



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN
ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN
FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**

Alma Lucía Ralón Chinchilla

Asesorado por el Ing. Keny Abdón López Salazar

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN
ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN
FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALMA LUCÍA RALÓN CHINCHILLA
ASESORADO POR EL ING. KENY ABDÓN LÓPEZ SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADORA	Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 26 de octubre de 2016.


Alma Lucía Ralón Chinchilla

Guatemala, 24 de octubre de 2018

Ingeniero

Carlos Salvador Wong

DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Estimado Ing. Wong:

El motivo de la presente es para darle a conocer que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado "**VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**", de la estudiante Alma Lucía Ralón Chinchilla carné 200915483, identificada con el CUI 1944 30480 0101, de la carrera de Ingeniería Química.

Después de haber realizado la revisión y habiendo encontrado satisfactorio el informe final, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Atentamente,

 **KENY LÓPEZ**
ING. QUÍMICO
COL. 1474

Ing. Qco. Keny Abdón López

Asesor de Tesis

Colegiado activo 1,474



Guatemala, 18 de enero de 2019.
Ref. EIQ.TG-IF.003.2019.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **080-2016** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Alma Lucía Ralón Chinchilla**.
Identificada con número de carné: **1944 30480 0101**.
Identificada con registro académico: **2009-15483**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN ENVASE
PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN FISCOQUÍMICA,
MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Keny Abdón López Salazar**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.



"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.014.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ALMA LUCÍA RALÓN CHINCHILLA** titulado: **"VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2019

ESCUELA DE INGENIERÍA USAC
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DIRECTOR

Cc: Archivo
CSWD/ale

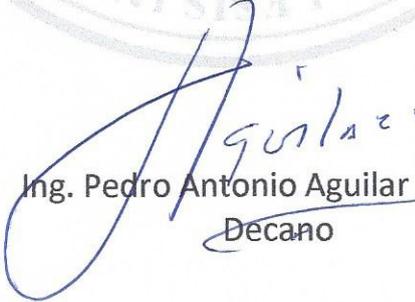




DTG. 090.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **VALIDACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL DE AGUA EMBOTELLADA EN ENVASE PET DE RESINA RECICLADA POR MEDIO DE EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL**, presentado por la estudiante universitaria: **Alma Lucía Ralón Chinchilla**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Poiré
Decano



Guatemala, febrero de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el motivo de mi existencia y por bendecirme con todo cuanto he podido soñar.
- Mis padres** Erick Ralón y Lucrecia Chinchilla, por su amor y entrega en mi vida.
- Mi hermana** Estefani Ralón, por ser mi compañera de vida y de aventuras.
- Mis abuelos** Julia Victoria Almaraz, Raúl Ralón y Raquel Ralón, por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> y por proveerme de su entrega académica y humana.
Facultad de Ingeniería	Por abrirme sus puertas a mi desarrollo como profesional.
Mi asesor	Ing. Keny López por su ayuda y soporte académico.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. PET.....	3
2.1.1. Polietileno tereftalato	3
2.1.2. Resina.....	4
2.2. Agua embotellada	4
2.3. Equipos de medición	4
2.3.1. Potenciómetro.....	4
2.3.2. Medidor de presión	5
2.4. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	6
2.5. Parámetros microbiológicos del agua.....	6
2.6. Evaluación sensorial.....	7
2.7. Vida de anaquel.....	7
3. DISEÑO METODOLÓGICO	9
3.1. Variables.....	9
3.2. Delimitación del campo de estudio.....	10

3.3.	Recursos humanos disponibles	10
3.4.	Recursos materiales disponibles	11
3.5.	Técnica utilizada	11
3.5.1.	Cuantitativa	11
3.5.1.1.	Metodología de medición de parámetros fisicoquímicos.....	12
3.5.1.1.1.	Medición de presión de N ₂ (psi).....	12
3.5.1.1.2.	Medición de pH.....	12
3.5.1.2.	Metodología de medición de parámetros microbiológicos	12
3.5.2.	Cualitativa	13
3.5.2.1.	Evaluación organoléptica.....	13
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	13
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	14
3.8.	Análisis estadístico.....	15
3.8.1.	Dato promedio	16
3.8.2.	Desviación estándar	16
3.8.3.	Incertidumbre absoluta.....	17
4.	RESULTADOS	19
4.1.	Parámetros fisicoquímicos.....	19
4.1.1.	Presión de N ₂	19
4.1.2.	pH.....	20
4.1.3.	Análisis microbiológico.....	21
4.2.	Evaluación organoléptica.....	22
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	23

CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	31
APÉNDICES.....	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Titulador con potenciómetro en electrodo	5
2.	Equipo para medición de presión en bebidas	6
3.	Diagrama de flujo para tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	15
4.	Gráfica de presión de N ₂ a través de tiempo de vida de anaquel	19
5.	Gráfica de pH a través de tiempo de vida de anaquel	20
6.	Gráfica de análisis microbiológico a través de tiempo de vida de anaquel	21
7.	Evaluación sensorial a través de tiempo de vida de anaquel	22

TABLAS

I.	Determinación de variables de trabajo	9
II.	Recursos materiales	11

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$Z_{\alpha/2}$	Confiabilidad
Sa	Desviación estándar
E	Error estimado
Δa_i	i-ésima incertidumbre de la n-ésima variable de la función a_x .
a_i	i-ésima variable
mL	Mililitros
a_n	n-ésima variable independiente
N₂	Nitrógeno
n	Número de datos
N	Número de repeticiones de lote
pH	Potencial de hidrógeno
P	Probabilidad de éxito
Q	Probabilidad de fracaso
psi	Unidad de medida de presión
UFC	Unidades formadoras de colonias
\bar{a}	Valor promedio
a_i	Valor i-ésimo

GLOSARIO

Bacterias totales	Bacterias aerobias y anaerobias facultativas, heterótrofas, mesófilas y criófilas capaces de crecer en un medio de agar nutritivo.
Coliformes	Grupo de bacterias bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Su origen es principalmente fecal y se considera un indicador de higiene.
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i> , es una bacteria gram negativa que se encuentra en el tracto intestinal de animales y humanos.
Estudio de estabilidad	Análisis realizado en un tiempo determinado para evaluar si un sistema de formulación-ensado mantiene sus características de diseño para su uso adecuado.
Organoléptico	Propiedades de los productos apreciadas a través de los sentidos.
Panel sensorial	Estudio normalizado para los alimentos que se realiza utilizando los sentidos de un grupo potencial de consumidores, para determinar una evaluación estadística a la clasificación del producto.

Parámetros fisicoquímicos	Variables físicas y químicas de una bebida.
PET	Polietileno tereftalato, polímero termoplástico derivado del petróleo, utilizado entre otros, para envases alimenticios.
Resina	Gránulos de polímero termoestable que se endurece en presencia de un catalizador.
R-PET	Resina reciclada de polietileno tereftalato.
Tiempo de vida de anaquel	Tiempo de vida técnico de un producto en el cual conserva sus características de diseño para su consumo.

RESUMEN

Según las necesidades ambientales que atraviesa nuestro planeta, la industria busca procesos productivos ambientalmente responsables, como implementar en sus sistemas de producción el uso de materiales amigables al ambiente.

En este estudio se busca validar el uso de una resina reciclada denominada R-PET para la producción de botellas de plástico para envasar agua pura ozonificada.

Para determinar si el uso de dicha resina es apta para productos de consumo humano, es necesario someter muestras de dicho producto a estudio de estabilidad evaluando tanto variables cuantitativas como cualitativas, tomando en cuenta parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, como: N₂, pH, bacterias totales, coliformes, *Escherichia coli* y análisis sensorial.

Después de realizar un estudio de dichas variables, se determinó que el uso de la resina reciclada R-PET es apta para su uso en envases utilizados en la producción de agua pura embotellada, con un tiempo de vida de anaquel exitoso de 9 meses.

OBJETIVOS

General

Establecer un tiempo de vida de anaquel por medio de un estudio de estabilidad de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, para agua embotellada en envase R-PET de resina reciclada.

Específicos

1. Realizar un estudio de estabilidad semanal de parámetros fisicoquímicos: presión de N₂ y pH, para las muestras de producción de agua embotellada en R-PET.
2. Realizar un estudio de estabilidad quincenal de parámetros microbiológicos: conteo de *E. coli*, coliformes y bacterias totales, para las muestras de producción de agua embotellada en R-PET.
3. Realizar un estudio de evaluación sensorial semanal para las muestras de producción de agua embotellada en R-PET.
4. Validar el tiempo de vida óptimo para agua embotellada en envase R-PET de acuerdo a los datos obtenidos de los estudios de estabilidad.

INTRODUCCIÓN

El planeta Tierra evoluciona en múltiples aspectos: investigación, tecnología y población; mientras lo hace, evoluciona junto a él, la cantidad de desperdicio y la acumulación de basura que es generada por los seres humanos y sus actividades. Es por esto que las compañías multinacionales, así como miles de organizaciones ambientales, consternadas por el status de nuestro planeta en cuanto a desechos sólidos y recursos naturales, deciden buscar alternativas para ayudar a contrarrestar este efecto e iniciar la implementación de hábitos que colaboren a una gestión sostenible, mientras se realizan las mismas actividades productivas y recreativas, como hasta ahora.

El reciclaje empieza a tomar una importancia relevante en la industria, y el consumidor también pone de su parte cambiando hábitos en masa y exigiendo a las compañías productoras el cambio a procesos ambientalmente amigables. De esta demanda nace la idea de dejar de utilizar únicamente PET de resina virgen para elaboración de botellas para bebidas, y se empiezan a conocer tendencias en las que se empiezan a reciclar botellas de plástico, creando nuevas con mezclas en diferentes proporciones de resina virgen-reciclada, hasta llegar a resinas 100 % recicladas.

Al utilizar un nuevo material de empaque es necesario realizar estudios concretos que permitan tener evidencia de que el cambio de material en las botellas no generará ningún problema en cuanto a salud e inocuidad al consumidor, y que su producto envasado mantendrá sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas, teniendo estabilidad para una vida de anaquel determinada.

El objeto de este trabajo de graduación es realizar las evaluaciones pertinentes en cuanto a parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, para que sus resultados respalden el uso de una botella PET de resina reciclada, en la que sea viable envasar agua apta para consumo humano, y determinar un tiempo de vida en anaquel pertinente para un producto en un empaque de esta naturaleza, que elimine cualquier sospecha de que el envase no funcionará de la misma manera que uno de resina virgen, y que no habrá ninguna alteración de parámetros críticos y contaminación del agua.

1. ANTECEDENTES

La industria amplía sus fronteras no solo al crecer en su proceso tecnológico y productivo, también, al desarrollar tendencias en procesos que incluyen materias primas con conciencia ambiental.

El envase PET es un polímero termoplástico que se deriva del petróleo, su nombre real es polietileno tereftalato, es decir, un envase que tiene la capacidad de ser moldeado varias veces, sin degradarse ni descomponerse. Tomando en cuenta el volumen producido diariamente de bebidas en envases PET en el mundo, es necesario que las compañías creen sólidos procesos que incluyan recolección, reciclado y reutilización de los materiales cuantas veces sea posible, para evitar a toda costa mayores impactos ambientales. En el caso particular de Embotelladora La Mariposa, en el año 2016, se produjeron alrededor de 28 755 000 cajas físicas de productos envasados en PET.

En una bebida envasada tan crítica como el agua, el productor será responsable de la salud del consumidor, debido al estado microbiológico del líquido cristalino, por lo que debe asegurar que el envase o botella cumple con todas las características necesarias para que el agua sea apta para el consumo humano, permaneciendo bajo sus estándares mínimos.

Durante el año 2016, Embotelladora La Mariposa dio a reciclaje aproximadamente 135 Ton de PET. Múltiples estudios indican el proceso de reciclado de una botella R-PET; sin embargo, no existen estudios que validen que las bebidas contenidas en las mismas no son susceptibles a sufrir cambios en sus características intrínsecas, debido a los cambios físicos en las resinas

utilizadas para material de empaque. Estudios anteriores determinaban que “Para ampliar la industria nacional es necesario conocer que con las tecnologías convencionales no es posible utilizar el PET para fabricar otra vez botellas de bebidas...”, por lo que este estudio podría determinar una diferencia en el embotellado de bebidas.

Por supuesto, cada bebida que se desee envasar en una botella con estas características debe pasar por un proceso de validación para conocer su comportamiento fisicoquímico, microbiológico y organoléptico durante el tiempo y bajo distintas condiciones de almacenaje.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. PET

Los envases plásticos que se utilizan en la actualidad en la industria de bebidas utilizan el material denominado polietileno tereftalato.

2.1.1. Polietileno tereftalato

Polímero termoplástico derivado del petróleo. Llamado así a aquellos que tienen la capacidad de ser moldeados varias veces, después de su primera forma final sin degradarse ni descomponerse. Es comúnmente utilizado como un material de empaque ligero, fuerte, seguro, irrompible y reciclable con una barrera inherente, lo cual lo hace adecuado para amplia gama de aplicaciones.

El PET se fabrica a partir de dos derivados del petróleo: etileno y paraxileno, son sus derivados, etilenglicol y ácido tereftálico, respectivamente. Para obtener el PET, ambos son expuestos a temperatura y presión elevadas para obtener la resina en estado amorfo. El camino más simple para la obtención del PET es la esterificación del ácido tereftálico con el etilen glicol, lo cual forma un monómero: bis-B-hidroxietil tereftalato, el cual se somete a una policondensación para obtener el polímero de cadena larga de la familia de los poliésteres.

Posteriormente la resina es cristalizada y polimerizada para incrementar su peso molecular y su viscosidad.

2.1.2. Resina

Son pequeños gránulos rectangulares de polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor.

2.2. Agua embotellada

Líquido incoloro, transparente, inodoro, sin sabor, ligero, apto para el consumo humano y envasado luego de pasar por procesos de limpieza, purificación e inocuidad. Debe cumplir con las normas mínimas microbiológicas de acuerdo a la región en donde se embotelle, en el caso de Guatemala, aplica la norma COGUANOR.

2.3. Equipos de medición

Los procesos de medición de parámetros fisicoquímicos requieren los siguientes equipos de medición.

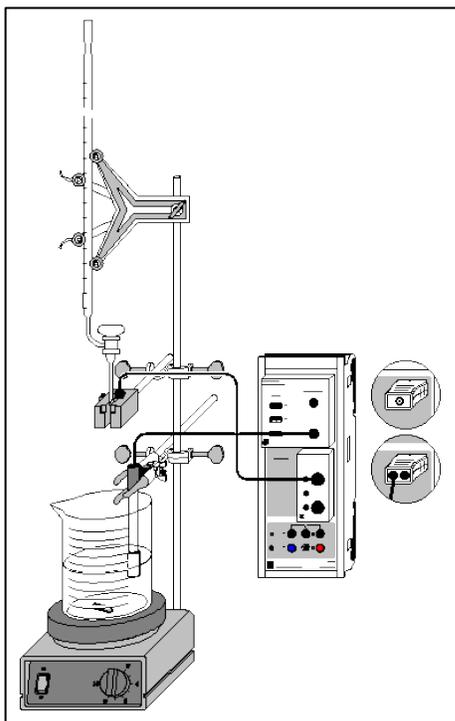
2.3.1. Potenciómetro

Sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. La determinación del pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio, que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. En consecuencia se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de la membrana de vidrio delante el pH.

Una celda para la medida de pH consiste en un par de electrodos, uno de calomel (mercurio, cloruro de mercurio) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución en la que se desea encontrar el pH. La vara de soporte del electrodo

es de vidrio común y no es conductor, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (vidrio sensible al pH).

Figura 1. **Titulador con potenciómetro en electrodo**

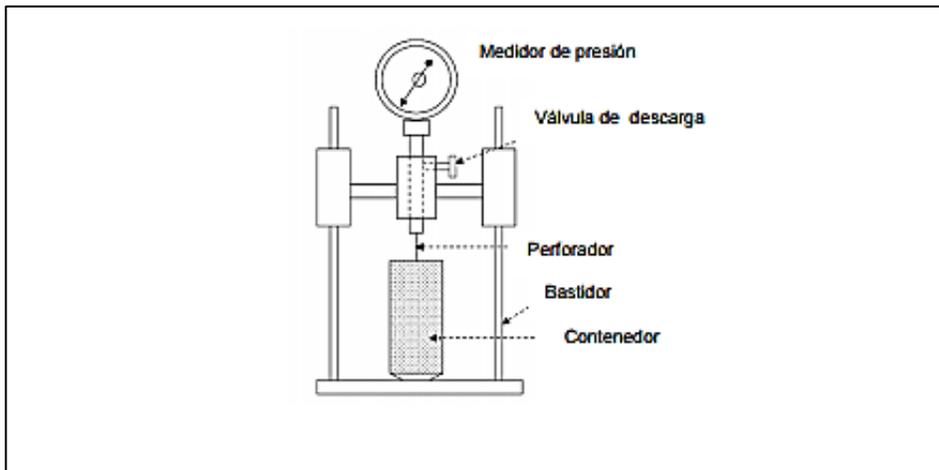


Fuente: *Titulación automática*. <http://www.lididactic.de/software/524221es/Content/ExperimentExamples/Chemistry/AnalyticalChemistry/TitrationAutomatic2.htm> Consulta: 14 de octubre de 2018.

2.3.2. **Medidor de presión**

Equipo que consta de un barómetro y un termómetro para determinar la presión (normalmente CO_2 , también mide presión de N_2) y temperatura dentro de un contenedor, botellas PET.

Figura 2. **Equipo para medición de presión en bebidas**



Fuente: STEEN, David. *Carbonated soft drinks: formulation and manufacture*. p. 126.

2.4. Parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetros físicos y químicos que dan las características específicas de una bebida, en este caso los parámetros de medición críticos son el pH y la presión de nitrógeno.

2.5. Parámetros microbiológicos del agua

El mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Estos riesgos son medidos por medio del contabilizado de *E. coli*, coliformes y bacterias totales, para determinar la inocuidad del proceso y si esta es apta o no para el consumo humano.

2.6. Evaluación sensorial

Es el análisis estrictamente normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se emplea la palabra normalizado, porque implica el uso de técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objeto de disminuir la subjetividad en las respuestas. Las empresas lo usan para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de producción rutinario. Por ejemplo, si cambian un insumo es necesario verificar si esto afecta las características sensoriales del producto y, por ende, su calidad. Ese es un buen momento para hacer un análisis y cotejar entre el producto anterior y el nuevo.

En el caso del presente estudio, será necesario realizar una prueba de panel sensorial determinada como *in & out* o dentro/fuera, en la cual se evalúa la muestra en estudio contra una muestra de referencia; en caso de que la muestra sea determinada como fuera, deben adjuntarse explicaciones o motivos por los cuales el/la panelista la determinan de esta manera; si la mayoría de panelistas la determinan dentro, la muestra es aprobada. Por la naturaleza del producto, que es conocido y estándar en el paladar de todas las personas o panelistas, es decir, incoloro, sin olor y sin sabor, no aplican otros tipos de panel, que evalúan otras características intrínsecas de la bebida, como notas de sabores, intensidad de sus componentes, entre otros.

2.7. Vida de anaquel

Período en el que un alimento mantiene características sensoriales y de calidad aceptables para el consumo, almacenado bajo distintos tipos de condiciones (aunque siempre existen condiciones óptimas); después de este período, el producto no mantiene la calidad esperada por el consumidor y la

empresa productora no deberá poner en riesgo la salud de aquel. Es también denominada vida útil o vida en estante y se determina desde el día de elaboración hasta su fecha de vencimiento.

Pueden existir estudios de tiempo de vida acelerado o en tiempo real, lo cual será determinado por el ambiente y las condiciones a las cuales sean expuestas las muestras. En este caso, las muestras son controladas a temperatura ambiente, para realizar un estudio de estabilidad en tiempo de vida real.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

A continuación, se describen las variables del trabajo.

Tabla I. **Determinación de variables de trabajo**

Núm.	Variable	Unidad	Factor potencia de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	Ruido
Parámetros fisicoquímicos						
Primarias						
1	Presión de N ₂	psi		X		
2	pH	NA		X		
Parámetros microbiológicos						
3	<i>E. coli</i>	UFC/ 100 mL		X		
4	Coliformes	UFC/ 100 mL		X		
5	Bacterias totales	UFC/ 100 mL		X		
Aspectos organolépticos						
6	Aroma: inodoro	NA		X		
7	Sabor: sin	NA		X		
8	Color/apariencia: incolore	NA		X		
9	Textura: líquida y húmeda	NA		X		

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El campo de estudio fue delimitado por el tiempo de vida que el departamento comercial desea darle al producto, es decir, 9 meses, lo cual sería la meta, en un comparativo con 6 meses que tiene el tiempo de vida de la botella de resina virgen utilizada con anterioridad. Esto debido a que comercialmente hablando conviene que los productos estén validados con mayores tiempos de vida por su rotación en el mercado; para la producción permite tener en temporadas bajas, la posibilidad de realizar corridas más largas para abastecer durante una mayor cantidad de tiempo el mercado.

Es también importante mencionar que para validar el tiempo de vida de anaquel se necesitan tres parámetros de interés por la naturaleza del producto: parámetros fisicoquímicos aplicables (presión de N₂ y pH), datos microbiológicos (conteo de *E. coli*, coliformes y bacterias totales) y características sensoriales u organolépticas (aroma, sabor, apariencia).

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Alma Lucía Ralón Chinchilla.
- Asesor: Ing. Químico Keny Abdón López.
- Encargados de proceso: Alma Ralón (Fisicoquímicos y Sensorial) – Keny López (Inocuidad – Microbiología).

3.4. Recursos materiales disponibles

A continuación, se presentan los recursos materiales que estuvieron disponibles para la realización del trabajo.

Tabla II. Recursos materiales

Descripción	Material	Dimensiones	Capacidad	Unidades
Electrodo de titulador automático	Calomel y vidrio	NA	0-14	NA
Medidor de presión	Acero inoxidable	NA	0-60	psi
<i>E. coli</i>	Pseudomonas media	NA	≤ 1	UFC/100 mL
Coliformes	MI	NA	≤ 15	UFC/100 mL
Bacterias totales	TGE	NA	≤ 10	UFC/100 mL

Fuente: elaboración propia.

3.5. Técnica utilizada

El estudio realizado fue de tipo experimental, formado por un equipo en el que se estudiaron variables involucradas, y se obtuvieron datos numéricos para la evaluación de alcance de niveles óptimos de los parámetros establecidos.

3.5.1. Cuantitativa

Se realizaron recolecciones de datos de las variables más importantes en la etapa de estudio de estabilidad, de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

3.5.1.1. Metodología de medición de parámetros fisicoquímicos

Se le midió a cada muestra: pH y presión de N₂ con la siguiente metodología.

3.5.1.1.1. Medición de presión de N₂ (psi)

Se utilizó un medidor de presión para bebidas, para lo cual se coloca la botella R-PET en el medidor, se presiona hacia abajo, perforando la tapa de la muestra y el manómetro del medidor marca la presión, para lo cual es necesario esperar a que el instrumento estabilice, es decir, que la aguja se detenga en un punto determinado, el cual es leído en unidades psi.

3.5.1.1.2. Medición de pH

Esta medición se realizó en un titulador automático que mide el pH por medio de un electrodo; se coloca una muestra razonable en un *beacker* limpio, para que el líquido cubra la altura del electrodo (se recomiendan 100 mL) y el electrodo debe quedar cubierto completamente por la bebida y se espera hasta estabilizar la medición de pH.

3.5.1.2. Metodología de medición de parámetros microbiológicos

Se recolectaron los análisis realizados por el Departamento de Microbiología, los cuales se midieron con una frecuencia de una medición quincenal de conteo de *E. coli*, coliformes y bacterias totales.

3.5.2. Cualitativa

Se realizaron evaluaciones sensoriales denominadas *in & out* o dentro/fuera de todas las muestras evaluadas, así como la interpretación de los resultados para establecer un tiempo real de vida de anaquel del producto.

3.5.2.1. Evaluación organoléptica

Se realizó semanalmente una evaluación sensorial para cada muestra, con el panel entrenado de la planta de producción; para lo cual cada panelista utilizó el método *in & out* y calificó de 1-5 a la bebida; 5 de las características organolépticas estándar son: incolora, inodora y sin sabor y, 1 de las características organolépticas distorsionadas; en este caso, el panelista explicó sus hallazgos.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La medición, evaluación y tabulación de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales se realizaron semanalmente.

Para ello es necesario determinar el número de repeticiones de medición semanal, a partir de la siguiente expresión:

$$N = \frac{Z_{\alpha/2}^2 PQ}{E^2} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- N : número de repeticiones de lote

- $Z_{\alpha/2}$: confiabilidad
- P : probabilidad de éxito
- Q : probabilidad de fracaso
- E : error estimado

Sustituyendo los datos de la ecuación anterior con los datos mencionados, se obtiene lo siguiente:

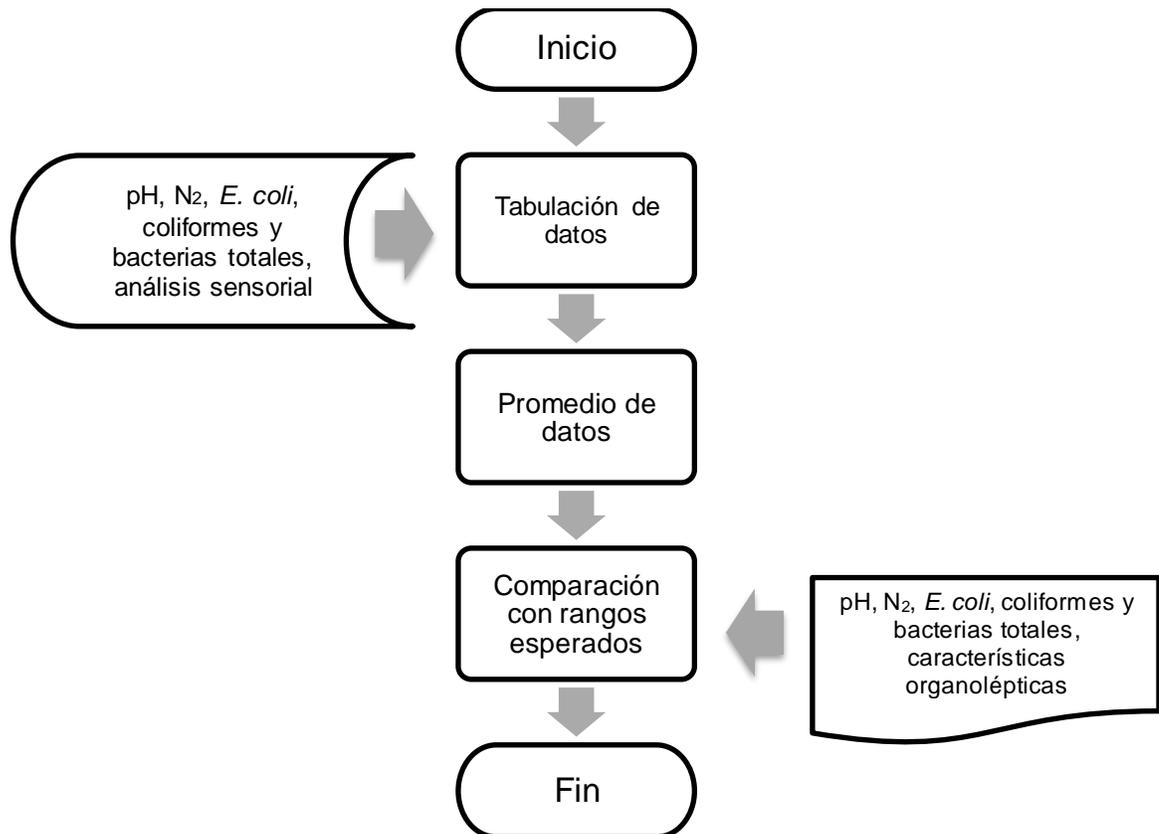
$$N = \frac{(1,96)^2 * 0,95 * 0,05}{0,20^2} = 4,5619 \approx 5$$

Son necesarias 5 mediciones para cada medición semanal, por cada parámetro fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información para cada muestra evaluada, cinco por cada condición de exposición. La siguiente figura mostrará la secuencia utilizada:

Figura 3. Diagrama de flujo para tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información



Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico utilizado para el análisis de los resultados del proceso, previos y posteriores, al uso del manual son delimitados por: la obtención de la media, incertidumbre absoluta, desviación estándar, varianza de la muestra y nivel de confianza (95,0 %).

3.8.1. Dato promedio

El dato promedio (\bar{a}) permite obtener un dato representativo para cada variable en cada medición; de esta forma, se toman en cuenta las posibles variaciones aleatorias, junto con la desviación estándar.

$$\bar{a} = \frac{\sum_i^n a_i}{n} = \frac{a_1+a_2+\dots+a_n}{b} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

- \bar{a} : valor promedio
- a_i : valor i
- n : número de datos

3.8.2. Desviación estándar

La desviación estándar (Sa) permite cuantificar la dispersión de los valores para una misma medición, respecto al valor promedio, lo cual representó el error aleatorio causado por diversos factores.

$$Sa = \sqrt{\frac{\sum_i^n |\bar{a}-a_i|}{n-1}} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

- Sa : desviación estándar
- \bar{a} : valor promedio
- a_i : valor i

- n : número de datos

3.8.3. Incertidumbre absoluta

El error por incertidumbre o error típico permitió determinar la utilidad del resultado final, evaluando la confianza que se puede tener en una decisión basada en el resultado y comparar resultados de mediciones. Para una variable dada:

$$a_x = f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde:

- a_n : n-ésima variable independiente, cuya incertidumbre se determina por la siguiente ecuación:

-

$$\delta a_x = \delta f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial(f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n))}{\partial a_i} \right| * \delta a_i \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

- a_i : es la i-ésima
- Δa_i : i-ésima incertidumbre de la n-ésima variable de la función a_x

4. RESULTADOS

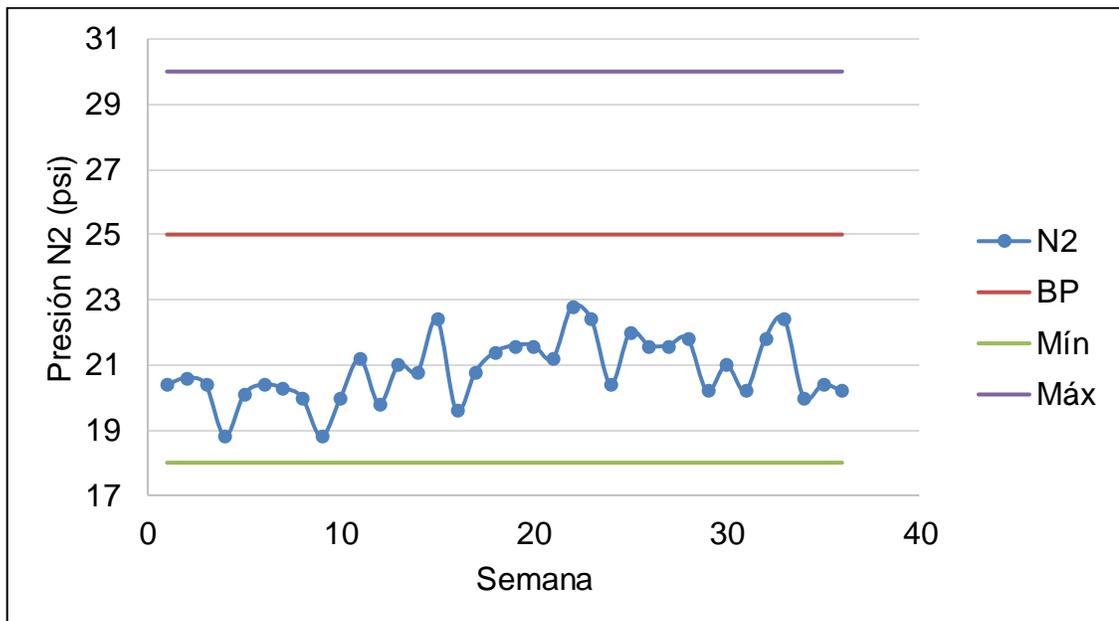
4.1. Parámetros fisicoquímicos

A continuación, se describen los parámetros fisicoquímicos.

4.1.1. Presión de N₂

Medición de la presión de nitrógeno dentro del sistema del envase PET a través del tiempo.

Figura 4. **Gráfica de presión de N₂ a través de tiempo de vida de anaquel**

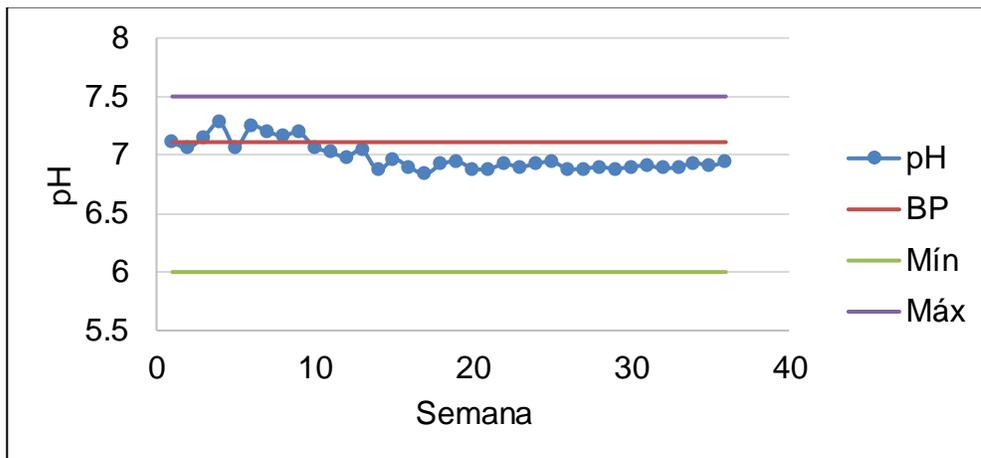


Fuente: elaboración propia.

4.1.2. pH

Medición del potencial de hidrógeno a través del tiempo.

Figura 5. **Gráfica de pH a través de tiempo de vida de anaquel**

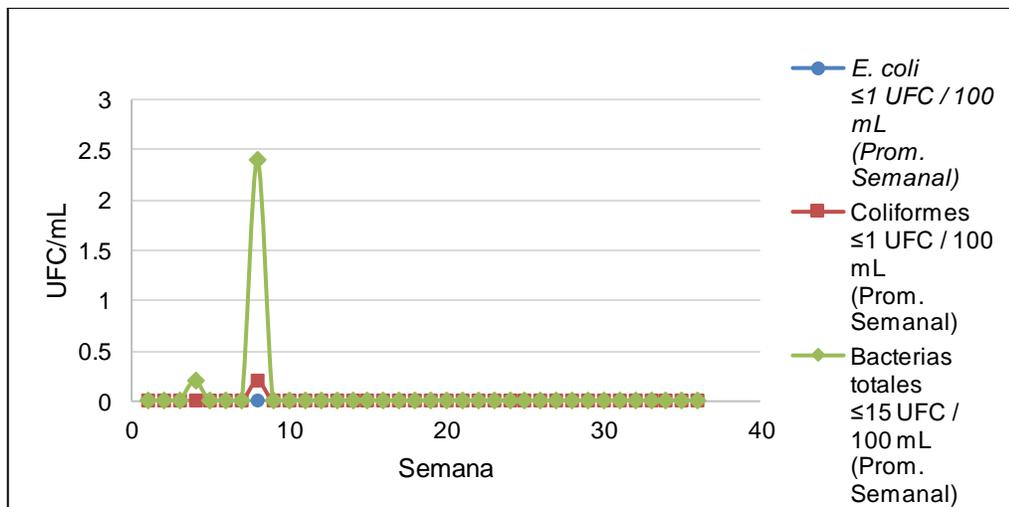


Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Análisis microbiológico

Medición de parámetros microbiológicos: *E. coli*, coliformes y bacterias totales durante el tiempo de vida del agua embotellada.

Figura 6. Gráfica de análisis microbiológico a través de tiempo de vida de anaquel

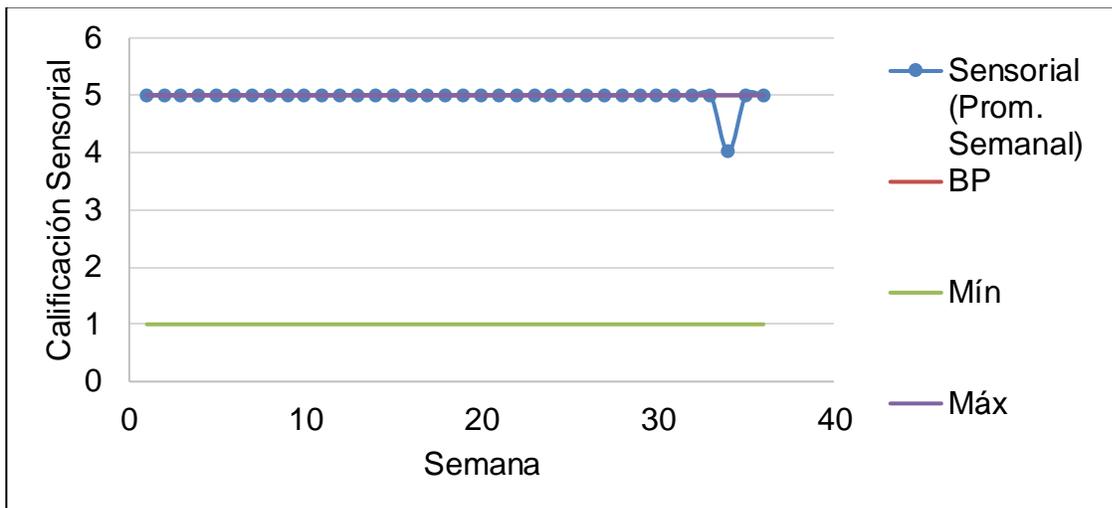


Fuente: elaboración propia.

4.2. Evaluación organoléptica

Evaluación de sabor, color y aroma a través del tiempo.

Figura 7. **Evaluación sensorial a través de tiempo de vida de anaquel**



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El estudio al que fueron sometidas las muestras de agua pura envasada en botella con resina R-PET incluyó la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas, durante el tiempo de vida que se deseaba establecer como vida de anaquel. Los resultados obtenidos fueron exitosos en todos los campos: se obtuvieron los resultados de presión de nitrógeno y pH dentro de parámetros durante las 36 semanas y el 97 % de resultados correctos para análisis sensoriales y microbiológicos; se concluye que la resina R-PET puede ser utilizada para embotellar agua pura sometida a purificación por ósmosis.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos incluyó la medición de presión de N₂ y pH. Para los resultados de presión de N₂, la bebida presentó dentro de su sistema una presión entre los 18,80 psi y 22,80 psi, ligeramente por debajo de la medición inicial realizada a la bebida patrón y dentro del rango permitido: 18-30 psi. Esto demostró que el envase es capaz de evitar la migración de gases, y por lo tanto, de cualquier otra sustancia a través de su porosidad.

Durante el proceso, la dosificación de nitrógeno sufre una ligera variabilidad generada por el sistema a 'chorro' de uso habitual; por lo que lo que se evalúa para este parámetro, es que el mismo permanezca dentro del rango especificado y no el comportamiento 'estable' que pueda tener a través del tiempo; es decir, lo importante para la estabilidad de las bebidas es su presencia dentro de la botella. El nitrógeno añadido en la botella es necesario para poder embalar las tarimas de producto terminado. El gas es insoluble con

la bebida, mientras provee al producto final las características deseables, como rigidez y liberación de gas al momento de apertura, lo cual de manera indirecta hace saber al consumidor que está abriendo un producto completamente sellado para su seguridad, aparte de romper el cinturón de seguridad de la tapa.

El parámetro de retención de presión de nitrógeno es necesario por sus características estéticas y logísticas. Permitted determinar indirectamente que el envase plástico, que siempre contará con cierto grado de porosidad, fabricado con la resina R-PET, es capaz de evitar el intercambio de sustancias y retener el nitrógeno, debido al desplazamiento de aire y sus componentes contenidos en la botella que fue ocasionado durante la dosificación de nitrógeno, y que como medida de inocuidad, ayuda a evitar oxidación y otros fenómenos ocasionados por la presencia de los componentes del aire, que pudieran potencialmente dañar el producto y, por lo tanto, evita la contaminación microbiológica de la bebida, en este caso agua, durante su tiempo de vida útil.

Para el parámetro de pH fue notorio un comportamiento descendiente habitual, a través de las 36 semanas de tiempo de vida. Mostró una mínima de 6,84 y una máxima de 7,28; se determinó que la bebida se mantuvo en un estatus idóneo para no ser demasiado básica, como para permitir el crecimiento microbiológico o demasiado ácido como para ser peligrosa para el consumo humano.

Este comportamiento fue provocado debido a que el proceso de embotellado en la línea particular utilizada cuenta con un proceso previo de enjuague de los envases, durante el cual es utilizada agua suave, la cual posee de 0,5 a 1 ppm de cloro. El cloro habitualmente se consume a medida que los organismos se destruyen; al añadir una cantidad considerable, no dañina, después de eliminados todos los organismos, quedará un remanente en el agua

determinado como 'cloro libre', que afecta el pH y la convierte en más ácida, pero aún dentro de parámetros para considerar de acuerdo a la normativa COGUANOR 29001, un potencial de hidrógeno desde 6,5 – 8,5, como apta para el consumo humano.

Dentro de los análisis cuantitativos también se incluyó el microbiológico, que estudió los resultados para bacterias totales, coliformes y *E. coli*, debido a la naturaleza del producto. En el caso de las bacterias totales, las cuales establecen como máximo permitido la presencia de ≤ 15 UFC / 100 mL, se obtuvieron resultados entre los 0 y 2,4 UFC / 100 mL; el 94% el que permaneciera en la ausencia de bacterias.

Para coliformes, un 100 % de los resultados se presentó en la ausencia de dichos organismos, los cuales establecen como máximo permitido la presencia de ≤ 1 UFC / 100 mL.

Finalmente, para *E. coli*, los resultados fueron 100 % exitosos, en ausencia del mismo, el cual establece como parámetro máximo el ≤ 1 UFC / 100 mL. Esto permite sustentar como adecuado el sistema de inocuidad de producción, ya que su ausencia determina que no existe ningún tipo de contaminación humana hacia el producto.

Microbiológicamente, la resina R-PET es adecuada para utilizarse en envasado en agua, debido a sus resultados dentro parámetros.

Finalmente, la bebida fue evaluada en cuanto a sus características organolépticas, las cuales típicamente para el agua pura serían: inodora, incolora y sin sabor. Para realizar este estudio cualitativo, es necesario realizar semanalmente una prueba de panel sensorial; en este caso, se utilizó la técnica

'in & out' en la cual el panelista clasifica en la boleta si la bebida se encuentra dentro o fuera de sus características; en el caso de presentarse fuera, se da una breve explicación para determinar los motivos.

Los resultados obtenidos sensorialmente muestran que el 97 % de los análisis se encontraban dentro de la especificación típica, es decir, 1 resultado, de 180 análisis, no cumplió con las características organolépticas deseables; por lo que se puede considerar como despreciable, ya que la mayoría de las muestras para los panelistas fueron incoloras, inodoras y sin sabor, tal como el consumidor espera al consumir agua pura.

De acuerdo con los resultados fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, evaluados en las muestras sometidas a estudio de estabilidad, el envase elaborado a base de resina R-PET es viable para embotellar agua pura purificada a través de ósmosis inversa, ya que es capaz de mantener sus características óptimas para el consumo humano durante el tiempo de vida de anaquel de 9 meses.

CONCLUSIONES

1. Es viable embotellar agua pura en envases de resina R-PET de acuerdo con los resultados dentro de parámetros para pH y presión de nitrógeno, y el 97 % de éxito para los análisis microbiológicos y sensoriales, provee un sistema apto para el consumo humano durante un tiempo de vida de anaquel de 9 meses.
2. La presión de N₂ se mantuvo dentro del rango de especificación que permite la inocuidad y evita la contaminación microbiológica de la bebida.
3. El parámetro de pH permaneció en un rango de 6,84 – 7,28, se estableció dentro del rango permitido 6,5 – 8,5.
4. El resultado de *E. coli* durante las 36 semanas se mantuvo en cero, por debajo de la especificación máxima ≤ 1 UFC / 100 mL, que garantiza la inocuidad y consumo humano.
5. Los coliformes presentaron estabilidad de la inocuidad durante el proceso, estableció totalmente dentro de la especificación ≤ 1 UFC / 100 mL, durante los 9 meses de análisis.
6. Las bacterias totales se encontraron por debajo de la especificación máxima ≤ 15 UFC / 100 mL, durante todo el tiempo de vida útil.
7. La evaluación sensorial, estuvo en el 97 % de los análisis en la puntuación máxima, 5; confirma que el agua pura no presentó alteración

o contaminación de sus características sensoriales típicas: inodora, incolora y sin sabor.

RECOMENDACIONES

1. Añadir al paquete de bebidas, un empaque secundario tipo film, que provea protección UV.
2. Todos los envases PET tienen la posibilidad de migrar características organolépticas no deseadas y ser ambientes idóneos para el crecimiento de colonias microbiológicas, al ser expuestos a manejos inadecuados de acuerdo con el producto que se envase, tales como: exposición al sol, presión y calor; por ello, es recomendable que cualquier bebida que sea envasada en este tipo de botellas reciba la manipulación adecuada durante su distribución, venta y almacenaje. Esto incluye de preferencia, mantener el producto final en ambientes con temperaturas controladas (temperatura ambiente es el ideal: 25° C), bajo protección solar y ambiental; de manera que reciba lo más constantemente posible las mismas condiciones que eviten la variabilidad en su matriz de formulación o de purificación y envasado (como en el caso del agua).
3. Al desear utilizar este tipo de resina para otros tipos de bebidas envasadas, es necesario exponer la bebida a un estudio de estabilidad en el cual se utilicen muestras que hayan sido sometidas a una simulación casi exacta del proceso de llenado y envasado, utilizando la resina R-PET y llevando un control de sus variables fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas, tomando en cuenta que cada sistema de formulación y envasado es distinto, y no todas las matrices de variables responderán de manera exitosa; al igual que la de este

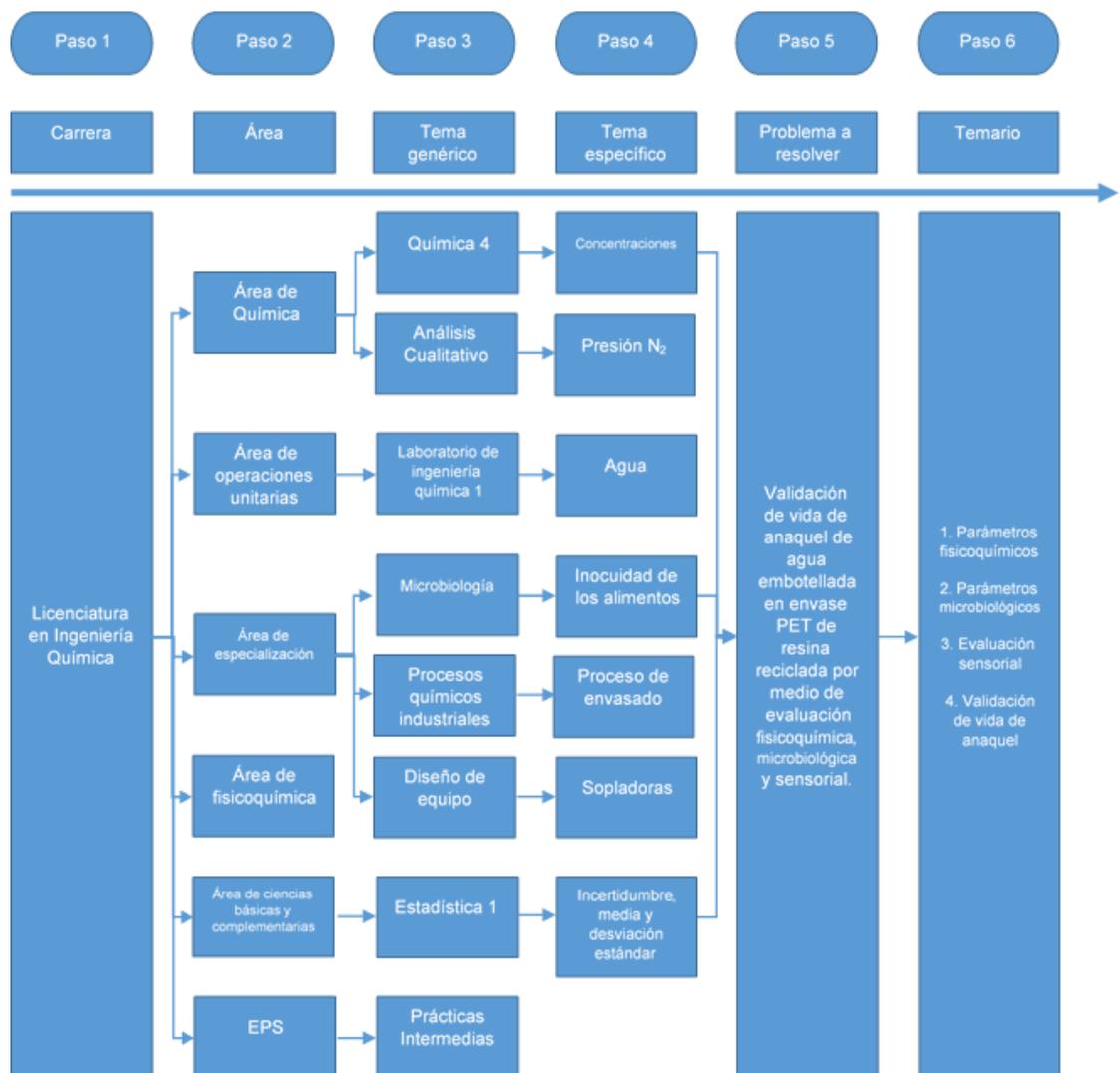
estudio para el uso del mismo polímero, el estudio proveerá un tiempo de vida idóneo, durante el cual la bebida es capaz de mantener sus propiedades características, el cual se denominará como tiempo de vida de anaquel.

BIBLIOGRAFÍA

1. COGUANOR. Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR 29001, *agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: COGUANOR, 2013. 96 p.
2. COLOMO RUIZ, Nelson Rolando. *Ingeniería del reciclado en envases de tereftalato de polietileno (PET)*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 392 p.
3. MILLER, James; MILLER, Jane. *Estadística y quimiometría para química analítica*. 4a ed. España: Prentice Hall, 2002. 278 p.
4. RODRÍGUEZ RECINOS, José Alberto. *Estudio de prefactibilidad técnica y económica de la implementación de una nueva tecnología de carbonatación por contractor de membrana en sustitución de un equipo convencional en una planta de bebidas carbonatadas*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 202 p.
5. WALPOLE, Ronald; MYERS, Reynold; MYERS, Sharon. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6a ed. México: Pearson Education, 1999. 739 p.

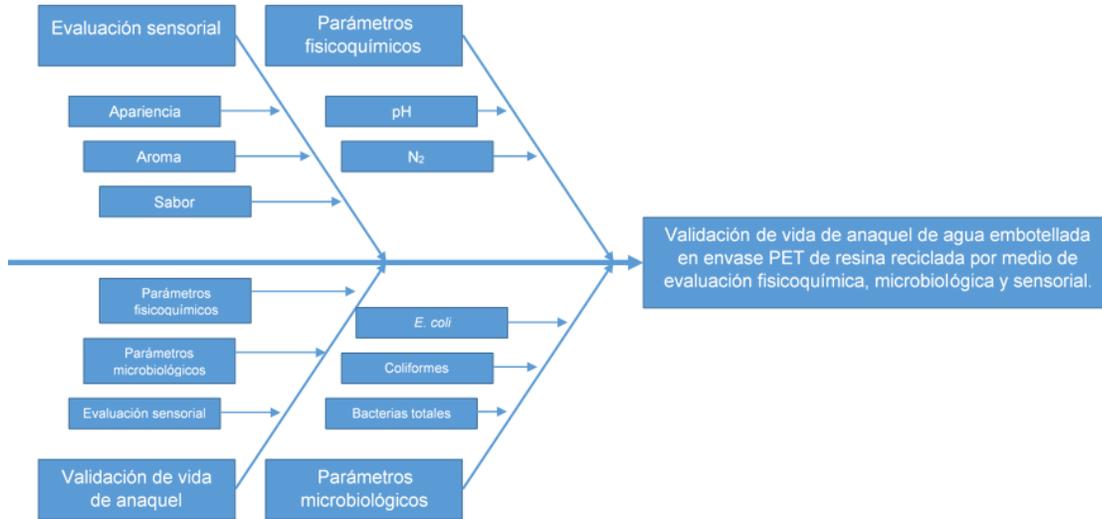
APÉNDICES

Apéndice 1. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Boleta de panel sensorial


 Embotelladora La Mariposa S.A.
 Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos
 Boleta de Evaluación Sensorial

Nombre: _____ Fecha: _____

Tipo de muestra: _____

INSTRUCCIONES:

- Usa agua para enjuagar el paladar. Por favor toma la muestra de referencia y agítala en el vaso, huelela. Agítala de nuevo y luego pruébala. Asegúrate de memorizar todas las características que pudieran ayudarte a tomar la decisión de si la muestra está dentro o fuera de especificación.
- Ahora evalúa la muestra de análisis y repite el proceso. Haz la votación en el cuadro de abajo. **Dentro de especificación significa que las muestras tienen una insignificante diferencia contra la de referencia sin defectos notables.** Si la muestra está fuera de especificación por favor comenta por qué.

Las muestras de análisis y de referencia deben estar a (20±4°C)

RESULTADO DENTRO / FUERA	DESCRIPCIÓN (SI ESTÁ AFUERA)


 Embotelladora La Mariposa S.A.
 Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos
 Boleta de Evaluación Sensorial

Nombre: _____ Fecha: _____

Tipo de muestra: _____

INSTRUCCIONES:

- Usa agua para enjuagar el paladar. Por favor toma la muestra de referencia y agítala en el vaso, huelela. Agítala de nuevo y luego pruébala. Asegúrate de memorizar todas las características que pudieran ayudarte a tomar la decisión de si la muestra está dentro o fuera de especificación.
- Ahora evalúa la muestra de análisis y repite el proceso. Haz la votación en el cuadro de abajo. **Dentro de especificación significa que las muestras tienen una insignificante diferencia contra la de referencia sin defectos notables.** Si la muestra está fuera de especificación por favor comenta por qué.

Las muestras de análisis y de referencia deben estar a (20±4°C)

RESULTADO DENTRO / FUERA	DESCRIPCIÓN (SI ESTÁ AFUERA)

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Formato de estudio de estabilidad**

ESTUDIO DE ESTABILIDAD R&D



BEBIDA:

#	FECHA	LUGAR	1	2	3	4	5	6
		N ₂						
		pH						
		Sensorial						
		N ₂						
		pH						
		Sensorial						
		N ₂						
		pH						
		Sensorial						
		N ₂						
		pH						
		Sensorial						
		N ₂						
		pH						
		Sensorial						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Presión de N₂ a través de tiempo de vida de anaquel**

Semana	Fecha de análisis	N₂
1	19/12/2014	20,4
2	26/12/2014	20,6
3	02/01/2015	20,4
4	09/01/2015	18,8
5	16/01/2015	20,1
6	23/01/2015	20,4
7	30/01/2015	20,3
8	06/02/2015	20
9	13/02/2015	18,8
10	20/02/2015	20
11	27/02/2015	21,2
12	06/03/2015	19,8
13	13/03/2015	21
14	20/03/2015	20,8
15	27/03/2015	22,4
16	03/04/2015	19,6
17	10/04/2015	20,8
18	17/04/2015	21,4
19	24/04/2015	21,6
20	01/05/2015	21,6
21	08/05/2015	21,2
22	15/05/2015	22,8
23	22/05/2015	22,4
24	29/05/2015	20,4
25	05/06/2015	22
26	12/06/2015	21,6
27	19/06/2015	21,6
28	26/06/2015	21,8
29	03/07/2015	20,2
30	10/07/2015	21
31	17/07/2015	20,2
32	24/07/2015	21,8
33	31/07/2015	22,4
34	07/08/2015	20
35	14/08/2015	20,4
36	21/08/2015	20,2

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6.

pH a través de tiempo de vida de anaquel

Semana	Fecha de análisis	pH
1	19/12/2014	7,1062
2	26/12/2014	7,0628
3	02/01/2015	7,1562
4	09/01/2015	7,2768
5	16/01/2015	7,0698
6	23/01/2015	7,2446
7	30/01/2015	7,2
8	06/02/2015	7,163
9	13/02/2015	7,1942
10	20/02/2015	7,0696
11	27/02/2015	7,0222
12	06/03/2015	6,985
13	13/03/2015	7,0396
14	20/03/2015	6,8712
15	27/03/2015	6,965
16	03/04/2015	6,8936
17	10/04/2015	6,838
18	17/04/2015	6,92
19	24/04/2015	6,947
20	01/05/2015	6,8844
21	08/05/2015	6,8812
22	15/05/2015	6,923
23	22/05/2015	6,898
24	29/05/2015	6,9268
25	05/06/2015	6,9426
26	12/06/2015	6,8826
27	19/06/2015	6,8844
28	26/06/2015	6,8982
29	03/07/2015	6,8828
30	10/07/2015	6,8986
31	17/07/2015	6,911
32	24/07/2015	6,8862
33	31/07/2015	6,8968
34	07/08/2015	6,9336
35	14/08/2015	6,9064
36	21/08/2015	6,9458

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Análisis microbiológico a través de tiempo de vida de anaquel**

Semana	Fecha de análisis	Bacterias totales ≤15 UFC / 100 mL (promedio semanal)	Coliformes ≤1 UFC / 100 mL (promedio semanal)	<i>E. coli</i> ≤1 UFC / 100 mL (promedio semanal)
1	19/12/2014	0	0	0
2	26/12/2014	0	0	0
3	02/01/2015	0	0	0
4	09/01/2015	0,2	0	0
5	16/01/2015	0	0	0
6	23/01/2015	0	0	0
7	30/01/2015	0	0	0
8	06/02/2015	2,4	0,2	0
9	13/02/2015	0	0	0
10	20/02/2015	0	0	0
11	27/02/2015	0	0	0
12	06/03/2015	0	0	0
13	13/03/2015	0	0	0
14	20/03/2015	0	0	0
15	27/03/2015	0	0	0
16	03/04/2015	0	0	0
17	10/04/2015	0	0	0
18	17/04/2015	0	0	0
19	24/04/2015	0	0	0
20	01/05/2015	0	0	0
21	08/05/2015	0	0	0
22	15/05/2015	0	0	0
23	22/05/2015	0	0	0
24	29/05/2015	0	0	0
25	05/06/2015	0	0	0
26	12/06/2015	0	0	0
27	19/06/2015	0	0	0
28	26/06/2015	0	0	0
29	03/07/2015	0	0	0
30	10/07/2015	0	0	0
31	17/07/2015	0	0	0
32	24/07/2015	0	0	0
33	31/07/2015	0	0	0
34	07/08/2015	0	0	0
35	14/08/2015	0	0	0
36	21/08/2015	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Análisis sensorial a través de tiempo de vida de anaquel**

Semana	Fecha de análisis	Sensorial (promedio semanal)
1	19/12/2014	5
2	26/12/2014	5
3	02/01/2015	5
4	09/01/2015	5
5	16/01/2015	5
6	23/01/2015	5
7	30/01/2015	5
8	06/02/2015	5
9	13/02/2015	5
10	20/02/2015	5
11	27/02/2015	5
12	06/03/2015	5
13	13/03/2015	5
14	20/03/2015	5
15	27/03/2015	5
16	03/04/2015	5
17	10/04/2015	5
18	17/04/2015	5
19	24/04/2015	5
20	01/05/2015	5
21	08/05/2015	5
22	15/05/2015	5
23	22/05/2015	5
24	29/05/2015	5
25	05/06/2015	5
26	12/06/2015	5
27	19/06/2015	5
28	26/06/2015	5
29	03/07/2015	5
30	10/07/2015	5
31	17/07/2015	5
32	24/07/2015	5
33	31/07/2015	5
34	07/08/2015	4
35	14/08/2015	5
36	21/08/2015	5

Fuente: elaboración propia.

