



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE
VITAMINA C EN BEBIDAS NO CARBONATADAS CON JUGO DE NARANJA
COMERCIALIZADAS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Sheyla Karina Tobar Velasquez

Asesorado por la MSc. Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, abril de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE
VITAMINA C EN BEBIDAS NO CARBONATADAS CON JUGO DE NARANJA
COMERCIALIZADAS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SHEYLA KARINA TOBAR VELASQUEZ

ASESORADO POR LA MSC. INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADORA	Inga. Rosa María Girón Ruiz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE VITAMINA C EN BEBIDAS NO CARBONATADAS CON JUGO DE NARANJA COMERCIALIZADAS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 25 enero de 2020.

Sheyla Karina Tobar Velasquez

Ref. **EEPFI-130-2020**
Guatemala, 01 de febrero de 2020

Director
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Sheyla Karina Tobar Velásquez** carné número 9616777, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtra. Hilda Piedad Palma de Martini
Asesora

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453

Mtra. Hilda Piedad Palma de Martini
Coordinador de Maestría
Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Ref.EEP.EIQ.001.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE VITAMINA C EN BEBIDAS NO CARBONATADAS CON JUGO DE NARANJA COMERCIALIZADAS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria Sheyla Karina Tobar Velásquez, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Williams G. Alvarez Mejía: M.I.Q.,
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo de 2020



DTG. 290.2020.

La Decana 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: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE VITAMINA C EN BEBIDAS NO CARBONATADAS CON JUGO DE NARANJA COMERCIALIZADAS EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Sheyla Karina Tobar Velasquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi vida.
Mis padres	Por su amor, apoyo e inspiración.
Mis hermanos	Por su apoyo y ser mis mejores amigos.
Mi sobrino	Por su cariño y alegría.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por la oportunidad de formarme como profesional.

Facultad de Ingeniería Por facilitarme los conocimientos para desenvolverme como ingeniero.

Mi asesora Por su apoyo y motivación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Delimitación del problema.....	9
3.4. Formulación del problema	10
3.4.1. Pregunta principal	10
3.4.2. Preguntas secundarias	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15

7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	La industria de bebidas	17
7.1.1.	Clasificación de las bebidas	19
7.1.2.	Bebidas no carbonatadas	19
7.1.3.	Proceso de producción de bebidas no carbonatadas.....	20
7.2.	Vitamina C o ácido ascórbico	20
7.2.1.	Funciones tecnológicas del ácido ascórbico en los alimentos	23
7.2.2.	Cuantificación de vitamina C por yodometría...	23
7.3.	Cinética química.....	24
7.3.1.	Velocidad de reacción	24
7.3.2.	Orden de reacción	24
7.3.3.	Dependencia de la temperatura.....	24
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	27
9.	METODOLOGÍA	29
9.1.	Diseño.....	29
9.2.	Tipo de estudio.....	30
9.3.	Alcance	30
9.4.	Variables e indicadores	31
9.4.1.	Variables	31
9.5.	Fases de la investigación	33
9.5.1.	Plan de muestreo	34
9.5.2.	Diseño de instrumentos de recolección de información.....	35
9.5.3.	Trabajo de campo.....	35
9.5.4.	Trabajo de laboratorio	35

9.6.	Resultados esperados	36
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	37
11.	CRONOGRAMA.....	39
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	41
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
14.	APÉNDICES	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Principales productos que exportó Guatemala en el año 2018	18
2.	Degradación del ácido ascórbico	22

TABLAS

I.	Variables e indicadores	31
II.	Cronograma de investigación	39
III.	Presupuesto de gastos	41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R	Coefficiente de correlación de Pearson
°C	Grados Celsius
mg	Miligramos
mL	Mililitros

GLOSARIO

Degradación térmica	Acción y efecto de degradarse por efecto de la temperatura.
Góndola	Mueble en que se expone algo a la vista del público para su venta.
Jugo	Zumo o líquido de las frutas sacado por presión.
Marca	Distintivo o señal que el fabricante pone a los productos de su industria, y cuyo uso le pertenece exclusivamente. Marca de fábrica o de comercio que, inscrita en el registro competente, goza de protección legal.
Reacción química	Proceso en que se transforman unos compuestos químicos en otros con producción o consumo de energía.
Titulación	Valorar una disolución.
Volumétrica	Perteneiente o relativo a la volumetría.

RESUMEN

Este proyecto busca determinar el orden de reacción y modelo cinético de degradación de la vitamina C, por efecto de la temperatura, en dos marcas de bebidas no carbonatadas, también conocidas como bebidas refrescantes, que tengan en su composición jugo de naranja, y que sean comercializadas en supermercados de la ciudad de Guatemala, pues la vitamina C se ve afectada por la temperatura, que la descompone causando un descenso en su contenido.

Las bebidas a evaluar se someterán a tres temperaturas distintas para periódicamente valorar su concentración de ácido ascórbico mediante análisis de óxido reducción con yodo, con el propósito de establecer su modelo cinético de degradación térmica, a través del cual se puede conocer la forma en que las condiciones de temperatura durante el almacenamiento afectan su conservación.

Al final de la investigación se presentarán los resultados obtenidos incluyendo el modelo matemático que describe la cinética de degradación térmica de la vitamina C, así como una discusión y análisis de dichos resultados para emitir conclusiones y recomendaciones del estudio.

1. INTRODUCCIÓN

A través de esta investigación se busca realizar una innovación estudiando la cinética de degradación de la vitamina C por efecto de la temperatura, en bebidas no carbonatadas con jugo de naranja, porque esta vitamina es sensible a diferentes factores, convirtiéndola en un nutriente de relativa complejidad para el manejo a lo largo de la cadena de suministro, principalmente porque el producto terminado en muchas ocasiones es almacenado en condiciones no controladas lo que genera la necesidad de conocer la velocidad con que esta vitamina se deteriora durante el almacenamiento porque la disminución de su concentración supone reparos para la industria al generar incumplimientos de las tolerancias establecidas en las regulaciones así como menor disponibilidad de la vitamina para el consumidor final.

La investigación se realizará en una industria de alimentos donde, además de otros productos, se fabrican bebidas no carbonatas. La planta de producción está ubicada en el departamento de Guatemala, y el estudio consistirá en la selección de dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja, comercializadas en supermercados de la ciudad de Guatemala y contenidas en envases similares pudiendo ser estos: cartón, *tetrabrik*, botella plástica o lata de aluminio. El tipo de envase de los productos a estudiar estará supeditado al que posea la marca que ocupe mayor espacio en góndola el día de la recolección de datos.

Las muestras de los productos de las marcas elegidas serán sometidas a tres diferentes temperaturas para medir su concentración de vitamina C a intervalos de tiempo definidos, mediante análisis volumétrico de óxido reducción

con yodo, con la finalidad de determinar su modelo cinético de degradación térmica para comprender la forma en que las condiciones de temperatura de almacenamiento afectan la conservación de la vitamina C.

El estudio aportará el beneficio de conocer el modelo matemático que describe la cinética de degradación de la vitamina C y así llegar a establecer los ajustes o mejoras requeridas en las formulaciones y en el manejo del producto, para que los niveles de la vitamina C se mantengan en los valores declarados en la etiqueta, para que, además de cumplir con el aporte nutricional ofrecido en la bebida, los fabricantes puedan evitar desviaciones de las tolerancias establecidas en las regulaciones vigentes para esta categoría de productos.

El informe final de investigación contendrá antecedentes, una revisión documental de distintas fuentes de información que conformarán el marco teórico de la investigación. Se mostrarán los resultados obtenidos y el modelo matemático que describe la cinética de degradación térmica de la vitamina C y finalmente se expondrá una discusión y análisis de los resultados obtenidos durante la investigación y se terminará con una serie de conclusiones y recomendaciones.

2. ANTECEDENTES

Según un informe presentado por el proyecto Asistencia Técnica en Alimentación y Nutrición (FANTA, 2016) en Guatemala la deficiencia de micronutrientes es un tema de relevancia que además de estar asociado a la pobreza, se ve potenciado por los hábitos alimenticios de las personas, que han tenido cambios en el tiempo, con un aumento importante de consumo de alimentos procesados, de los cuales varios han sido fortificados voluntariamente por la industria con el objeto de darles un valor agregado. Sin embargo, para obtener el máximo beneficio esperado, se debe mantener los niveles de concentración de los micronutrientes en el alimento y conocer como determinadas condiciones influyen en el mantenimiento o reducción de esos niveles.

Bastías y Cepero (2016) mencionan que la vitamina C es usada comúnmente para el enriquecimiento de bebidas sin alcohol porque es fácil añadirla en el proceso, sin embargo, también destacan que esta vitamina presenta sensibilidad marcada a tres factores que son: luz, temperatura y oxígeno, los cuales la afectan negativamente y con facilidad durante las diferentes etapas de producción del alimento así como durante el período que permanece resguardado en bodega. Los autores también señalan que aunque actualmente la venta de productos enriquecidos con ácido ascórbico ha incrementado, no se dispone de muchos estudios científicos relacionados con su estabilidad, lo que soporta la necesidad de investigar más el deterioro de la vitamina C frente a factores ambientales, principalmente por la ya mencionada creciente tendencia a usarla como micronutriente en bebidas de costo relativamente accesible.

En una revisión realizada por Sheraz, Marium, Ahmed, Sadia y Ahmad (2015) sobre la estabilidad y estabilización de la vitamina C, se menciona que su rápido deterioro en medios acuosos es una variable crítica a ser considerada en la formulación de productos, pues al igual que otros autores, consideran que su degradación depende entre otras variables, de la temperatura y forma de almacenamiento. Aunque la revisión estuvo enfocada en medicamentos y cosméticos, esta aseveración tiene validez en la industria de alimentos, pues en esa misma revisión indicaron que la vitamina C o ácido ascórbico, se ha usado en jugos de fruta y bebidas para mejorar su calidad nutricional y que se han hecho estudios de estabilidad en algunos néctares de fruta, pues las bebidas son soluciones acuosas en las que la vitamina se verá afectada por los factores ya mencionados.

Chowdhury et al (2016) describieron un procedimiento para medir la concentración de vitamina C, considerando su miscibilidad con agua y el uso de un agente que revierte la oxidación en solución acuosa, lo que permite que a través de una titulación volumétrica con yodo se pueda determinar su contenido. En el procedimiento detallado por Chowdhury et al (2016), la reacción entre el yodo y la suspensión de almidón indica el punto final generando un producto azul-negro resultante de la reacción de este último, con el exceso de yoduro remanente de la oxidación completa de la vitamina C. Usando esta metodología para medir la cantidad de vitamina C en un alimento que ha sido almacenado a diferentes temperaturas durante períodos definidos, puede estudiarse la cinética de la reacción de degradación de la vitamina C por efecto de la temperatura.

Mendoza, Arteaga y Pérez (2017) llevaron a cabo una investigación para evaluar la cinética de degradación de la vitamina C en un producto en polvo a base de pulpa de mango y lactosuero, encontrando que la vitamina C tiene más

estabilidad a temperatura de refrigeración (4 °C). “El estudio de la cinética de degradación de la vitamina C ayuda a entender el comportamiento de un determinado producto y sus componentes, lo cual permite predecir las mejores condiciones de almacenamiento, el tiempo de vida media y la vida útil de dicho producto” (Mendoza, Arteaga y Pérez, 2017, p.127). Lo expuesto en la investigación de Mendoza, Arteaga y Pérez (2017) está en congruencia con lo indicado por Faramade (2007) en su estudio donde menciona que la mejor manera de estudiar la degradación de un compuesto es determinar el modelo cinético de su reacción de degradación. Asimismo, Sapei y Hwa (2014) puntualizan que los modelos cinéticos pueden usarse para hacer estudios imparciales de la calidad de un alimento en corto tiempo y a costos accesibles, para predecir la forma en que determinadas variables afectarán los micronutrientes que contienen naturalmente o que se le adicionen en el procesamiento.

Durante la revisión de fuentes de información se encontraron varios estudios sobre el deterioro de vitamina C en las frutas como tal (sin procesar), o en sus jugos, sin embargo, hay poca información sobre la cinética de disminución de cantidad de vitamina C en bebidas no carbonatas, de fantasía o refrescantes o con adición de determinadas cantidades de jugo de fruta.

Kadalkal, Duman y Ekinci (2018) refieren que para el diseño y desarrollo de nuevos productos es fundamental considerar los modelos cinéticos para el tratamiento térmico o su principal procesos de fabricación porque la determinación de la cinética de los cambios en los alimentos brinda la posibilidad de poder predecir su calidad. De esta manera, puede establecerse la importancia de incorporar modelos cinéticos en la formulación de nuevos productos, así como su estudio para comprender mejor los factores de influencia sobre la estabilidad y calidad sensorial y nutricional de un alimento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

Vivimos en un mundo globalizado donde la tecnología, el ritmo y estilo de vida han propiciado la modificación de los hábitos alimenticios de las familias con una notable incorporación de alimentos procesados en la dieta, debido a la practicidad y conveniencia que representan para el consumidor. La oferta de estos productos también se ha incrementado y se ha desarrollado una amplia gama de alimentos para los distintos segmentos socioeconómicos. De acuerdo a un estudio de mercado realizado para la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en ciudad de Guatemala, en el país la industria de alimentos procesados está integrada por aproximadamente 7500 empresas, que exportan aproximadamente 1.9 mil millones de dólares anuales, lo que equivale a casi el 30 % de las exportaciones totales del país (Melendo Millán, 2019).

La industria de bebidas ha diversificado sus portafolios y ha incursionado en el consumo masivo con bebidas fortificadas con el fin de diferenciarse y aportar valor, pues como indica Bastías y Cepero (2016) la fortificación permite balancear las dietas y generar estrategias para diferenciar los productos con baja inversión, debido a la gran capacidad de ofrecer valor agregado. Esto cobra especial importancia en países como Guatemala, donde la desnutrición y pobreza de un porcentaje considerable de su población, aún forman parte sus problemas principales.

3.2. Descripción del problema

De acuerdo al informe *Análisis de la Situación y Tendencias de los Micronutrientes Clave en Guatemala, con un Llamado a la Acción desde las Políticas Públicas*, presentado en el 2016 por el proyecto Food And Nutrition Technical Assistance (FANTA). Guatemala es un país en proceso de desarrollo donde la desnutrición sigue persistiendo en niveles considerables por lo que es común encontrar deficiencias de diversos micronutrientes en gran parte de su población. Según evaluaciones realizadas por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), la vitamina C, es una de las vitaminas en que se encuentra deficiente Guatemala (Menchú y Méndez, 2011). Esta vitamina tiene un rol importante el organismo porque participa en la formación de la sangre aumentando la absorción de hierro e influyendo en la reducción de anemia por carencia de este mineral (Latham, 2002) cobrando así mayor relevancia porque el hierro es uno de los micronutrientes clave de preocupación para Guatemala (FANTA, 2016).

Debido a su costo relativamente accesible, las bebidas no carbonatadas con adición de jugo de naranja son de consumo recurrente por personas de diferentes grupos etarios. Algunas de estas bebidas están siendo fortificadas con vitamina C o ácido ascórbico, pues la industria ha encontrado en la fortificación un medio para diferenciar sus productos en un mercado con bastante oferta. Sin embargo, como refiere Badui (2006) la vitamina C tiene una estructura química que la hace ser considerada como la más inestable de las vitaminas y es sensible a diferentes mecanismos de degradación, especialmente al calor, por lo que en la industria de alimentos ha surgido la necesidad de entender su mecanismo de degradación térmica para cada producto específico, así como contemplar la medición de su concentración en el tiempo, para usarla como un indicador de permanencia de los micronutrientes del alimento porque se considera que si esta

vitamina resiste el determinado proceso a que fue sometido el alimento, así como las condiciones de almacenamiento, significa que los demás nutrientes también se han retenido en el alimento.

Conocer la cinética de degradación térmica de la vitamina C en este tipo de bebidas es necesario para comprender la forma en que las condiciones de temperatura de almacenamiento afectan la conservación de la vitamina C y por consiguiente su estabilidad y disponibilidad en la bebida, lo que es relevante para el diseño y desarrollo de productos con el fin de mantener la concentración de la vitamina en los niveles ofrecidos por el fabricante en la etiqueta del producto.

3.3. Delimitación del problema

La recolección de datos y obtención de muestras de dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo naranja, se realizará en dos supermercados ubicados en la ciudad de Guatemala, entre diciembre 2019 y abril 2020. El análisis de las muestras se realizará en una industria que cuenta con una planta de fabricación de bebidas no carbonatadas, ubicada en el departamento de Guatemala, en su laboratorio de análisis fisicoquímicos, también en el período comprendido de diciembre 2019 a abril 2020.

3.4. Formulación del problema

En esta sección se presentan las preguntas empleadas para estructurar el problema que se estudiará.

3.4.1. Pregunta principal

¿Cuál es la cinética de degradación térmica de la vitamina C en bebidas no carbonatadas con jugo de naranja comercializadas en los supermercados de la ciudad de Guatemala?

3.4.2. Preguntas secundarias

- ¿Cuáles son las dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja con mayor espacio de góndola en el supermercado más grande de la ciudad de Guatemala?
- ¿Cuál es la concentración de vitamina C en las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja, sometidas a tres diferentes temperaturas, mediante análisis volumétrico de óxido reducción con yodo?
- ¿Cuál es el orden de reacción de la degradación de vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja?
- ¿Cuál es el modelo matemático que describe la cinética de reacción de degradación de la vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja?

4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se presenta en la línea de investigación de desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores, de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. A través del mismo se busca determinar el orden de reacción y modelo cinético de degradación de la vitamina C, por efecto de la temperatura, en dos marcas de bebidas no carbonatadas con adición de jugo de naranja, comercializadas en la ciudad de Guatemala, pues la vitamina C al ser sensible a diversos elementos, se descompone rápidamente causando un descenso en su contenido lo que ocasiona incumplimiento de normativas y baja disponibilidad del nutriente para quien consume el producto.

El estudio de la cinética de degradación térmica de la vitamina C es importante para comprender la forma en que las condiciones de temperatura de almacenamiento afectan la conservación de la vitamina C en este tipo de productos y por consiguiente su disponibilidad en un alimento específico, siendo esto relevante en Guatemala debido a la persistencia en deficiencia de micronutrientes esenciales en una considerable parte de su población.

La industria procesadora de bebidas no carbonatas ha considerado la fortificación voluntaria con vitamina C, como un medio para brindar valor agregado a sus productos y el estudio brindará información para que se puedan hacer mejoras y ajustes en el diseño y desarrollo de este tipo de alimento, así como en su manejo durante el almacenamiento, pues los modelos cinéticos son una herramienta útil para predecir como una variable, como la temperatura, influirá en un componente del producto, en este caso la vitamina C, que es un

elemento relevante en Guatemala debido a la persistencia en deficiencia de micronutrientes esenciales en una considerable parte de su población.

Se obtendrá como beneficio conocer las condiciones necesarias para que los niveles de la vitamina C se mantengan en los valores declarados en la etiqueta, para que, además de contribuir con un aporte nutricional en la bebida, los fabricantes puedan evitar incumplimientos de las regulaciones vigentes, que son objeto de sanción por parte de la autoridad competente. Asimismo, los consumidores serán beneficiados con productos de valor agregado que aporten la cantidad esperada de nutrientes.

5. OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Determinar la cinética de degradación térmica de la vitamina C en dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja comercializadas en los supermercados de la ciudad de Guatemala.

- **Objetivos específicos**

- Seleccionar las dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja con mayor espacio de góndola en el supermercado más grande de la ciudad de Guatemala.
- Establecer la concentración de vitamina C en las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja, sometidas a tres diferentes temperaturas, mediante análisis volumétrico de óxido reducción con yodo.
- Definir el orden de reacción de la degradación de vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.
- Plantear el modelo matemático que describe la cinética de reacción de degradación de la vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Este trabajo pretende cubrir la necesidad de conocer la cinética de reacción de degradación térmica de la vitamina C, en bebida no carbonatadas con jugo de naranja, comercializados en la ciudad de Guatemala, almacenadas a tres diferentes temperaturas, con la finalidad de que se puedan hacer mejoras o ajustes en el diseño de este tipo de productos y en sus condiciones de almacenamiento, para que los niveles de esta vitamina se mantengan en los valores declarados en la etiqueta.

La solución que se propone inicia con la visita a dos supermercados ubicados en la ciudad de Guatemala, pertenecientes a la cadena con mayor cantidad de puntos de venta en la ciudad, para identificar las dos marcas de bebida no carbonatada con jugo de naranja, que ocupen mayor espacio en góndola. Seguidamente las bebidas serán almacenadas a tres diferentes temperaturas, siendo estas 22 °C, 32 °C y 42 °C. Después, la concentración de la vitamina C, en miligramos por mililitro, será determinada cada siete días hasta completar un total de seis determinaciones para cada temperatura. Para ello se abrirá un envase de cada temperatura de almacenamiento, se tomará una muestra del líquido y se realizará análisis volumétrico de óxido reducción con yodo, como el descrito por Chowdhury et al (2016).

Finalmente, mediante modelación matemática por análisis de regresión lineal, se determinará el orden de reacción y el modelo cinético de degradación térmica de la vitamina C en las dos marcas de bebidas no carbonatadas analizadas.

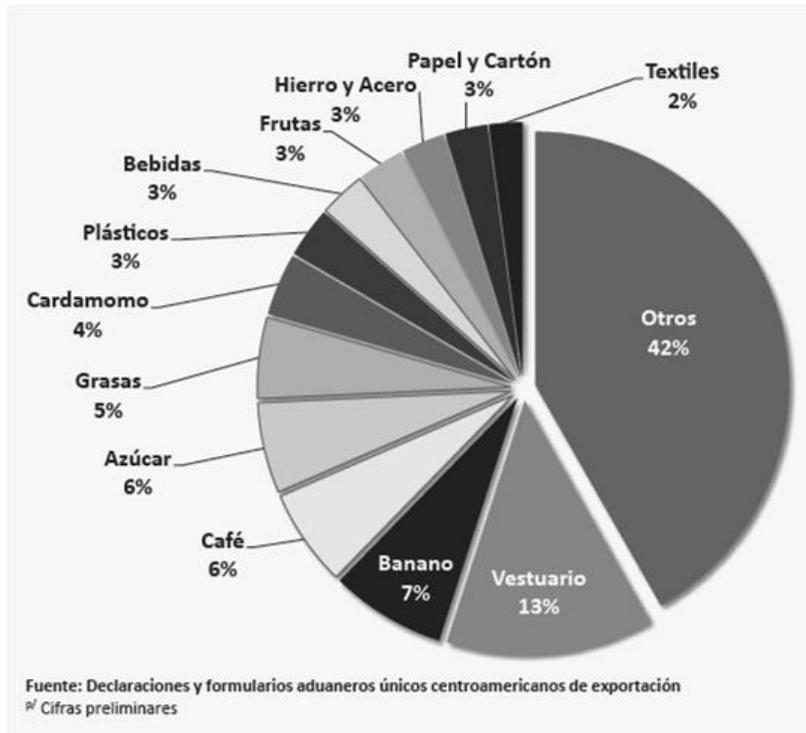
7. MARCO TEÓRICO

7.1. La industria de bebidas

De acuerdo a la Oficina Internacional del Trabajo (1998) la industria de bebidas está conformada por dos grandes grupos, las bebidas alcohólicas y las bebidas no alcohólicas, encontrándose en este último las bebidas no carbonatadas, que son aquellas a las que no se ha adicionado agua carbonatada o con dióxido de carbono gaseoso. Dicho organismo también menciona que estas compañías han evolucionado y muchas de ellas han dejado de ser empresas locales para convertirse en grandes corporaciones que abastecen mercados internacionales, debido a que adoptaron técnicas de producción masiva que facilitaron su rápido crecimiento y también a avances tecnológicos en los materiales de empaque y procesos de envasado que permitieron incrementar considerablemente el tiempo de vida útil de las bebidas, permitiendo de esta forma que sean accesibles en diferentes ubicaciones geográficas.

Según el informe Guatemala en Cifras, emitido por el Banco de Guatemala en 2019, el crecimiento de la industria de bebidas también ha sido considerable en el país y las bebidas están entre los principales productos de exportación de Guatemala ocupando el tres por ciento de las mismas, como puede apreciarse en la figura 1.

Figura 1. Principales productos que exportó Guatemala en el año 2018



Fuente: Banco de Guatemala (2019), *Guatemala en Cifras*.

La Oficina Internacional del Trabajo (1998) puntualiza que la industria de bebidas es un sector económico importante que genera una considerable cantidad de empleos para alrededor del mundo, y que cada categoría de bebida produce ingresos del orden de billones de dólares anuales, lo que está en concordancia con el Informe Económico y Comercial Guatemala (2019) elaborado por la Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, que refiere que un hogar Guatemalteco medio destina el 3.03 % del gasto para el consumo de bebidas no alcohólicas y el 30.47 % para el consumo de alimentos, aclarando que el esquema no es el mismo para los diferentes segmentos socioeconómicos, centrándose la mayor oferta y demanda en el departamento de Guatemala.

7.1.1. Clasificación de las bebidas

La norma General para los Aditivos Alimentarios del Codex Alimentarius (GSFA Online, 2019). GSFA por sus siglas en inglés, presenta un sistema de clasificación de alimentos, que se aplica a todas las categorías de productos. Este sistema de clasificación, que es de tipo jerárquico, incluye una descripción de los alimentos que comprenden cada categoría, así como las ordenanzas sobre el uso de aditivos alimentarios. Según este sistema de categorización, las bebidas no alcohólicas están compuestas por cuatro subcategorías principales siendo una de ellas las “bebidas a base de agua aromatizadas, incluidas las bebidas para deportistas, bebidas energéticas o bebidas electrolíticas y bebidas con partículas añadidas” (GSFA, 2019). A su vez se subdivide en tres grupos entre los que están las “bebidas a base de agua aromatizadas sin gas, incluidos los ponches de fruta y las limonadas y bebidas similares” (GSFA, 2019). Estas forman parte de las bebidas que en la industria se conocen comúnmente como bebidas no carbonatadas debido a que en la versión del GSFA en idioma inglés, la categoría se llama “Non-carbonated water-based flavoured drinks, including punches and ades” (GSFA, 2019).

7.1.2. Bebidas no carbonatadas

Según la norma General para los Aditivos Alimentarios Codex Stan 192-1995 (2018) las bebidas no carbonatadas comprenden aquellas a base de agua, con sabor, a las que no se les ha adicionado bióxido de carbono. También forman parte de estas categorías las fabricadas con jugo de frutas y hortalizas, y bebidas similares saborizadas. También incluye las bebidas para deportistas o isotónicas, así como las denominadas energéticas, sin adición de gas, que contienen niveles elevados de nutrientes y otros ingredientes.

En Centroamérica existe un reglamento técnico que también establece un sistema de clasificación para los alimentos y por consiguiente a las bebidas, se trata del reglamento técnico centroamericano RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios., el cual corresponde a una adaptación de la norma Codex mencionada pero en su revisión 6-2005.

7.1.3. Proceso de producción de bebidas no carbonatadas

La Asociación Nacional de Fabricantes de Bebidas Refrescantes Analcohólicas, ANFABRA (2006) establece que las bebidas refrescantes son aquella sin alcohol, preparadas con agua potabilizada y pueden contener entre otros, jugo de fruta, azúcar y aditivos permitidos como por ejemplo aromas y vitaminas, pudiendo ser estas carbonatadas o no. El proceso de fabricación de las bebidas no carbonatadas inicia con el acondicionamiento del agua potable, continuando con la mezcla de ingredientes en un mezclador para luego ser sometidas a un procesamiento térmico que garantiza su inocuidad, lo que puede ocurrir antes de envasarlas o al estar en su envase, para finalmente ser codificadas o etiquetadas y embaladas quedando listas para su distribución.

7.2. Vitamina C o ácido ascórbico

Alba N. et al (2008) refiere que las vitaminas son sustancias químicas necesarias para los procesos del cuerpo, su principal acción es que las funciones biológicas se lleven a cabo adecuadamente y se dividen en dos grupos: las que se disuelven en grasa o liposolubles y las que se solubilizan en agua o hidrosolubles, que no pueden almacenarse en el cuerpo por lo que deben ser ingeridas con regularidad.

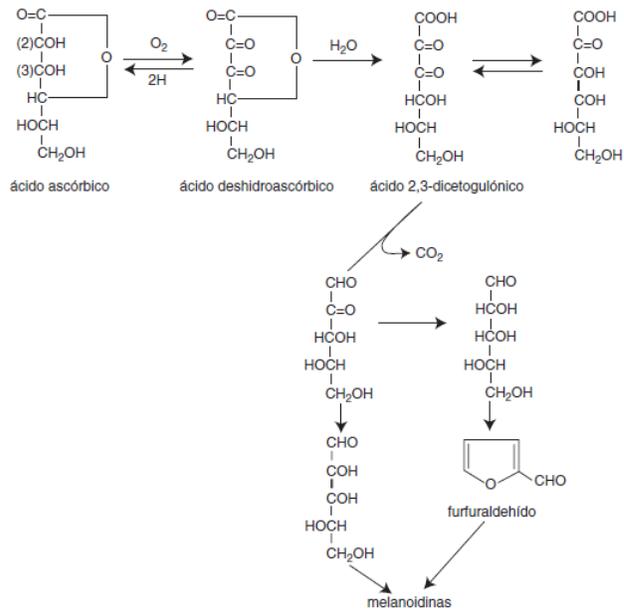
San Mauro-Martín y Garicano-Vilar, (2015) indican que dentro de ese grupo de vitaminas se encuentra el ácido ascórbico o vitamina C, que desempeña un papel relevante en el organismo porque aumenta la absorción de hierro en el intestino, su función antioxidante protege al organismo y desempeña un papel importante para el sistema inmunitario. Alba N., et al (2008) también indica que esta vitamina es necesaria para la adecuada osificación de huesos y dientes, interviene en el proceso de cicatrización de heridas y en la asimilación de determinados aminoácidos y tiene la particularidad de que es muy sensible a los tres factores siguientes:

- Luz
- Temperatura
- Oxígeno

Sin embargo, como señala Naidu (2014) la mayoría de las plantas y animales sintetizan vitamina C, pero los humanos no pueden sintetizar esta vitamina debido a la falta de la enzima gulonolactona oxidasa, lo que hace necesario obtenerla a través de la dieta, por ello la importancia de la fortificación de alimentos con esta vitamina.

Badui (2006) explica que la vitamina C se oxida fácilmente mediante una reacción de oxidación-reducción, dando como producto ácido deshidroascórbico, que se sigue oxidando y se transforma en ácido 2,3-dicetogulónico que no tiene actividad biológica y que por medio de la degradación de *Strecker* produce anhídrido carbónico y furfural que al polimerizarse forma melanoidinas de forma similar a las que aparecen como resultados del pardeamiento no enzimático, lo que se traduce en cambio en la apariencia del alimento. En la figura 2 se muestra la reacción de descomposición de la vitamina C.

Figura 2. Degradación del ácido ascórbico



Fuente: Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*.

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, JECFA (2006) en sus especificaciones para aditivos alimentarios, describe el ácido ascórbico fabricado industrialmente, como un polvo cristalino inodoro, de blanco a ligeramente amarillo, de fórmula química C₆H₈O₆, y nombre químico L-ácido ascórbico y uso funcional como antioxidante (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA, 2006).

7.2.1. Funciones tecnológicas del ácido ascórbico en los alimentos

Además de sus funciones en el organismo, el ácido ascórbico o vitamina C tiene diversas aplicaciones en la industria de alimentos por las funciones tecnológicas que ofrece. Según la Norma General para los Aditivos Alimentarios Codex Stan 192-1995 (2018) el ácido ascórbico puede desempeñarse como antioxidante, secuestrante y regulador de acidez entre otras. De estas funciones, la de antioxidante es ampliamente conocida en la industria de bebidas, pues como detalla Duran (2007) un antioxidante es una sustancia que detiene la reacción de oxidación la cual puede alterar el color y causar olores y sabores indeseados en los alimentos, y tiene la característica de que una vez iniciada, continúa desarrollándose hasta que las sustancias sensibles se han oxidado completamente, por esta razón los antioxidantes son de utilidad en la formulación de productos porque aunque no pueden evitar la oxidación de forma definitiva, pueden retrasar las alteraciones oxidativas del producto en que se aplican.

7.2.2. Cuantificación de vitamina C por yodometría

Fennema (2000) indica que el ácido ascórbico es capaz de donar electrones, secuestrar metales, eliminar oxígeno y contribuir en la formación de productos de pardeamiento que tienen actividad antioxidante y debido a estas propiedades es posible determinar su concentración mediante una reacción de oxidorreducción con yodo. Según la Farmacopea Argentina (2003) la valoración del ácido ascórbico se puede realizar adicionando ácido sulfúrico y usando almidón como indicador para

titularlo con yodo 0,1 N considerando que cada mL de yodo 0.1 N equivale a 8.81 mg de ácido ascórbico.

7.3. Cinética química

Navarro-Laboulais, Cuartas, Ortega, Fuentes, y Abad (2017) mencionan que en todo experimento de cinética química, es necesario como mínimo, determinar tres parámetros: el orden de reacción, el coeficiente o constante cinética y la energía de activación. Para ello, estos autores recomiendan como paso inicial aplicar técnicas para la estimación de los órdenes de reacción pues al tener estos datos se podría calcular el coeficiente cinético y finalmente estimar la energía de activación con la finalidad de analizar a influencia de la temperatura en el coeficiente mencionado.

7.3.1. Velocidad de reacción

Se refiere a la celeridad con que cambia la cantidad de un reactivo o un producto, en el transcurso del tiempo, en una reacción química (Cinética química, 2011).

7.3.2. Orden de reacción

Se refiere al exponente que afecta la cantidad de un reactivo en la ecuación que expresa su velocidad reacción (Cinética química, 2011).

7.3.3. Dependencia de la temperatura

Fennema (2000) indica que usando la ecuación de Arrhenius puede determinarse el grado de influencia de la temperatura en una reacción química

individual, pues los datos que cumplen con esta ecuación darán como resultado una línea recta cuando el logaritmo de la constante k se representa gráficamente frente al inverso de la temperatura.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL DEL INFORME FINAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La industria de bebidas

2.1.1. Clasificación de las bebidas

2.1.2. Bebidas no carbonatadas

2.1.3. Características de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja

2.2. Vitamina C o ácido ascórbico

2.2.1. Funciones tecnológicas del ácido ascórbico en los alimentos

2.2.2. Cuantificación de vitamina C por yodometría

- 2.3 Cinética química
 - 2.3.1. Velocidad de reacción
 - 2.3.2. Orden de reacción
 - 2.3.3. Dependencia de la temperatura

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Características de las bebidas investigadas
- 4.2. Concentración de vitamina C en el tiempo
- 4.3. Orden de reacción de degradación de la vitamina C
- 4.4. Efecto de la temperatura en la concentración
- 4.5. Análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) para el efecto de la temperatura
- 4.6. Modelo matemático de la cinética de degradación

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En este capítulo se aborda la metodología de la investigación que comprende el diseño, tipo de estudio, alcance, variables e indicadores, fases y resultados esperados.

9.1. Diseño

Para realizar la investigación se llevará a cabo un diseño no experimental debido a que este tipo de investigación nos permite observar los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. Este tipo de investigación es sistemática porque se indaga sobre las relaciones de causa y efecto sin ejercer control sobre las variables (Hernandez, Fernández-Collado, y Baptista, 2014).

En este trabajo de investigación se recabarán datos a través de los instrumentos de recolección de datos detallados en la sección 10.5.3 del presente documento, iniciando con una revisión del sitio web de los supermercados disponibles en la ciudad de Guatemala para poder determinar cuál es el más grande con base en la cantidad de puntos de venta que posea, seleccionar la marca de bebidas refrescantes con jugo de naranja que mayor espacio ocupa en góndola y luego también recolectar datos cuantitativos resultantes del análisis de las muestras de bebidas que serán sometidas a tres diferentes temperaturas para determinar su contenido de vitamina C con el fin de determinar el orden de reacción de la degradación de esa vitamina y finalmente obtener el modelo matemático que describe su cinética de reacción.

9.2. Tipo de estudio

El estudio a realizar es tipo mixto que es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. Es cualitativo porque se usarán técnicas de recopilación de datos de fuentes de información escrita y observada y es cuantitativo porque durante el estudio se generarán datos numéricos que se utilizarán para modelación matemática (Hernandez, Fernández-Collado, y Baptista, 2014).

Será un estudio transversal porque se utiliza cuando la investigación se centra en analizar cuál es el estado de una o diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación de un conjunto de variables en un punto en el tiempo. En este caso el estudio tiene un inicio y un final indicado en el cronograma que se incluye en el presente documento (capítulo 11).

9.3. Alcance

El alcance del trabajo de investigación es de tipo descriptivo, ya que su propósito es describir el estado, características, factores y otros aspectos presentes o situaciones o fenómenos naturales. El alcance de este enfoque no permite la comprobación de hipótesis ni la predicción de resultados, sin embargo, con este tipo de investigación será posible caracterizar globalmente el objeto en estudio (Lerma, 2009).

9.4. Variables e indicadores

En esta sección se plantean las variables e indicadores que servirán para orientar el trabajo de investigación.

9.4.1. Variables

Las variables a analizar en esta investigación, así como los indicadores asociados se detallan en la tabla I.

Tabla I. Variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo
Supermercado más grande de la ciudad de Guatemala.	Establecimiento comercial de venta al por menor en el que se expenden todo género de artículos alimenticios, bebidas, productos de limpieza, etc., y en el que el cliente se sirve a sí mismo y paga a la salida.	Conteo de los puntos de venta o sucursales de cada marca de supermercado ubicado en la ciudad de Guatemala, listados en su página web o Facebook.	Cantidad de puntos de venta de los supermercados de la ciudad de Guatemala.	Independiente Cualitativa
Selección de las marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.	Distintivo o señal que el fabricante pone a los productos de su industria, y cuyo uso le pertenece exclusivamente. Marca de fábrica o de comercio que, inscrita en el registro competente, goza de protección legal.	Listado las marcas, de bebidas que contienen jugo de naranja, disponibles el día de la recolección de datos, en el supermercado seleccionado.	Listado, detalle y descripción de las marcas de bebidas no carbonatadas. Espacio en metros cuadrados que ocupa el producto en góndola.	Independiente Cualitativa

Continuación tabla I.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo
Concentración de vitamina C.	Magnitud que expresa la cantidad en masa de vitamina C por unidad de volumen, y cuya unidad usando el sistema internacional de unidades es el mg por mL.	Titulación volumétrica por yodimetría, medida cada siete días.	Concentración de vitamina C en mg/mL, en cada marca de bebida, sometida a tres temperaturas definidas (22°C, 32°C y 42°C).	Dependiente Cuantitativa
Orden de reacción de la degradación de la vitamina C	El orden de reacción con respecto a cierto reactivo, es el exponente al que están elevadas sus concentraciones en la ecuación de velocidad de reacción.	Potencia a la que está elevada la concentración de la vitamina C.	Orden de reacción. Valor de correlación R.	Dependiente Cuantitativa
Modelo matemático de la cinética de degradación térmica de la vitamina C.	Es un esquema simplificado e idealizado constituido por símbolos y relaciones matemáticas, que describe la velocidad con que la vitamina C disminuye su concentración en el tiempo, por influencia de la temperatura.	Ecuación matemática $y = f(x)$.	Modelo matemático de tendencia de los datos: $y=f(x)$. (Ecuación 1) Valor de correlación R.	Dependiente Cuantitativo

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de la investigación

El proceso de investigación se llevará a cabo a través de una serie de fases que se describen a continuación.

Fase uno: revisión documental. Comprende la revisión de diferentes fuentes de información como inicio de la investigación y cuyos productos son los antecedentes del problema y marco teórico. Esta fase tiene una duración de 15 días.

Fase dos: selección de dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja. En esta etapa se visitarán dos supermercados ubicados en la ciudad de Guatemala para elegir las dos marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja, disponibles el día de la visita, que ocupen el mayor espacio en góndola, y se adquirirán los productos elegidos para ser incubados a tres distintas temperaturas (22 °C, 32 °C y 42 °C) con el fin de ser analizados posteriormente para medir su contenido de vitamina C. Esta fase tendrá una duración de tres días. La información de las bebidas será registrada en el instrumento de recolección de datos que se presenta en el Apéndice 4 Marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja.

Fase tres: determinación del contenido de vitamina C. En esta etapa se medirá el contenido de vitamina C en las bebidas sometidas a tres temperaturas establecidas (22 °C, 32 °C y 42 °C), mediante análisis volumétrico de oxidorreducción con yodo, con una periodicidad de siete días, durante un total de seis semanas. Los datos obtenidos de la medición serán registrados en el instrumento de recolección de datos que se presenta en el apéndice 5 Concentración de vitamina C.

Fase cuatro: determinación del orden de reacción de degradación de la vitamina C. Esta fase comprende la etapa de modelación matemática para determinar el orden de reacción de degradación de la vitamina C, que estará basada en el método de regresión lineal y cálculo del factor de correlación R. Tendrá una duración de veinticinco días.

Fase cinco: determinación del modelo matemático que describe la cinética de reacción. En esta etapa se planteará el modelo cinético de reacción de degradación térmica de la vitamina C, como un modelo matemático descrito mediante la ecuación $y=f(x)$ y tendrá una duración de diecinueve días.

9.5.1. Plan de muestreo

Para la selección de la muestra se utilizará un muestreo dirigido o no probabilístico, porque en este tipo de muestreo la elección de las muestras depende de causas relacionadas con el estudio y características de la investigación y no de la probabilidad (Hernandez, Fernández-Collado, y Baptista, 2014).

Las muestras de cada marca de bebida tendrán el mismo número de lote de producción, fecha de vencimiento y deberán estar contenidas en el mismo tipo de envase: cartón, tetrabrik, botella plástica o lata de aluminio, obedeciendo la selección al tipo de envase que tenga la marca de bebida con jugo de naranja que mayor espacio ocupe en la góndola de la cadena de supermercados con mayor cantidad de puntos de venta en la ciudad de Guatemala. En total se tomarán veintiuna unidades de cada marca elegida, para tener grupos de siete unidades sometidos a cada temperatura para completar un total de cuarenta y dos determinaciones de vitamina C con la frecuencia establecida.

9.5.2. Diseño de instrumentos de recolección de información

Para la selección del lugar en que se tomarán las muestras y de las muestras en sí, se utilizará como base la observación cuantitativa, que es un método para recolectar datos por medio de los sentidos, en el que las variables a observar, que en este caso serán visuales, se especifican y definen antes de iniciar la recolección de datos (Hernandez, Fernández-Collado, y Baptista, 2014). Para este fin se utilizarán los formatos incluidos en el Apéndice 3 Puntos de venta de supermercados, y Apéndice 4 Marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja.

Para la recolección de los datos cuantitativos generados en el laboratorio, como son la temperatura a que estarán sometidas las muestras y concentración de la vitamina C, se emplearán los formularios que se muestra en el apéndice 5 concentración de vitamina C, los cuales serán generados usando el programa MS Excel.

9.5.3. Trabajo de campo

El trabajo de campo comprenderá la recolección de información de las cadenas de supermercados que operan en la ciudad de Guatemala, en sus sitios web o red social Facebook, así como la recolección de muestras en el punto de venta del supermercado que tenga el mayor número de puntos de venta.

9.5.4. Trabajo de laboratorio

Las muestras de bebidas serán analizadas cada siete días, para determinar su contenido de vitamina C mediante titulación volumétrica por yodimetría, en el

laboratorio de análisis fisicoquímico de una industria de alimentos ubicada en el departamento de Guatemala.

9.6. Resultados esperados

El resultado que se espera obtener es la concentración de vitamina C a las tres temperaturas especificadas en este documento, a los intervalos de tiempo definidos, para determinar el orden de reacción y finalmente plantear el modelo cinético de degradación térmica de la vitamina C en las bebidas analizadas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

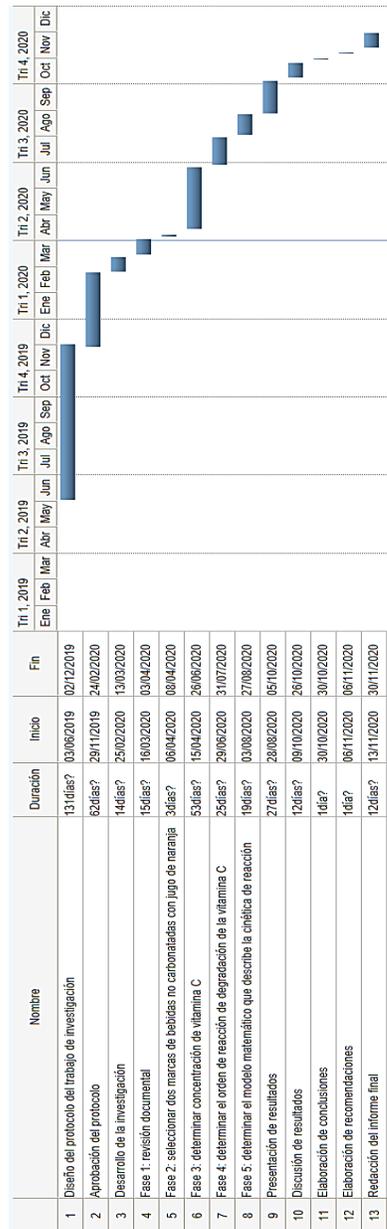
Para el análisis de los datos generados en el laboratorio se emplearán técnicas de estadística descriptiva, aplicando las medidas de variabilidad, desviación estándar y varianza, para evaluar el grado de dispersión de los datos.

Para analizar la relación entre la temperatura y la concentración de vitamina C, se usará el coeficiente de correlación de Pearson simbolizado con la letra R. Asimismo, el modelo matemático de la cinética de degradación térmica se obtendrá mediante un análisis de regresión lineal.

Otra prueba estadística que también se empleará será el análisis de varianza de un solo factor (ANOVA), usando el programa MS Excel, para comparar las constantes de reacción de las dos diferentes marcas evaluadas.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Es factible llevar a cabo la investigación debido a que los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases planteadas están al alcance, de forma que será posible cumplir cada uno de los objetivos establecidos.

La empresa de manufactura autoriza el uso de sus instalaciones y equipo para desarrollar el trabajo de análisis en laboratorio, así como la posibilidad de usar los datos generados en la investigación respetando los derechos de propiedad industrial e intelectual. La investigación será financiada de acuerdo al presupuesto de gastos que se presenta en la tabla III.

Tabla III. **Presupuesto de gastos**

Item		Cantidad	Costo Q.	Fuente de financiamiento
Recurso Humano	Asesor	1	0.00	Donación
	Investigador	1	0.00	Propia
Recursos Materiales	Muestras	42	500.00	Propia
	Reactivos	1 kit	2,500.00	Propia
Recursos Físicos	Gasolina para vehículo	1	400.00	Propia
	Formato para registro de resultados	2	10.00	Propia
	Papelería y útiles de oficina	1	200.00	Propia
	Erlenmeyer	1	100.00	Por la industria
	Barra magnética	1	100.00	Por la industria
	Balón aforado	2	250.00	Por la industria
Recursos Tecnológicos	Computadora	1	3,500.00	Propia
	Internet	1	1,500.00	Propia
	Programa MS Excel	1	600.00	Propia

Continuación tabla II.

Item		Cantidad	Costo Q.	Fuente de Financiamiento
Equipo	Termómetro	3	1,800.00	Por la industria
	Refrigerador	1	8,000.00	Por la industria
	Incubadora	2	50,000.00	Por la industria
	Agitador magnético	1	5,500.00	Por la industria
	Bureta digital	1	15,000.00	Por la industria
	Pipeta automática	1	10,000.00	Por la industria
Total			99,960.00	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo detallado en la tabla III, el 93 % de los gastos será obtenido mediante donación y el 7 % restante será autofinanciado.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alba, N. D., Alba, C. A., Díaz Montes, M. F., Durán Naranjo, E., Durán Ramirez, F., Guerrero, K. L., Y Durán Naranjo, J. (2008). *Ciencia y tecnología e industria de alimentos*. Bogotá, Colombia: Grupo Latino Editores.
2. Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. (4 ed.). México: Pearson Educación.
3. Banco de Guatemala. (2019). *Guatemala en cifras*. Guatemala. Recuperado de [internethttp://www.banguat.gob.gt/Publica/guatemala_en_cifras_2019.pdf](http://www.banguat.gob.gt/Publica/guatemala_en_cifras_2019.pdf).
4. Bastías, J., y Cepero, Y. (2016). La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 81-86. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46946023012>.
5. Chowdhury, M., Ahmed, A., Hoque, R., Rahman, A., Hoque, S., y Humayon, H. (2016). *Determination of amount of Vitamin C (Ascorbic Acid) from supplied commercial tablets by using Iodometric titration*. Bangladesh. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/297438049_Determinatio

n_of_amount_of_Vitamin_C_Ascorbic_Acid_from_supplied_commercial_tablets_by_using_Iodometric_titration.

6. Codex Alimentarius. (2018). *CODEX STAN 192-1995 Norma General para los Aditivos Alimentarios*.
7. Codex Alimentarius. (2019). *Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios*, GSFA. Recuperado de <http://www.fao.org/gsfaonline/foods/index.html>.
8. Duran, F. (2007). *Manual del ingeniero de alimentos*. Colombia: Grupo Latino Ltda.
9. Faramade, O. (2007). *Kinetics of ascorbic acid degradation in commercial orange juice produced locally in Nigeria*. African Crop Science Conference Proceedings, 8, 1813-1816. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Oluwatooyin_Osundahunsi2/publication/268241400_Kinetics_of_ascorbic_acid_degradation_in_commercial_orange_juice_produced_locally_in_Nigeria/links/5675d47208ae125516e726d5.pdf.
10. Las páginas de Ruben Labato. (2011). *Cinética química*. Recuperado de http://www.rlabato.com/isp/qui/qui_fis_2011-011.pdf.

11. Ministerio de Salud de la Nación, ANMAT. (2003). *Farmacopea argentina*, 7, 115. Recuperado de [http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/pfds/ Libro_ Segundo.pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/pfds/Libro_Segundo.pdf).
12. Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. España: Acribia.
13. Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA). (2016). *Análisis de la situación y tendencias de los micronutrientes clave en Guatemala, con un llamado a la acción desde las políticas públicas*. Recuperado de <https://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/Guatemala-Micronutrient-Analysis-Sep2016.pdf>.
14. Hernandez, R., Fernández-Collado, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6a ed.). México: McGraw-Hill.
15. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2006). *Compendio de especificaciones para aditivos alimentarios*. Recuperado de <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-additives/detail/es/c/13/>.
16. Kadakal, Ç., Duman, T., y Ekinci, R. (2018). *Thermal degradation kinetics of ascorbic acid, thiamine and riboflavin in rosehip (Rosa canina L) nectar*. doi:10.1590/1678-457x.11417.
17. Latham, M. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Colección FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm>.

18. Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. (4a ed.). Colombia: Ecoe Ediciones.
19. Melendo Millán, M. J. (2019). *El mercado de la distribución alimentaria en Guatemala*. Guatemala: ICEX España Exportación e Inversiones. Recuperado de [https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode4/~edisp/doc2019818158.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=04-04-2019&utm_campaign=Estudio%20de%20mercado.%20El%20mercado%20de%20la%20distribuci%C3%B3n%20alimentaria%](https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode4/~edisp/doc2019818158.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=04-04-2019&utm_campaign=Estudio%20de%20mercado.%20El%20mercado%20de%20la%20distribuci%C3%B3n%20alimentaria%20).
20. Menchú, M., y Méndez, H. (2011). *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá INCAP. Recuperado de http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/publicaciones-incap/doc_view/663-guatemala-informe-analisis-de-situacion-alimentaria.
21. Mendoza-Corvis, F., Arteaga-Márquez, M., y Pérez-Sierra, O. (2017). *Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Mangifera indica* L.) y lactosuero*. doi:10.21930/rcta.vol18_num1_art:563.
22. Naidu, K. (2014). *Vitamin C in human health and disease is still a mystery, an overview*. doi:10.1186/1475-2891-2-7.

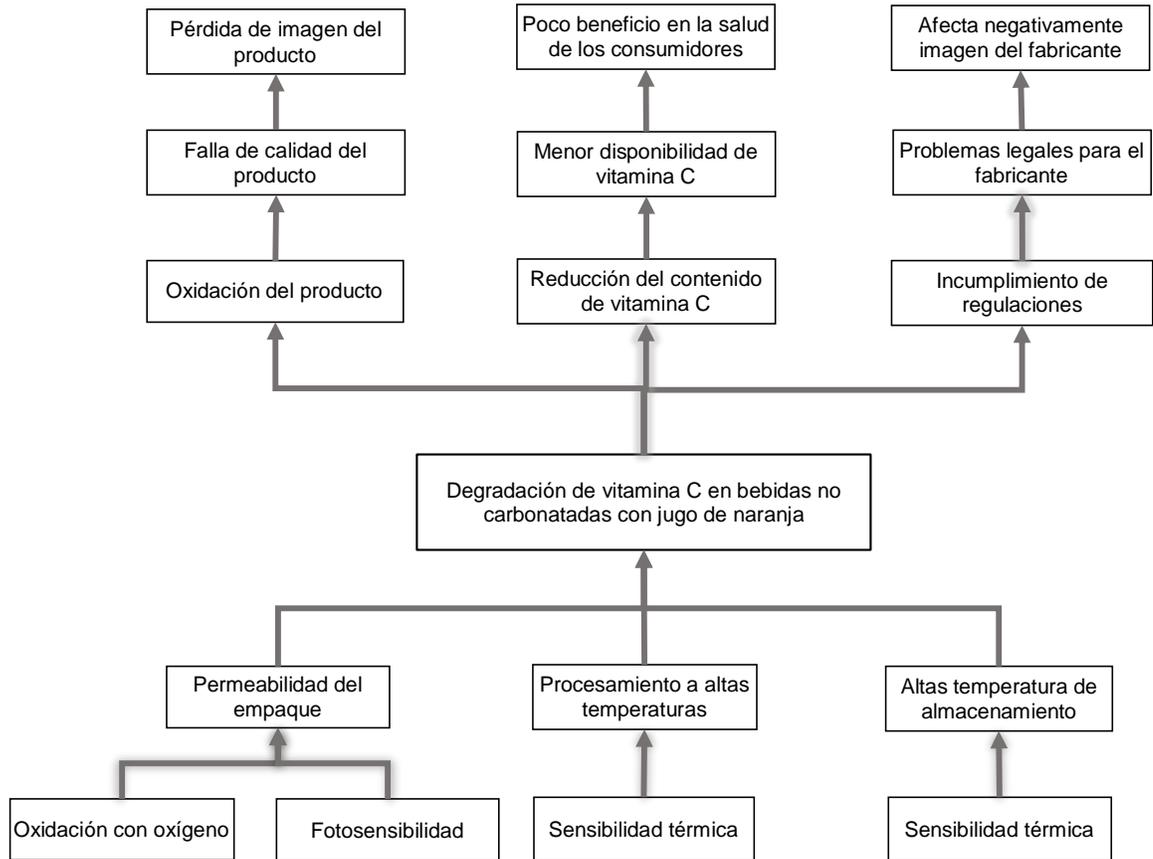
23. Navarro-Laboulais, J., Cuartas, B., Ortega, E., Fuentes, P., y Abad, A. (2017). *Cinética, química y catálisis: modelos cinéticos en sistemas homogéneos (Vol. 1)*. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia.
24. Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala. (2019). *Informe económico y comercial, Guatemala*. Recuperado de https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odix/~edisp/doc2019821159.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=17-05-2019&utm_campaign=Informe%20econ%C3%B3mico%20y%20comercial.%20Guatemala%202019.
25. Oficina internacional del trabajo. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, III (vol.65), 1, 65.2-65.3*. Madrid, España: Ministerio de trabajo y asuntos sociales subdirección general de publicaciones.
26. RTCA 67.04.54:10 *Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos Alimentarios*. (2012).
27. San Mauro-Martín, I., y Garicano-Vilar, E. (2015). Papel de la vitamina C y los β -glucanos sobre el sistema inmunitario: revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. Volumen 19(4), 238-245. doi:10.14306/renhyd.19.4.173.

28. Sapei, L., y Hwa, L. (2014). *Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices*. Procedia Chemistry, doi:10.1016/j.proche.2014.05.0.

29. Sheraz, M., Marium, K., Ahmed, S., Sadia, H., y Ahmad, I. (2015). *Stability and stabilization of ascorbic acid*. Household y Personal Care Today, 10, 20-25. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321148774_Stability_and_Stabilization_of_Ascorbic_Acid.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de coherencia**

Título tentativo: Cinética de degradación térmica de vitamina C en bebidas no carbonatadas con jugo de naranja comercializadas en supermercados de la ciudad de Guatemala.

Problema: degradación de la vitamina C

Matriz de coherencia

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
Seleccionar las dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja con mayor espacio de góndola en el supermercado más grande de la ciudad de Guatemala.	Supermercado más grande de la ciudad de Guatemala.	Cantidad de puntos de venta de los supermercados de la ciudad de Guatemala.	Sitios web de los supermercados de la ciudad de Guatemala.	Identificar la cadena de supermercados con más cantidad de puntos de venta, sumando la cantidad de ubicaciones mencionadas en su sitio web.

Continuación.

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
<p>Seleccionar las dos marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja con mayor espacio de góndola en el supermercado más grande de la ciudad de Guatemala.</p>	<p>Selección de las marcas de bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.</p> <p>Espacio en góndola.</p>	<p>Marcas de bebidas no carbonatadas.</p> <p>Espacio ocupado en góndola, en metros cuadrados.</p>	<p>Visitas a supermercados.</p> <p>Formato para anotar las marcas y cantidad de paneles frontales que el producto ocupa en el estante del supermercado.</p>	<p>Visitar dos supermercados ubicados en la Ciudad de Guatemala, el mismo día, para contar la cantidad de paneles frontales que ocupan las bebidas en el estante,</p> <p>Registrar los datos en el formato y seleccionar las tres marcas con sumatoria más alta.</p>

Continuación.

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
<p>Determinar la concentración de vitamina C en las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja, sometidas a tres diferentes temperaturas, mediante análisis volumétrico de óxido reducción con yodo.</p>	<p>Determinación de la concentración de vitamina C.</p> <p>Temperaturas a las que son sometidas las bebidas.</p>	<p>Concentración de la vitamina C, en miligramos por mililitro, determinada cada siete días, mediante titulación redox con yodo (yodimetría)</p> <p>Medición de la temperatura de almacenamiento de las bebidas en °C.</p>	<p>Titulación.</p> <p>Termómetros.</p> <p>Refrigerador.</p> <p>Incubadora.</p> <p>Agitador magnético.</p> <p>Bureta.</p> <p>Pipetas.</p> <p>Erlenmeyer.</p> <p>Barra magnética</p> <p>Balón aforado.</p> <p>Formato para registro de resultados.</p>	<p>Almacenar las bebidas a cada una de las temperaturas establecidas (22°C, 32°C y 42°C). Con la frecuencia establecida (semanal), abrir un envase de cada temperatura de almacenamiento, tomar una muestra del líquido y realizar análisis volumétrico de óxido reducción con yodo para determinar la concentración de vitamina C. Se evaluarán diez unidades de cada marca, almacenadas a cada temperatura, para un total de</p>

Continuación.

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
				Treinta muestras por marca, dando un gran total de sesenta análisis a realizar. Registrar los datos de la bebida y resultados en el instrumento definido.
Determinar el orden de reacción de la degradación de vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.	Concentración de vitamina C. Orden de reacción de la degradación de la vitamina C.	Concentración de vitamina C de la bebida determinada a los intervalos de tiempo establecidos en miligramos por mililitro. Temperaturas de almacenamiento de las bebidas en °C. Valor de correlación R.	Grafica de dispersión de resultados. Línea de tendencia, análisis de regresión lineal y valor de correlación R. Programa MS Excel.	Con los datos de concentración de vitamina C, tiempo y temperatura, se hará modelación matemática mediante análisis de regresión lineal para obtener el orden de reacción.

Continuación.

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Metodología
Plantear el modelo matemático que describe la reacción de degradación de la vitamina C de las bebidas no carbonatadas con jugo de naranja.	Modelo matemático de la cinética de degradación de la vitamina C.	Modelo matemático de tendencia de los datos $y = f(x)$. Orden de reacción.	Análisis de regresión lineal, valor de correlación R, análisis de varianza (ANOVA) Programa MS Excel.	Modelación matemática mediante análisis de regresión lineal para obtener el modelo cinético de reacción descrito por una ecuación lineal del tipo $Y = mX + b$.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Instrumentos de recolección de datos - puntos de venta de supermercados**

Instrumento para recolectar datos de los puntos de venta de supermercados

Puntos de venta por cadena de supermercados

Fecha: _____



No.	Marca	Cadena a que pertenece	Ubicación	Fuente de la información
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

Total puntos de venta

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Instrumentos de recolección de datos - marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja**

Instrumento para recolectar datos de las marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja exhibidas en góndola



Marcas de bebidas refrescantes con jugo de naranja que ocupan mayor espacio en góndola

Fecha: _____

No.	Marca	Tipo de envase				Contenido (mL)	Altura del envase (m)	Ancho del envase (m)	Cantidad de envases exhibidos	Área que ocupa la marca en góndola (m ²)
		Cartón	Tetrabrik	Botella plástica	Lata de aluminio					
1									0	
2									0	
3									0	
4									0	
5									0	
6									0	
7									0	
8									0	
9									0	
10									0	
11									0	
12									0	
13									0	
14									0	
15									0	

Área mayor	0
Marca	
Tipo de envase	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Instrumentos de recolección de datos - concentración de vitamina C

Instrumento para recolección de datos de concentración de vitamina C

Concentración de vitamina a diferentes temperaturas

Fecha: _____



MARCA:						
Semana	T = 22°C		T = 32°C		T = 42°C	
	pH 1	Concentración 1 (mg/mL)	pH 2	Concentración 2 (mg/mL)	pH 3	Concentración 3 (mg/mL)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

MARCA:						
Semana	T = 22°C		T = 32°C		T = 42°C	
	pH 1	Concentración 1 (mg/mL)	pH 2	Concentración 2 (mg/mL)	pH 3	Concentración 3 (mg/mL)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: elaboración propia.