión e interés para diversas investigaciones, buscando establecer los fundamentos teóricos del mismo. En el capítulo tres se describe la interacción envase-alimento que puede existir durante el envasado de las bebidas carbonatadas realizando una recopilación y análisis de artículos sobre la migración global y específica de sustancias desde el envase de PET (polietilén tereftalato) hacia la bebida carbonatada.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN DE SUSTANCIAS DEL ENVASE DE PET A LA BEBIDA CARBONATADA.

3.1 INTERACCION ENVASE-ALIMENTO.

El envase destinado al alimento posee diferentes funciones internas y externas, que son necesarias para la conservación del producto. Una de las más importantes a considerar en el desarrollo de materiales de envase es la evaluación de la interacción envase-alimento. (Rodríguez, 1999)

Existen cinco tipos de interacciones:

1. Del producto con la atmósfera dentro del envase.

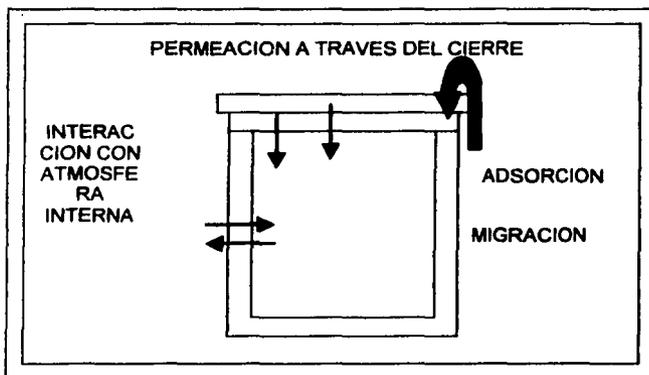


Figura 6. Interacciones Envase-Alimento. (Rodríguez, 1999)

2. Del medio ambiente al producto a través del envase y viceversa.

3. Del producto al envase, del envase al producto.
4. Del medio ambiente al producto a través del envase y viceversa.
5. Del producto al envase, del envase al producto.

Estas interacciones pueden clasificarse en tres grupos básicamente:

Grupo 1

- a. Permeación.

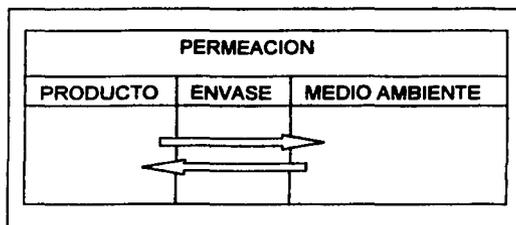


Figura 7. PERMEACION. (Sarán, 1997)

En este tipo de interacciones, el envase no aporta la barrera necesaria, por lo que se dan intercambios del medio ambiente hacia el producto y viceversa, generalmente son interacciones indeseables que reducen la vida útil en el producto o bajan la calidad del mismo debido a la apariencia de un envase que no contiene adecuadamente el producto.

- a) Interacción producto-medio ambiente.

Son aquellas interacciones donde el envase no es suficiente barrera para impedir pérdidas tales como: aroma, textura, sabor,

Color, humedad, alcohol, ingredientes activos, carbonatación en bebidas.

b) Interacción medio ambiente-producto.

En este tipo de interacciones, el envase no tiene la suficiente barrera para impedir que elementos del medio ambiente afecten al producto, como es el caso de: luz, oxígeno, agua, vapores orgánicos y contaminantes.

Grupo 2

Adsorción.

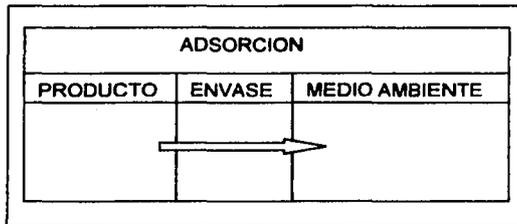


Figura 8. ADSORCION. (Sarán, 1997)

En algunos casos los productos contienen sustancias que pueden interactuar con el envase, ya sea que algunos compuestos de aroma se transfieran al envase o que tengan alguna reacción como por ejemplo:

- ❖ Reacción del alcohol con algunos polímeros.
- ❖ Productos grasos que atacan al envase.
- ❖ Humedad del producto que se transfiere al envase debilitándolo.
- ❖ Transferencia de color del producto.

Grupo 3

Migración.

Una de las interacciones que incluso se encuentra reglamentada es la que se debe a la migración de algunos componentes del envase al producto. Los materiales que se utilizan para envase y embalaje han sido aprobados por organismos internacionales como la FDA (Food and Drug Administration) y en su caso por los organismos oficiales de cada nación (Rodríguez, 2001; Sarán, 1997).

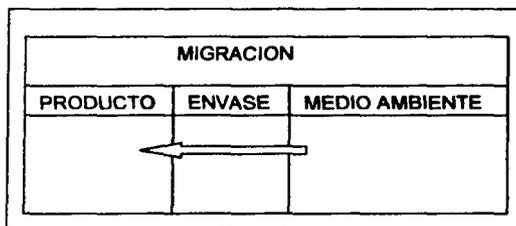


Figura 9. MIGRACION. (Rodríguez, 2001)

Aún así, es conveniente saber que en cada tipo de material se presentan diferentes sustancias que migran o pueden migrar al producto que contiene, como es el caso de los siguientes materiales:

1. Migración de envases de papel.

Los compuestos que pueden migrar del papel al alimento son: recubrimientos, adhesivos, tintas, barnices contaminantes. Estos elementos se presentan en el papel debido a que éste se elabora de una parte del papel reciclado (Rodríguez, 2001).

2. Migración de envases metálicos.

Por el proceso de fabricación de los envases, las sustancias que pueden migrar son las que se emplean en el proceso, tales como: Aceite de rolado, productos derivados del aceite, solventes ketónicos, recubrimientos, agentes sellantes. (Rodríguez, 2001)

3. Migración de envases plásticos.

En estos materiales es donde se presenta un mayor número de sustancias que migran ya que en los procesos de polimerización y formación de envases o películas son utilizados diferentes compuestos con el fin de facilitar los procesos o para impartir características especiales a los envases, los diferentes compuestos que pueden migrar al producto son: (*Enciclopedia del Plástico, 2000; Food Activities, 1997; Rodríguez, 2001*). Monómeros residuales, antioxidantes, lubricantes, adhesivos, tintas, catalizadores, barnices, contaminantes, agentes antibloqueo, modificadores de la viscosidad, agentes antimicrobianos, emulsificantes, retardantes a la flama, agentes espumantes, plastificantes, solventes residuales, supresores de humo, estabilizadores al calor, estabilizadores a los rayos ultravioleta. (*Enciclopedia del Plástico, 2000; Food Activities, 1997; Rodríguez, 2001*).

Estas migraciones suelen impartir olor y sabor a los alimentos y en otros casos ponen en riesgo la salud del consumidor ya que algunas de estas sustancias tales como los monómeros residuales (etilénglico), oligómeros(acetaldehído), son consideradas carcinógenas cuando exceden cierto nivel en la estructura de los plásticos.

Por ejemplo en el caso del plástico de polietilén tereftalato (PET), la sustancia predominante que se forma durante la manufactura por degradación térmica de este material es un compuesto volátil llamado acetaldehído, que pese a su toxicidad, puede presentarse en bajos niveles(de 3 a 9 ppm, dependiendo del tamaño de la botella), como se menciona en el capítulo anterior.

Para el plástico que se elabora con PVC solo se permite hasta una presencia de 50 ppm del monómero que es el cloruro de vinilo. (Soto, 2000; Baker, 1985).

En el caso de los monómeros residuales, los más conocidos se presentan en los envases de polietileno, donde el etileno transfiere un olor y sabor frutal o plástico a los productos. (Rodríguez, 20001)

3.2 ASPECTOS GENERALES SOBRE MIGRACION.

La migración de sustancias desde el envase al alimento es una de las consecuencias de las interacciones envase-alimento. Dado el riesgo que este proceso puede generar para la salud, se han legislado en todos los países industrializados, los límites de concentración máxima en el material de envase (QM) y la concentración máxima en el alimento tras el proceso de migración (SML) (Catalá, 2000; Nerin, 2000).

Por otro lado, son muchas las sustancias capaces de migrar, y no todas ellas tienen el mismo carácter, por lo que se han establecido los límites de: migración global y de migración específica (SML). El primero representa la totalidad de compuestos que se han transferido del envase al alimento independientemente de su naturaleza o toxicidad, mientras que el valor SML se refiere a una sustancia en concreto, siendo ésta por lo general, con cierto carácter tóxico (Catalá, 2000; Nerin, 2000).

Ante esta situación, es imprescindible comprobar y controlar todos los envases

y alimentos envasados que aparecen en el mercado, ya sea nacional o como resultado de la importación-exportación, y para ello debemos de contar con procedimientos analíticos fiables, capaces de responder a dicha demanda (Catalá, 2000).

3.2.1 Ensayos de migración.

La evaluación y control de todos y cada uno de los materiales de envase y los alimentos que contienen sería un tarea interminable y poco realista ya que cada alimento posee características diferentes y esto influye críticamente en el proceso de migración. Además, es necesario disponer de una referencia común, que permita comparar resultados independientemente del lugar, alimento o circunstancias en las que se realiza dicha evaluación. Por esto, se han establecido simulantes de alimentos y ensayos de migración normalizados, en los que se fijan las condiciones en las cuales se debe de realizar el ensayo (temperatura y tiempo de contacto).

Los simulantes son a su vez líquidos, disoluciones o sólidos que se comportan, en las condiciones de ensayo, de forma similar al alimento que pretenden simular, ejemplo de estos son: (Soto, 2000).

- Agua destilada (alimentos acuosos).
- Disolución acuosa de ácido acético al 3% (alimentos ácidos).
- Disolución de etanol al 10% en agua.(alimentos alcalinos)
- Aceite de oliva, isoctano o etanol 95% (alimentos grasos).

A su vez, los ensayos pueden realizarse por inmersión total del material en el simulante o simulantes seleccionados, o por contacto del simulante con una sola cara del envase a ensayar.

Una vez transcurrido el tiempo de contacto fijado para el ensayo, se procede a analizar el simulante o simulantes respecto a migración global o bien migración específica o ambos (Soto, 2000).

3.2.2 Migración global.

Se trata de evaluar la masa total de todas las sustancias que han sido transferidas del envase al alimento, por lo que se sigue un procedimiento gravimétrico. En los simulantes acuosos, el método consiste en la evaporación total del simulante tras el ensayo y la pesada del residuo resultante (Paine, 1994; Soto, 2000).

En los simulantes grasos el procedimiento es algo más complejo, ya que no puede realizarse la evaporación y requiere el control de la masa por diferencia de pesada del simulante antes y después del ensayo.

Este proceso se debe completar con la extracción y posterior análisis del simulante graso absorbido por el material de envase durante el ensayo, aspecto que puede variar sustancialmente el resultado final (Paine, 1994; Catalá, 2000).

3.2.3 Migración específica.

Como ya se ha mencionado, supone el análisis específico cualitativo y cuantitativo de cada sustancia, por lo que no puede sistematizarse, ya que dependerá de la naturaleza química de cada migrante.

Existen muchas sustancias migrantes que es necesario evaluar, en concentraciones extraordinariamente bajas, y cuyo análisis en los

simulantes y/o alimentos requiere técnicas analíticas sofisticadas. Una de las etapas más frecuentes del procedimiento analítico se muestra en la siguiente figura (Catalá, 2000).

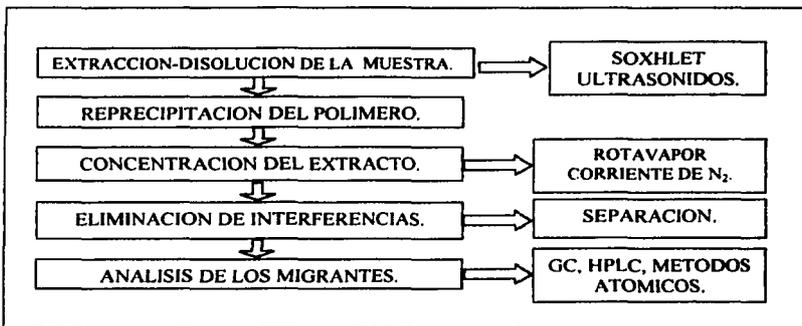


Figura 10. PROCEDIMIENTO ANALITICO (Nerín, 2001)

3.3 MIGRACION DE SUSTANCIAS DE ENVASES PLASTICOS AL ALIMENTO.

El término migración define la transferencia de masa del polímero al alimento y al entorno; sin embargo, este término se aplica más específicamente a la interacción plástico-producto envasado, definiéndose como la transferencia de masa de una fuente externa al alimento por un proceso submicroscópico (Katan, 1995). Los polímeros base de los materiales plásticos son moléculas de elevado peso molecular. Las sustancias del material de envase que sí pueden migrar son los compuestos de bajo peso molecular que se encuentran en la matriz polimérica, como es el caso de (Catalá, 2000):

- Residuos (monómeros, oligómeros, disolventes, etc.) y coadyuvantes de la polimerización (catalizadores, aceleradores, inhibidores, etc.).
- Aditivos o sustancias adicionadas para facilitar el procesamiento y/o modificar las características del material final, y que deben estar presentes en el producto acabado.
- Compuestos procedentes de la descomposición, degradación o bien de reacciones colaterales del polímero y/o aditivos.
- Sustancias adyacentes al material, tales como adhesivos en películas laminadas, barnices y tintas de impresión (*Catalá, 2000; Nerin, 2000*).

3.3.1 Mecanismos de migración.

La transferencia de las sustancias presentes en los materiales del envase a los alimentos, se desarrolla en tres etapas:

- a) Difusión del migrante en la matriz polimérica.
- b) Solvatación o disolución en la interfase alimento-envase.
- c) Dispersión en el alimento.

Estos mecanismos se resumen a continuación:

- a) Difusión del migrante en la matriz polimérica

En la primera etapa, que tiene lugar en la matriz polimérica, la migración está controlada por el proceso de difusión del migrante, que consiste en la transferencia de masa a través de espacios libres transitorios originados por los movimientos moleculares naturales aleatorios (movimiento browniano) de fragmentos de cadena del polímero que ocurren en ausencia de fuerzas externas tales como

agitación, mezclado o corrientes de convección en líquidos (Catalá, 2000).

b) Solvatación o disolución en la interfase alimento envase.

En la segunda etapa, que se desarrolla en la interfase entre el alimento y el polímero, ocurre la solvatación o disolución de los migrantes al alimento, produciéndose un equilibrio químico (Catalá, 2000).

c) Dispersión en el alimento.

La tercera y última etapa representa la dispersión del migrante en el alimento. El migrante llega y es solvatado por el alimento. Si el alimento es sólido, un líquido muy viscoso o el producto envasado no sufre manipulaciones que agiten el contenido, el migrante se difunde en el alimento de acuerdo a la primera etapa. En el caso de que el alimento sea líquido, y exista agitación continua, no considera esta etapa y se supone que el migrante está homogéneamente disuelto en el alimento.

3.3.2 Factores que influyen en la migración.

Hay muchos factores que influyen sobre el proceso de migración, especialmente si el migrante se encuentra en bajas concentraciones, siendo los más importantes: Densidad del plástico: porque en el caso específico del PET si es baja se propicia un incremento en la concentración del migrante; tiempo de contacto: mientras más tiempo de contacto se de entre el alimento y el envase, la migración del componente se incrementa; temperatura: específicamente en el PET si la temperatura se

incrementa mayor cantidad de acetaldehído se libera; naturaleza de la fase de contacto: por ejemplo, los diversos constituyentes de la bebida carbonatada que directamente están en contacto con el envase de PET y que interactúan con este acelerando el proceso de migración de sustancias; espesor del material: refiriéndolo al PET, si el envase tiene mayor espesor, la cantidad de acetaldehído disminuye; superficie del material en contacto: a mayor superficie de contacto, es mayor la cantidad de componente que migre. factores mecánicos: para este caso dependerá del espesor del material la afectación. diferencias morfológicas y estructurales en la matriz polimérica: para el PET se requiere considerar definida la morfología, pues de esta depende que el acetaldehído se libere de la matriz polimérica.

Es importante destacar que la migración no es sólo una propiedad de un aditivo o componente englobados en un polímero, sino que se ven involucrados aditivos, polímero, producto, producto en contacto y las condiciones ambientales que afectan a todo el conjunto (Nerín, 2000).

3.3.3 Evaluación práctica de la migración.

La reconocida incidencia de la migración en la calidad y, sobre todo, en la salubridad de los alimentos envasados ha llevado al establecimiento de legislaciones nacionales e internacionales que deben cumplir los materiales destinados a entrar en contacto con productos alimenticios. En las mismas se regulan aspectos como:

- Lista positiva de sustancias admitidas para la fabricación industrial de materiales plásticos destinados al envasado de alimentos.
- Límites de migración global
- Límites de migración específica .
- Cantidades residuales de determinadas sustancias potencialmente tóxicas admisibles en los materiales.
- Forma de evaluar la migración.

3.4 ANALISIS DE LA MIGRACION DE SUSTANCIAS DE BOTELLAS DE PET (POLIETILEN TEREFTALATO) HACIA LA BEBIDA CARBONATADA.

Considerando la revisión anterior y, debido a que la mayoría de los alimentos son envasados, la extensión de cualquier interacción entre el material de envase y el alimento se debe conocer y mantener al mínimo posible.

Los diversos organismos preocupados por la salud humana y la seguridad alimentaria se han dedicado al control de sustancias que puedan afectar al organismo humano. Uno de estos organismos es la Comunidad Económica Europea (CEA) que se ha dado a la tarea de responder al problema de la migración de sustancias de los materiales de envases de plástico.

En el caso del PET la CEA ha emitido la Directiva N° 82 / 711 / EEC para el control de la migración global de sustancias de éste polímero. En tal regulación propone la lista positiva de monómeros usados para fabricar PET mostrada en el cuadro N° 4 pero a su vez se proporciona en el mismo cuadro, las cantidades en partes por millón (ppm) sobre el límite de migración específica, para cada uno de estos compuestos utilizados en la manufactura de las botellas de PET.

Cuadro N° 4. Lista positiva de monómeros usados para fabricar PET.

MONOMERO	LIMITE DE MIGRACIÓN ESPECIFICA
Ácido tereftálico.	7.5 mg/kg.
Ácido isoftálico.	5.0 mg/kg.
Ácido isoftálico, dimetil éster.	0.05 mg/kg.
Etilén glycol.	30.00 mg/kg
Dietilén glycol.	30.00 mg/kg

(ILSI. EUROPE, 2001).

Así mismo la Directiva N° 90 / 123 / CEE, propone que los límites de migración específica para la migración de acetaldehído de productos de PET manufacturados, no debe de exceder los 60 mg/kg(60 ppm).

Y para las bebidas carbonatadas el límite no debe de rebasar los 10 mg/kg. Sin embargo el acetaldehído lo podemos encontrar en forma natural en algunos alimentos, tales como: las aceitunas, la uva y otros cítricos; así también en la mantequilla, algunos quesos y vegetales congelados. Y las concentraciones reportadas superan las 24 ppm (mg/kg). En el procesamiento de alimentos se adiciona como saborizante en chocolates, helados, etc. Bajo estas circunstancias esta sustancia es potencialmente dañina si el producto final presenta cambios en el sabor, así como un sutil aroma a frutas penetrante.

En cuanto a las preformas de las botellas se refiere, el nivel de acetaldehído varía, siendo inversamente proporcional esta variación respecto al tamaño de la botella (3.5 ppm, para botellas de 2 l, 9 ppm para botellas de 0.5 l). La migración máxima aceptada en la superficie de los productos elaborados de PET es de 10 mg/dm² incluyendo los materiales de envase.

CUADRO No. 5 ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN DE SUSTANCIAS DE BOTELLAS DE PET A LA BEBIDA CARBONATADA.

MIGRACIÓN DE SUSTANCIAS	INVESTIGADOR Y AÑO	ESTUDIOS /CONDICIONES	OBTENIENDO COMO RESULTADO	POR LO TANTO SE DEMUESTRA LA INFLUENCIA DE...
Cambios en la constitución de las bebidas carbonatadas y agua mineral, durante el almacenamiento en botellas de PET.	Isengart, 1993.	Analizó muestras de bebidas carbonatadas envasadas en botellas de PET de 1.5 l y almacenadas en un lugar obscuro, a temperatura de 40°C, durante 6 meses; las muestras fueron tomadas cada 4 semanas.	La migración de acetaldehído en el agua mineral fue de 50 p.p.b.; respecto las bebidas carbonatadas, la cantidad de acetaldehído se enmascaró con el acetaldehído adicionado como saborizante en las mismas.	La temperatura de almacenamiento, en la migración de este compuesto; así como cambios sensoriales en las bebidas carbonatadas.
Determinación de acetaldehído en agua mineral y bebidas carbonatadas envasadas en PET.	Porretta, 1995.	Se analizaron muestras cada mes de bebidas carbonatadas, envasadas en botellas de PET de 1.5 l. almacenadas durante 9 meses; unas a temperatura ambiente 25°C y otras a 42°C.	Casi todas las muestras para agua mineral presentaron migración de acetaldehído, tanto a temperatura ambiente, como a 42°C, excediendo el umbral sensorial a esta temperatura las últimas después de los 9 meses. Pero los resultados para las bebidas carbonatadas fueron mas difíciles de interpretar por el acetaldehído adicionado a las mismas; sin embargo para las bebidas de cola se determinó un incremento en la concentración, lo cual no se esperaba.	La migración de acetaldehído residual en las paredes de las botellas. La falta de legislación para la migración de este compuesto potencialmente tóxico de las botellas de PET en las bebidas carbonatadas aún se encuentra bajo discusión.
Migración de acetaldehído en botellas de PET, que contienen agua mineral.	Nijsen, 1992. Tampo, 1999.	Probaron que durante la manufactura de las botellas de PET, para agua mineral, se liberaba en gran cantidad el acetaldehído, quedando residuos en las paredes de las botellas.	Al envasar el agua mineral en botellas de PET de 1.5 l a temperatura ambiente, al cabo de unas semanas el acetaldehído residual contaminó el agua mineral.	Se verificó la migración específica de acetaldehído en una concentración de 12 p.p.b., produciendo también cambios sensoriales en el agua mineral envasada.

CONTINUACIÓN DEL CUADRO No. 5

MIGRACIÓN DE SUSTANCIAS	INVESTIGADOR Y AÑO	ESTUDIOS /CONDICIONES	OBTENIENDO COMO RESULTADO	POR LO TANTO SE DEMUESTRA LA INFLUENCIA DE...
Migración de acetaldehído de envases de PET hacia alimentos líquidos.	Gramiccioni 1986.	En alimentos líquidos que contenían CO ₂ y bajo condiciones de tiempo(5 meses de almacenamiento) y de temperatura(25°C).	Se determinó el contenido de acetaldehído.	El contenido de acetaldehído encontrado, se infiere que procede de las paredes de los envases de los alimentos envasados en los mismos.
Migración de oligómeros en botellas de plástico de PET en bebidas carbonatadas.	Gilbert 1989.	La migración de niveles totales de oligómeros, mediante un análisis aproximado implicando la hidrólisis de oligómeros del ácido tereftálico, y análisis de dimetil tereftalato por dilución de isótopo estable.	Si hubo la migración de oligómeros pero a bajas concentraciones.	Otros compuestos que son liberados y que podían en un momento dado interactuar con los componentes de las bebidas carbonatadas.
Determinación de residuos de benceno en PET reciclado por cromatografía de gases.	Komolprasert 1994.	Este estudio se realizó para botellas de PET de 2 l, a 60°C de temperatura.	Las concentraciones encontradas de este compuesto Se dieron entre un 70 a un 90% Después de 15 semanas.	La presencia de componentes tóxicos que son necesarios considerar en los envases retornables de PET.
Migración de residuos contaminantes provenientes de PET secundario reciclado.	Komolprasert 1997.	Los contaminantes fueron determinados a partir de gránulos PET refundido.	La extracción de los datos que demostraron que la migración de estos residuos contaminantes del PET extruido, fueron bajos.	La cristalinidad del PET extruido fue en un rango de 5 a 15 % mas bajo que el PET comercial(30% de peso en cristales. Sin embargo los datos de migración obtenido de las muestras representan las condiciones más severas de la evaluación expuesta.
Estudios de aptitud sanitaria para botellas de PET y migración de sustancias en botellas transparentes y pigmentadas de verde.	I.N.T.I. 1999.	Se estudió la aptitud sanitaria para botellas de PET, Así como la migración de sustancias(etilénglico y dietilénglico) para botellas de PET transparentes y pigmentadas.	El surgimiento del término de barrera funcional, para botellas de PET.	Esta barrera que viene a resolver en cierta forma el problema de la migración de sustancias considerable en las bebidas carbonatadas.

CONCLUSIONES

Al analizar la obtención del PET grado botella, se tiene que se requiere de un buen control de la temperatura óptima de moldeo, así como de la viscosidad intrínseca, pues ambos tiene una relación directa en la formación de acetaldehído:

- a) En el caso de la temperatura óptima de moldeo, si ésta disminuye, la formación de acetaldehído disminuye; pero el problema que se genera al disminuir la temperatura es de la pérdida de la propiedad de transparencia y brillo de la botella.
- b) Para el caso de la viscosidad intrínseca óptima, se tiene que si se disminuye, la velocidad de polimerización aumenta necesitando en consecuencia elevar la temperatura de moldeo y por lo tanto se incrementa la liberación de acetaldehído.

En el proceso de elaboración de bebidas carbonatadas, se encontró que en la operación de lavado no es suficiente un lavado simple, ya que sólo se eliminan los polvos e impurezas que hay en la botella pero no el acetaldehído residual adherido en las paredes de la misma.

El inicio de la migración de acetaldehído hacia el alimento, se da durante el envasado.

En base a los niveles de 3 ppm a 9 ppm de acetaldehído permitidos por la FDA, (Food and Drugs Administration) en algunos de los casos correspondientes a botellas no retornables se rebasa el límite inclusive mientras más pequeño sea el envase, el contenido de acetaldehído es mayor y como consecuencia se podría provocar un efecto adverso al organismo humano.

Para el caso de las botellas que son retornables no solo existe migración de acetaldéido sino de otras sustancias, tales como los residuos del benceno, el etilenglicol, el dietilenglicol y otros oligómeros.

Las temperaturas manejadas en el almacenamiento de las bebidas, (40–60 °C) influyen considerablemente contribuyendo en la migración de sustancias.

BIBLIOGRAFIA

1. Altamirano, R. A., 2001. Seminario de envase y embalaje de alimentos: Análisis de la NOM-142-SSA1-1995.(Norma Oficial Mexicana) FES-C-UNAM(TESIS).
2. Panorama del plástico: Botellas de PET multicapa para bebidas); Boletín del INTI. Año 3, No. 7, pgs. 1-3. Argentina. 1999.
3. Brody, A. L., 1997. Encyclopedia of Packaging technology. Tomo I, pgs 158. Editorial: John Wiley & Sons, Inc. E. U. A.
4. Bureau-Multon, 1995. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Pgs. 485-503. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
5. Cajaplast, S.A. de C.V., 1997. Envases de la resina de PET: Hoja de seguridad de materiales de Celanese Mexicana, S.A. de C.V. pgs. 25-29. Instituto Mexicano de Profesionales en Envases y Embalajes (IMPE).
6. Cardoso, J., 1997. Food science and technology abstract. Centro de tecnología BLOCO-LAPOCAT. Río de Janeiro, Brasil. Food Science and Technology Abstract; V. 20; N° 3; Pgs. 183-185; año 1987. (FSTA. V29. N°9. Pg.10)
7. Castle, L., 1989. Migration of PET oligomerosm PET plastics into bottled beverage. Journal of food protection. V52, N° 5, Pgs. 337-342 Norwich. 1989. (FSTA, V 21, N° 10; 1989)

8. Catalá, R., 2000. Migración en envases de materiales plásticos. Memorias II. Congreso RISEA.CYTED-CIAD, A.C.; pgs. 83-93. Sonora, México. Rodríguez, T. (IMPE).
9. Coca-Cola Co. Visita virtual. www.cocacola.com
10. Dupire, B., 1983. Estudio de acondicionamiento de aguas minerales envasadas en recipientes de PET. Journal of hydrology of France. V. 3; N° 4, pgs. 3-7; año 1983.
11. Dupire, B., 1983. Estudio del acondicionamiento de aguas envasadas en botellas de PET. Journal of food science. 1983; V. 25, N° 7; pgs. 15-22; año 1983.
12. European plastic news (1992). PET progress still many ways forward. Editorial Emap Bussiness Publishing U.K. V. 20 N° 7; pgs. 4-17.
13. Fudakowsky, J., 1985. Polytechno Associates (G. B.). Small capacity PET container in Europe. Rydel conference. Food Science and Technology Abstrac, 1985.
14. Fernández, M., 2000. Efectos sensoriales de la migración en alimentos. Memorias II Congreso RISEA 2000. CYTED-IAD, A.C. Pgs. 109-110, 112. Sonora, México.
15. Gramiccioni, 1986. Acetaldehyde migration from PET(Polyethyleneterephthalate) containers: Technological and Chemical aspect. Industrie Delle Bevande. V.15, N° 81; pgs.1-4; año 1986.(FSTA, V.18N° 11; pg. 30; 1986).

16. Instituto de Profesionales de Envases y Embalajes, 2000. Enciclopedia del Plástico 2000. Tomo I, capítulo 9; pgs.433-454, 460-471. Packaging Editorial; México.
17. ILSI, 2000. Polyethylene Terphthalate (PET) for food Packaging Applications. ILSI (International Life Sci. Institute) Europe Packaging Material Task Force. 2000.(artículo obtenido via Internet), 8 pgs.
18. Isengard, T., 1993. Changes in beverage constituents during storage in PET bottles. Mineral brunnen. V. 43 N° 1; pgs. 3-5. Stuttgart, Alemania. (STA, V. 26; N° 8; pg. 90.)
19. INDORAMA, 2002. "IndoPET" resin. Thailandia. 3 pgs. (artículo bajado del Internet)
20. Jasper G. W., 1981. Beverage: Carbonated and no carbonated; pgs. 286-289, 319-327, 408-413. AVI Publishing Company, Inc. Connecticut, USA.
21. Johanson, F., 1993. Polymer packages for food materials, concepts and interactions. Food Science. Goteborg, Sweden. Food Science and Technology Abstract; V. 26; N° 12; pgs. 15; 1993.
22. Komolprasert, V., 1994. Determination of benzene residues in PET by dynamic headspace-gas chromatography. Food additives and contaminants V.11; N°. 5; pgs. 605-614; Illinois, USA.(FSTA; V.27;N° 2 Pg. 68).
23. Komolprasert, V., 1997. Migration of residual contamination from secondary (recycled) PET into food-simulating solvents, aqueous ethanol and heptane. Food additives and contaminants V.14, Illinois, USA. (FSTA; V. 29; N° 11; pg. 104; 1997).

24. Licona, E.F., 2001. Pruebas físicas para determinar las propiedades mecánicas de envases de PET en bebidas carbonatadas. Seminario de envase y embalaje de alimentos, Capitulo 2 FESC-UNAM(TESIS).
25. Martínez, M. H., 1997. Diplomado en Ingeniería y diseño de envases y embalajes: Polietilén Tereftalato (PET). Rodríguez, Packaging Editorial México, 1987.
26. Modern Plastic Encyclopedia, 1991. Polyethylene Terephthalate Engineering-grade: PET Standar grade; pgs. 50-54; Mc Graw-Hill Editorial; USA.
27. Modern Plastic Encyclopedia, 1992. Polyethylene Terephthalate Engineering-grade: Resins and compound. Pgs. 45-48; Mc Graw-Hill, Editorial; USA.
28. Modern Plastic Encyclopedia, 1993. PET soaring demand and material substitution fuel a boom., pgs. 83-99, 204. IV. Mc Graw-Hill ed. E. U. A.
29. Nerin, C., 2000. Control analítico de la migración. Memorias II Congreso RISEA 2000. CYTED-CIAD, A.C.(Rodríguez, T.); pgs. 94-106. Sonora, México.
30. Nijssen B., 1992. Acetaldehyde in mineral water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles. Packaging technology and SCI. V. 9; N° 4; pgs. 175-185.
31. NISSEI ASB Machine., Co. 2001. "The History of PET bottle and the Foundation of ASB". (Artículo obtenido vía Internet).

352, 486-491. A. Madrid Vicente ediciones. Madrid, España.

33. Pedraza, T. C., 2001. Trabajo de Seminario: Propuesta de método de control estadístico para elaboración de envases de plásticos de PET para agua purificada. FESC-UNAM (TESIS)

34. Pepsi-Cola Inc. Visita virtual. <http://www.pepsico.com>

35. Plastic Technology (1992). PET review technology. Bill publication. Vol. 38 Nos. 3, pgs.7-13. U. S. A.

36. Poretta, S., 1995. Acetaldehyde in PET-packed commercial mineral waters and soft drinks: Industria conserve;V.70 N° 3; pgs. 266-274. Italy. (FSTA; V.28; N° 6; pg. 108; 1995.)

37. POSIMAT, S. A. Transporte de botellas a línea de llenado. Alimentación: equipos y tecnología. (Artículo obtenido vía Internet). 6pgs.

38. Ranken, 1988. Bebidas saludables: envasado en PET. Manual de industrias de alimentos. Pgs. 284-203. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

39. Revista de Envases y Embalajes, 1999. Historia del plástico. Editada por IMPE- Packaging editorial. Año: 1; No. 2; pgs. 3-5

40. Rodríguez, T., 1999. Interacciones producto –envase. Revista Ingeniería y Diseño de envase y embalaje. Año 1; N° 2; Nov. 1999. Packaging Editorial, México, D.F.

41. Rodríguez , T., 2001. Interacción alimento-envase. Año 2 N° 1; ene-2001. Packaging Editorial, México, D.F.
42. Safa, H., 1999. Sorption-Desorption of aromas on multi-use PET bottles.(artículo obtenido via Internet). 4pgs.
43. Salamone Joseph, 1999. CONCYSE- Polimeric materials Encyclopedia. CRC- Press, USA
44. Sarán, R., 1997. Migración de sustancias en alimentos. Manual de ingeniería y diseño en envase y embalaje. (Rodríguez, T.). Packaging Editorial, México, D.F.
45. Soto, H., Marzo 2000. Memorias del II Congreso Internacional de Envases de Alimentos RISEA 2000. CYTED-CIAD, A.C. (Rodríguez, T.) Sonora, México.
46. Tampo, D., 1999. Aguas envasadas. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Noriega editores, pgs. 87-89. México.
47. www.eastman.com.
48. [www. Hoechst.com](http://www.Hoechst.com)