



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

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y  
ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

**Juan Humberto Sosa Requena**

Asesorado por el Ing. Sergio Alejandro Recinos

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y  
ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUAN HUMBERTO SOSA REQUENA**  
ASESORADO POR EL ING. SERGIO ALEJANDRO RECINOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2021

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 Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
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:

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y  
ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química.

**Juan Humberto Sosa Requena**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 14 de octubre de 2020.  
REF.EPS.DOC.344.10.20.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Usac.

Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Humberto Sosa Requena** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **201114224**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**.

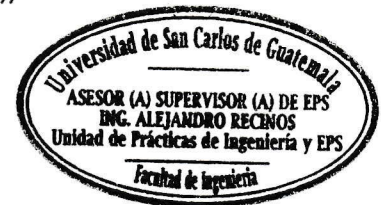
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Sergio Alejandro Recinos  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo  
SAR/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 14 de octubre de 2020.  
REF.EPS.D.163.10.2020.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Álvarez Mejía.

Por este medio atentamente le envió el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario Juan Humberto Sosa Requena, quien fue debidamente supervisado por el Ingeniero Sergio Alejandro Recinos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

/ra



Guatemala, 13 de noviembre de 2020.  
Ref. EIQ.TG-IF.044.2020.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **003-2020**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

#### INFORME FINAL

Solicitado por el estudiante universitario: **Juan Humberto Sosa Requena**.  
Identificado con número de carné: **2153655690101**.  
Identificado con registro académico: **201114224**.  
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.  
En la modalidad: **Informe Final EPS (3 meses), Seminario de Investigación**.

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:

### **OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

**Sergio Alejandro Recinos, profesional de la Ingeniería Química**

Habiendo encontrado el referido 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”

Hilda Piedad Palma Ramos de Martini  
profesional de la Ingeniería Química  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo



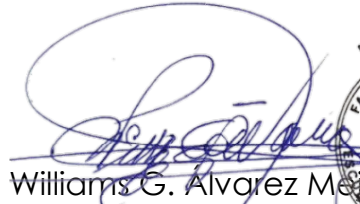
Guatemala, 24 de febrero de 2021.  
Ref. EIQ.023.2021

**Aprobación del informe final del trabajo de graduación**

Ingeniera  
Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Revisado el INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN (EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO), DENOMINADO **OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA** del(la) estudiante Juan Humberto Sosa Requena, se conceptúa que el documento presentado, reúne todas las condiciones de calidad en materia administrativa y académica (rigor, pertinencia, secuencia y coherencia metodológica), por lo tanto, se procede a la autorización del mismo, para que el(la) estudiante pueda optar al título de Ingeniería Química.

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Williams G. Alvarez Mejia, M.I.C. M.U.I.E.  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Cc. Archivo  
WGAM/mpea



Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



Formando Ingenieros Químicos en Guatemala desde 1939



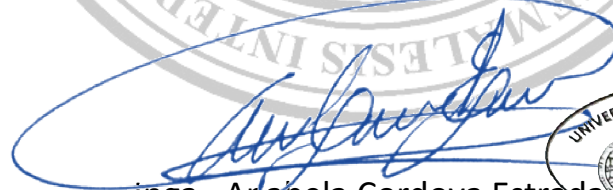
**NO SALGAS  
QUÉDATE EN  
CASA**



DTG. 068.2021.

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: **OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS EN PRODUCCIÓN DE FRIJOL EVALUANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Humberto Sosa Requena**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Arabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Luisa Victoria Requena Oliva y Juan Humberto Sosa Jauregúí, por el incondicional apoyo y guía brindado a lo largo de mi vida.

### **Mis hermanos**

Paola, Erika, Kevin, Guillermo y Thelma Requena, quienes me han dado su apoyo e incondicional cariño.

### **Promoción LXI CSDB**

Mis compañeros de promoción del Colegio Salesiano Don Bosco, por su incondicional apoyo y cariño a lo largo de tantos años de amistad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mis padres**

Luisa Victoria Requena Oliva y Juan Humberto Sosa Jauregüí, por el esfuerzo y sacrificios realizados para darme la oportunidad de alcanzar una meta más.

### **Mis hermanos**

Paola, Erika, Kevin, Guillermo y Thelma Requena, por su constante apoyo y motivación para cumplir mis metas.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Justificación .....	2
1.2. Determinación del problema.....	3
1.2.1. Definición .....	3
1.2.2. Delimitación .....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Legum.....	5
2.1.1. Propiedades fisicoquímicas del frijol.....	6
2.1.2. Propiedades microbiológicas del frijol.....	8
2.1.3. Propiedades nutricionales del frijol .....	8
2.1.4. Propiedades organolépticas del frijol .....	9
2.2. Tratamiento térmico en alimentos .....	11
2.3. Mecanismos transferencia de calor .....	13
2.4. Curvas de penetración de calor.....	15
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	21
3.1. Variables.....	21

3.2.	Delimitación de campo de estudio .....	22
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	22
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	23
3.5.	Técnica cualitativa y cuantitativa .....	24
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	26
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	27
4.	RESULTADOS.....	29
4.1.	Determinación puntos fríos autoclave .....	29
4.2.	Letalidad procesos térmicos.....	29
4.3.	Evaluación curva de enfriamiento .....	30
4.4.	Optimización procesos térmicos .....	32
4.5.	Análisis microbiológico .....	32
4.6.	Análisis fisicoquímico .....	33
4.6.1.	Análisis sensorial.....	33
4.6.2.	Hipótesis.....	34
4.6.3.	Diseño de la prueba .....	34
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	37
	CONCLUSIONES.....	39
	RECOMENDACIONES .....	41
	BIBLIOGRAFÍA.....	43
	APÉNDICES.....	45
	ANEXO.....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Parámetros de control de crecimiento microbiano .....	12
2.	Curva típica método general- método trapezoidal.....	18
3.	Matriz para análisis de riesgos.....	24
4.	<i>Chiller</i> vs torre de enfriamiento 8 oz.....	30
5.	<i>Chiller</i> vs torre de enfriamiento 35 oz.....	31
6.	<i>Chiller</i> vs torre de enfriamiento 104 oz.....	31

### TABLAS

I.	Clasificación de las variables .....	22
II.	Especificaciones de producto.....	27
III.	Datos de temperatura para producto.....	28
IV.	Parámetros fisicoquímicos .....	28
V.	Datos de temperatura para producto.....	28
VI.	Puntos fríos autoclave.....	29
VII.	Letalidad procesos térmicos.....	30
VIII.	Aumento capacidad al optimizar procesos térmicos .....	32
IX.	Resultados microbiológicos.....	33
X.	Resultados fisicoquímicos.....	33
XI.	Condiciones ambientales de la prueba .....	34
XII.	Muestras evaluadas .....	35
XIII.	Resultados .....	35



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grados Celsius
psi	Libra fuerza por pulgada cuadrada
mg	Miligramos
ml	Mililitro
min	Minutos
pH	Potencial de hidrógeno
qq	Quintales





## GLOSARIO

<b>Congelación</b>	Método de conservación de alimentos mediante disminución de temperaturas.
<b>Enmohecimiento</b>	Degradación de propiedades organolépticas en alimentos debido a crecimiento de mohos.
<b>Enranciamiento</b>	Degradación de propiedades organolépticas en alimentos debido a oxidación de ácidos grasos libres.
<b>Esterilización</b>	Proceso térmico utilizado para reducción de carga microbiana en alimentos.
<b>FDA</b>	Institución estadounidense encargada de certificar normativos de inocuidad en procesos de industrias alimenticias.
<b><i>Flow</i></b>	Propiedad de los productos que define la viscosidad de manera indirecta.
<b>FSSC 22000</b>	Norma basada en la ISO 22000 combinada con especificaciones técnicas y requisitos dados por la FSSC.
<b><i> Holding</i></b>	Equipo utilizado para sostenimiento de temperatura del producto.

<b>Inocuidad</b>	Incapacidad de un producto para hacer daño al consumidor.
<b>ISO 22000</b>	Estándar sobre la seguridad alimentaria durante toda la cadena de suministro.
<b>Límite inferior</b>	Valor mínimo aceptado que indica si un proceso está fuera de control.
<b>Límite superior</b>	Valor máximo aceptado que indica si un proceso está fuera de control.
<b>Logger</b>	Dispositivo electrónico que registra datos de temperatura en un tiempo dado por medio de sensores.
<b>Pardeamiento</b>	Degradación de propiedades organolépticas en alimentos debido a reacción de Maillard.
<b>Pasteurización</b>	Proceso térmico utilizado para reducción de carga microbiana en alimentos.
<b>Puntos fríos autoclave</b>	Localización dentro de una autoclave en donde mayor tiempo es requerido para alcanzar la temperatura de proceso térmico.
<b>Refrigeración</b>	Método de conservación y almacenamiento en alimentos mediante disminución de temperaturas.

<b>RTCA</b>	Reglamento en el cual se encuentran descritos los normativos que rigen la industria alimenticia a nivel centroamericano.
<b>Sorción</b>	Proceso mediante el cual un sólido poroso (a nivel microscópico) es capaz de retener partículas de un fluido en su superficie tras entrar en contacto con este.
<b>Tindalización</b>	Proceso utilizado para reducción de carga microbiana en alimentos.



## RESUMEN

La necesidad de optimizar procesos térmicos surge por el requerimiento de aumentar la disponibilidad de las autoclaves de cascada utilizadas para el proceso de esterilización en alimentos de baja acidez. Al evaluar los procesos térmicos se determinó que existe oportunidad de optimización al disminuir tiempos de sostenimiento y enfriamiento de las autoclaves. Al aumentar la disponibilidad de los equipos se reduce también el consumo de suministros, de agua fría proporcionada por torres de enfriamiento para la etapa de disminución de temperatura y consumos eléctricos generados para el funcionamiento de los distintos equipos.

El estudio de optimización consistió en análisis y pruebas experimentales en autoclaves de cascada que sustituyen el equipo usado como medio de enfriamiento. Se cambió a suministro desde *chillers* a las actuales torres de enfriamiento, evaluando las condiciones microbiológicas, organolépticas, fisicoquímicas y nutricionales del producto final.

Al comparar los distintos métodos de enfriamiento se detectó una reducción considerable en tiempo de operación, un aumento de la disponibilidad del equipo y disminución del consumo de suministros que garantiza las condiciones del producto final.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Optimizar el proceso térmico de la producción industrial de frijol al evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales, microbiológicas y organolépticas.

### **Específicos**

1. Identificar condiciones de procesos térmicos para producción industrial de frijol.
2. Identificar puntos fríos por medio de un estudio de distribución de calor.
3. Determinar letalidad de los procesos térmicos actuales por medio de un estudio de penetración de calor.
4. Evaluar cambios en el diseño del proceso para la optimización del proceso térmico del frijol.
5. Determinar el aumento de disponibilidad de los equipos al optimizar el proceso térmico del frijol.
6. Seleccionar el proceso térmico más eficiente según resultados obtenidos.





## INTRODUCCIÓN

La mejora continua es un factor fundamental, en cualquier industria, en búsqueda de desarrollo, crecimiento y productividad. En una planta de alimentos dedicada a la elaboración de frijoles molidos fritos y frijoles enteros cocidos, se analizaron diversos puntos en los cuales se determinaron las oportunidades para optimizar la esterilización comercial. Considerando que el proceso térmico es el cuello de botella de la producción, se presentarán planes de acción para el desarrollo de productividades.

En la producción de frijol negro volteado, la esterilización es un factor determinante debido al efecto que tiene sobre características fisicoquímicas, nutricionales, organolépticas y microbiológicas del mismo, que provoca aceptación o rechazo en un mercado.

A raíz del estudio realizado con diferentes factores bajo control durante el proceso, se determinó que la etapa de disminución de temperatura es más eficiente si se utilizan *chillers* como medio de enfriamiento porque existe un diferencial de temperatura superior a 100°C al inicio del proceso; es el caso contrario al utilizar torres de enfriamiento, donde el diferencial de temperatura no supera los 85°C. Además, se identificó una oportunidad latente en el aumento de disponibilidad de los equipos y disminución en consumo de suministros de operación al evaluar el tiempo de sostenimiento y letalidad del proceso térmico.



## 1. ANTECEDENTES

El estudio se realizó con una marca que tuvo sus inicios en los años veinte, en el corazón del famoso Valle Central de California. Allá la marca de jugos comenzó con el propósito de producir bebidas con sabor fresco para los hogares de la región. En los años treinta, la compañía introdujo los néctares. Conforme creció el Estado de California, también creció la marca. De ser localmente producido y comercializado, la empresa se expandió de manera que sus bebidas podían ser disfrutadas en otros estados del país. Posteriormente, a finales de la década de los cincuenta, la empresa abrió una subsidiaria en Guatemala.

La sede en Guatemala fue como una empresa agroindustrial que basó su portafolio inicial en el éxito obtenido con sus néctares en California, pero rápidamente se diversificó a nuevos productos, siempre enfocada en ofrecer a los consumidores centroamericanos bebidas y alimentos naturales a base de frutas.

En los años sesenta la compañía adquirió una nueva marca. Las dos empresas trabajaron independientes hasta finales de esta década cuando se decidió fusionarlas en un cambio estratégico que perseguía reducir costos de producción y operación y potenciar su expansión centroamericana.

Durante los próximos treinta años, la compañía progresó significativamente, desarrollando marcas exitosas, innovando y creando nuevos productos que cumplieran los requerimientos de calidad y expectativas de los consumidores centroamericanos, siempre apegado a su compromiso de ofrecer productos naturales y saludables.

Actualmente, la marca se encuentra como producto líder en la venta de frijoles con un gran enfoque en la gestión de *Total Productive Management* en el desarrollo de manufactura y un acercamiento continuo con el consumidor para garantizar la fabricación de productos según las necesidades de mercado.

## **1.1. Justificación**

En Guatemala, el consumo de frijol es un hábito cultural, representa la alimentación de nuestro país, es una fuente nutritiva de alto impacto y es económicamente accesible para todos los grupos sociales.

Es de vital importancia a nivel industrial en Guatemala producir un frijol que permita cumplir con las necesidades culturales, nutritivas y económicas de la población guatemalteca. Es por esta razón que tras un análisis exhaustivo en la línea de producción de frijol de una industria alimenticia guatemalteca se determinó que existe una oportunidad de mejora en el área de esterilización del proceso productivo.

La optimización que se busca realizar en los procesos térmicos consiste en disminuir el tiempo total del proceso y sugerir la adaptación del sistema de enfriamiento por medio de *chiller*, sin alterar las condiciones nutritivas, fisicoquímicas, microbiológicas u organolépticas del producto terminado. El proceso térmico global consta de una etapa inicial de subida de temperatura por medio de inyección de vapor a un intercambiador de calor de placas, en el cual se calienta agua que recirculará en el cuerpo de la autoclave y calentará el producto hasta cumplir las condiciones de proceso. El objetivo de la optimización es aumentar la capacidad de disponibilidad de autoclaves al disminuir el tiempo de operación de las mismas que actualmente es de 3 horas en promedio, varía en función de la temperatura del ambiente. La reducción de tiempo será en el

proceso de enfriamiento, en el cual se estima liberar 15 minutos por proceso térmico y generar un impacto de disponibilidad de 0,25 procesos al día para permitir con esto un aumento de capacidad de 7 800 cajas físicas por semana.

## **1.2. Determinación del problema**

Optimización de tiempo de procesos térmicos en autoclaves de cascada.

### **1.2.1. Definición**

La industria de alimentos necesita mejorar la disponibilidad de equipos y disminuir el consumo de suministros en los procesos térmicos del frijol, que es un alimento de baja acidez.

### **1.2.2. Delimitación**

Autoclaves de cascada en productos de baja acidez, en una planta de alimentos. Se evaluará parámetros fisicoquímicos, nutricionales, microbiológicos y organolépticos para optimizar el proceso térmico del frijol.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Legum

El frijol común es la especie más conocida del género *Phaseolus*, de donde se deriva su nombre científico *Phaseolus vulgaris*. El frijol forma parte de la familia de las leguminosas, que poseen un alto contenido en proteínas y en fibra, y son también una fuente excelente de minerales. También cabe destacar la elevada cantidad de folatos que aporta y el contenido equilibrado en vitaminas del grupo B como la niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina, a excepción de la cianocobalamina.

Dentro de las variedades comerciales de frijol que existen en Guatemala y que se pueden sembrar en la región del Altiplano central y occidental están:

- Hunapú: variedad de vainas moradas y grano negro. Se puede cosechar de 120 a 135 días después de la siembra. Su hábito de crecimiento es indeterminado arbustivo, tipo II. Tiene alrededor de 10 a 15 vainas por planta y siete semillas por vaina. Es tolerante a ascochita y moderadamente tolerante a roya. Rinde alrededor de 25 a 30 qq por manzana.
- Altense: es una variedad cuyas características principales son el hábito de crecimiento de guía media, resistente a la enfermedad del ascochita y tolerante a roya. Su grano es negro, su ciclo vegetativo es de 135 a 140 días. Es una variedad de vainas blancas y grano negro. Se puede cosechar de 120 a 135 días después de la siembra. Su crecimiento es



indeterminado arbustivo tipo II. Tiene alrededor de 15 a 25 vainas por planta y seis semillas por vaina. Es tolerante a ascochita y moderadamente tolerante a roya. Rinde alrededor de 30 qq por manzana.

- Texel: variedad de grano negro, se puede cosechar de 100 a 110 días después de la siembra. Es la variedad más precoz. Su crecimiento es arbustivo postrado. Tiene alrededor de 12 a 15 vainas por planta y seis semillas por vaina. Es tolerante a ascochita pero altamente susceptible a roya. Rinde alrededor de 15 qq por manzana.

### **2.1.1. Propiedades fisicoquímicas del frijol**

La planta de frijol se desarrolla de forma adecuada en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C. Largos periodos con altas temperaturas aceleran el crecimiento de las siembras de frijol y las bajas lo retardan, y causan daños irreversibles cuando son extremas. Teniendo en cuenta que el frijol es una especie de días cortos, la siembra en épocas adecuadas permite limitar la influencia de días de más de 6 horas de luz, que podrían retardar su proceso de floración y madurez. En Guatemala, el frijol en el altiplano occidental tiene mayor importancia en las siembras de invierno, ya que su siembra es una alternativa cuando ya no es recomendable el establecimiento de otros cultivos como maíz o no se posee mucho dinero para la siembra de papa y hortalizas.

Las épocas de siembra más recomendadas para las variedades con tipo IV es durante la segunda quincena de marzo y primera de abril; el frijol de suelo se recomienda sembrar a partir del 1 de junio al 20 de julio. Siembras muy tempranas sufren de las últimas lluvias del invierno y muy tardías se exponen a las bajas temperaturas o heladas durante la segunda quincena de noviembre.

La producción de cualquier cultivo se verá afectada por dos tipos de factores, los bióticos y los abióticos. Los factores bióticos son aquellos en los que el hombre puede tener influencia de alguna manera, por ejemplo, la semilla (variedades o cultivares), plagas (insectos, malezas, roedores, aves, microorganismos benéficos y perjudiciales), mientras que en los factores abióticos el ser humano no puede modificarlos a menos que sea un ambiente controlado (invernadero), por ejemplo, la temperatura, la humedad relativa, la precipitación pluvial, las heladas, el tipo y profundidad de suelo, disponibilidad de nutrientes esenciales, viento, fuego, salinidad, luz, longitud del día, terreno y pH (la medida de acidez o alcalinidad de suelos y aguas).

En el ensayo producción de frijol en dos épocas de siembre realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo, México, se indica que en una región de clima cálido la producción de biomasa y rendimiento de frijol varía en función de la fecha y época de siembra. También se demostró que la producción de biomasa y rendimiento en frijol es diferente entre las siembras invernales y las de verano. Son superiores en volumen de peso las invernales, debido a que la evapotranspiración y la radiación solar son más bajas en el invierno.

La diversidad de formas de siembra, las diferentes variedades o ecotipos de semillas, las condiciones de almacenamiento y traslado, las enfermedades y plagas presentes en las regiones de cosecha han sido variables que controlar del grano de frijol. Este cultivo es atacado por diversas plagas desde el inicio de su crecimiento. Las plagas reducen su rendimiento al eliminar partes de hoja, raíces o flores y semillas si no se controlan oportunamente.

Las propiedades físicas del frijol se clasifican de acuerdo con las variedades de este, teniendo en cuenta variables como forma, tamaño, peso y capacidad de absorción del agua. Esta última es muy importante en granos, ya que se debe

tener un punto de contenido de humedad adecuado para la labor de cosecha y posterior almacenamiento. La superficie del grano es lisa, rugosa o angulosa, dependiendo de la variedad.

### **2.1.2. Propiedades microbiológicas del frijol**

Por su naturaleza, el frijol presenta características de crecimiento ideales para el microorganismo *Clostridium botulinum*. Es un bacilo grampositivo, con extremos redondeados de una longitud de 3 a 8 micras y un grosor de 0,5 a 0,8 micras. Es ligeramente móvil y posee de 4 a 8 flagelos. Los bacilos se presentan aislados o agrupados en cadenas cortas. Está ampliamente distribuido en la naturaleza y frecuentemente presente en el tracto intestinal de animales domésticos.

El *Clostridium botulinum* produce ácido y gas de la glucosa, fructosa, maltosa, sacarosa, dextrina, glicerina, adonitol e inositol. No fermenta la lactosa, xilosa y salicina. Las esporas del *Clostridium botulinum* toleran condiciones ambientales adversas por períodos prolongados de tiempo sin perder la capacidad de germinar.

El organismo es capaz de crecer en ausencia de aire u oxígeno. Su habilidad de formar esporas le permite sobrevivir en una amplia variedad de condiciones desfavorables; calor y agentes químicos. La resistencia al calor de las esporas es mayor que la de cualquier otro anaerobio.

### **2.1.3. Propiedades nutricionales del frijol**

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos,

vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33 %, es rico en aminoácidos como la lisina (6,4 a 7,6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5,3 a 8,2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo con evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70 % comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100 %. En relación con la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción que energía en este tipo de alimentos, a pesar de que, durante su cocinado, una parte de la misma queda indisponible dado que se transforma en el denominado almidón resistente a la digestión.

Dentro de los macronutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1,5 a 6,2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglicéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los mono y poliinsaturados.

El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico.

#### **2.1.4. Propiedades organolépticas del frijol**

La calidad de un alimento está determinada por diferentes aspectos como cantidad y biodisponibilidad de nutrientes y seguridad sanitaria. Sin embargo, lo que determinará la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la

percepción subjetiva del consumidor, es decir, aspectos ligados a la preferencia como color, sabor, textura, consistencia y presentación del producto. Por esto es importante que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto de este, se realicen pruebas sensoriales al grupo al cual va dirigido el alimento.

En la evaluación del aroma y el sabor de los frijoles se pueden realizar diferentes técnicas. Se conocen dos grandes grupos y enfoques distintos, que no necesariamente son excluyentes: el enfoque fisicoquímico o analítico y el sensorial. Los niveles de objetividad en ambos casos han sido discutidos con amplitud y actualmente se tiende más cada vez a conjuntar ambos enfoques. El sabor y el aroma son fenómenos fisiológicos que solo puede evaluarse con métodos sensoriales, por lo que la medición directa de los mismos con técnicas fisicoquímicas puede resultar muy compleja.

- Color: es una de las características más importantes en la determinación de la calidad en los granos. En el caso del frijol, este parámetro cambia de acuerdo con la variedad y puede ser blanco, crema, rojo, morado, marrón, rosado, negro, amarillo, entre otros.
- Olor: los granos deben estar libres de cualquier foco de contaminación, ya que un cambio en su olor característico, es decir, olores como fermentado, moho o guardado, son causa de rechazo.
- Sabor: debe estar libre de sabores fermentados, vinagre u otro ajeno a la variedad.

## **2.2. Tratamiento térmico en alimentos**

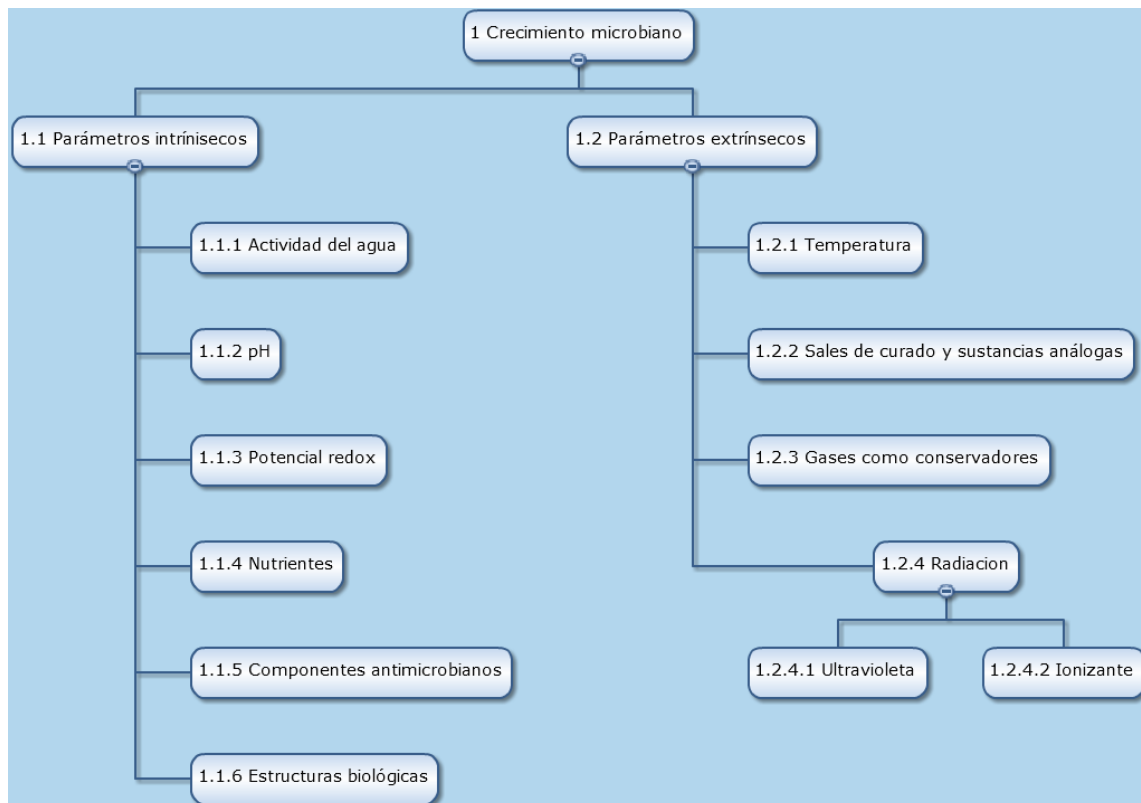
El tratamiento térmico de alimentos a temperaturas altas es uno de los procesos más efectivos para la conservación de alimentos y es el más ampliamente utilizado para atender la creciente demanda de alimentos a nivel mundial.

El tratamiento térmico en la industria involucra el uso de altas temperaturas por períodos de tiempo cortos, para asegurar la inocuidad del alimento; sin embargo, las indicadas condiciones de proceso representan gastos excesivos de energía y pueden afectar negativamente la calidad nutricional y sensorial de los productos procesados. Por ello, y con el objeto de reducir los costos energéticos del proceso térmico y mejorar la calidad de los productos, durante las dos últimas décadas del siglo XX y los primeros años del presente se han incrementado los estudios sobre el análisis de los fenómenos de transporte que se presentan durante el tratamiento térmico de los alimentos. También se ha estudiado el desarrollo de sistemas de simulación de procesos que faciliten el entendimiento del efecto de los variables sobre dichos fenómenos y la efectividad del tratamiento.

Uno de los problemas fundamentales para analizar el fenómeno de transferencia de calor en alimentos líquidos, semilíquidos o mezclas de sólidos y líquidos, es el entendimiento de los fenómenos convectivos, de masa y calor, que se presentan dentro del producto y que afectan de manera importante la efectividad del proceso. El calor puede ser clasificado en húmedo o seco, dependiendo del medio utilizado para su transmisión. En el caso de que sea un gas como el aire, se denomina calor seco y cuando el medio de transformación es el agua, en forma de vapor, se dice que el calor es húmedo. La importancia de esta clasificación radica en que los efectos de cada tipo de calor en los

microorganismos son diferentes. En el caso de calor seco, la destrucción del microorganismo es debida a una oxidación de sus proteínas, y en el calor húmedo, es debido a su coagulación. A un mismo nivel de temperatura, el daño causado por el calor húmedo sobre los microorganismos es mucho mayor que el calor seco. El tratamiento térmico tiene dependencia, según la figura 1.

Figura 1. **Parámetros de control de crecimiento microbiano**



Fuente: elaboración propia.

El tratamiento térmico debe ser realizado de manera que permita la comercialización del producto, sin peligro de que ocurra un deterioro por microorganismos. Por otro lado, un tratamiento térmico no debe ser excesivo,

pues puede causar alteraciones físicas y pérdida importante del valor nutritivo en el alimento como la desintegración de las vitaminas por altas temperaturas y pérdida de color y sabor.

### **2.3. Mecanismos transferencia de calor**

Los principales tipos o mecanismos distintos de transferencia del calor son conducción, convección y radiación, de los cuales solo el primero y el último son realmente mecanismos puros. El segundo es consecuencia de la combinación de los otros dos en el seno de fluidos en movimiento; implican por esta razón el transporte de materia además del de energía.

La velocidad de transmisión de calor mediante el mecanismo de conducción obedece a la ley de Fourier, que establece que el caudal de calor por unidad de área es directamente proporcional al gradiente de temperatura a través de una pared plana de un sólido cuyas caras se encuentran a distinta temperatura, por la conductividad térmica del material.

La convección se presenta en alimentos fluidos, no pastosos, que no presentan cambios importantes en viscosidad durante el tratamiento, y en general está ligada a velocidades de calentamiento rápido y tiempos reducidos para elevar la temperatura del producto.

El mecanismo de transmisión del calor por radiación se basa en la propiedad que tienen los cuerpos de emitir ondas electromagnéticas desde su superficie en un amplio intervalo de longitudes de onda.

Al incidir un determinado flujo de radiación ( $I_i$ ) sobre un cuerpo, parte puede ser reflejado ( $I_R$ ), parte puede ser transmitido a través de él ( $I_T$ ) y el resto puede



ser absorbido por el cuerpo ( $I_A$ ) y convertido en energía interna aumentando su temperatura ( $T_A$ ).

La transferencia de calor se define como la transmisión de energía desde una región a otra debido al gradiente térmico que existe entre ellas. Esta transferencia es considerada una parte importante en la mayoría de los procesos en la industria química y de alimentos. Como es bien sabido, el calor se transfiere por conducción, convección y radiación. Los dos primeros mecanismos son los que participan fundamentalmente en la esterilización de alimentos envasados.

La transmisión por conducción se manifiesta como intercambio de energía cinética entre moléculas, sin desplazamiento de las mismas; es decir, existe una movilidad de la energía calorífica de las moléculas, que tienen mayor nivel energético, a otras con un nivel menor. Para el tratamiento térmico de alimentos envasados, las moléculas con niveles energéticos elevados se encuentran en contacto directo con las paredes del recipiente que contienen al alimento; por ende, la energía se transmite desde el exterior hacia al centro del envase.

En la transferencia por convección la energía se transmite por la combinación de dos procesos: la transferencia de la energía acumulada, y por el movimiento del alimento líquido que es promovido por la diferencia de densidad existente entre dos masas con diferente gradiente térmico. De acuerdo con lo anterior, y de manera general, se puede afirmar que en los alimentos procesados térmicamente el calor se transfiere por una combinación de conducción-convección. El estado físico del alimento es el que determina el mecanismo de transferencia predominante durante el tratamiento térmico.

En alimentos sólidos, viscosos o semisólidos predomina la conducción; pero en los alimentos líquidos o semilíquidos la transferencia es por convección.

Existen alimentos que presentan una transmisión inicial por convección y posteriormente, debido al incremento en la viscosidad del alimento, la transmisión es por conducción, lo que provoca la denominada curva de penetración de calor quebrada. En el estudio del proceso térmico del frijol se verá la influencia de la transferencia de calor por conducción y convección.

#### **2.4. Curvas de penetración de calor**

En la industria de los alimentos enlatados, esterilizados o pasteurizados, los estudios de penetración de calor se realizan mediante tres métodos principales que son:

- El método de integración gráfica de Bigelow
- El método analítico de Ball
- El método de Patashnik

El método de cálculo utilizado para determinar las oportunidades de optimización será el método general para determinaciones de tiempo de proceso determinado por Bigelow, por ser el más preciso actualmente diseñado. También es necesario aplicar esta metodología porque los procesos térmicos diseñados en esta industria presentan un perfil específico de producto, lo que genera que el diseño del proceso térmico sea personalizado según las características fisicoquímicas que el producto presenta. Este método está basado en el hecho de cada punto de las curvas de calentamiento y enfriamiento, correspondientes a la historia de penetración de calor de un producto, ejerce un efecto letal para el microorganismo contaminante de dicho producto, por lo que el cálculo del proceso térmico implica la integración gráfica del efecto letal de dichos puntos. El procedimiento requiere la conversión de las temperaturas del producto (registradas en el punto frío) durante su calentamiento y enfriamiento con el fin

de realizar una sumatoria final para determinar la letalidad del proceso térmico global.

Las curvas de penetración del calor se denominan también como curvas TDT (*Thermal Death Time*), o curvas tiempo – temperatura o curvas de destrucción térmica. Para medir ciertas características en el calentamiento de los alimentos pueden usarse termómetros; sin embargo, el método más satisfactorio involucra el uso de termopares, que son equipos formados por dos alambres de metales disimilares soldados, juntos, en uno de sus extremos. Si los extremos de esos alambres son puestos a diferentes temperaturas, se desarrolla un voltaje capaz de ser medido, el cual está relacionado con la diferencia de temperatura entre los dos extremos o empalmes del termopar. El otro extremo se conecta a un dispositivo de medición adecuado denominado potenciómetro.

Actualmente se están utilizando monitores inalámbricos de temperatura denominados *tracers* o *loggers* que permiten evaluar la distribución térmica en un alimento. Los termopares pueden ser introducidos en el alimento, en el interior de los envases de vidrio o de las latas metálicas la conexión se realiza a la altura deseada al lado del cuerpo de la lata por medio de un acople en la posición y altura deseada. El punto de ubicación, dentro de la lata, se denomina punto térmico o punto frío; es decir, en punto en el interior del alimento donde con mayor dificultad se alcanzará la temperatura de tratamiento.

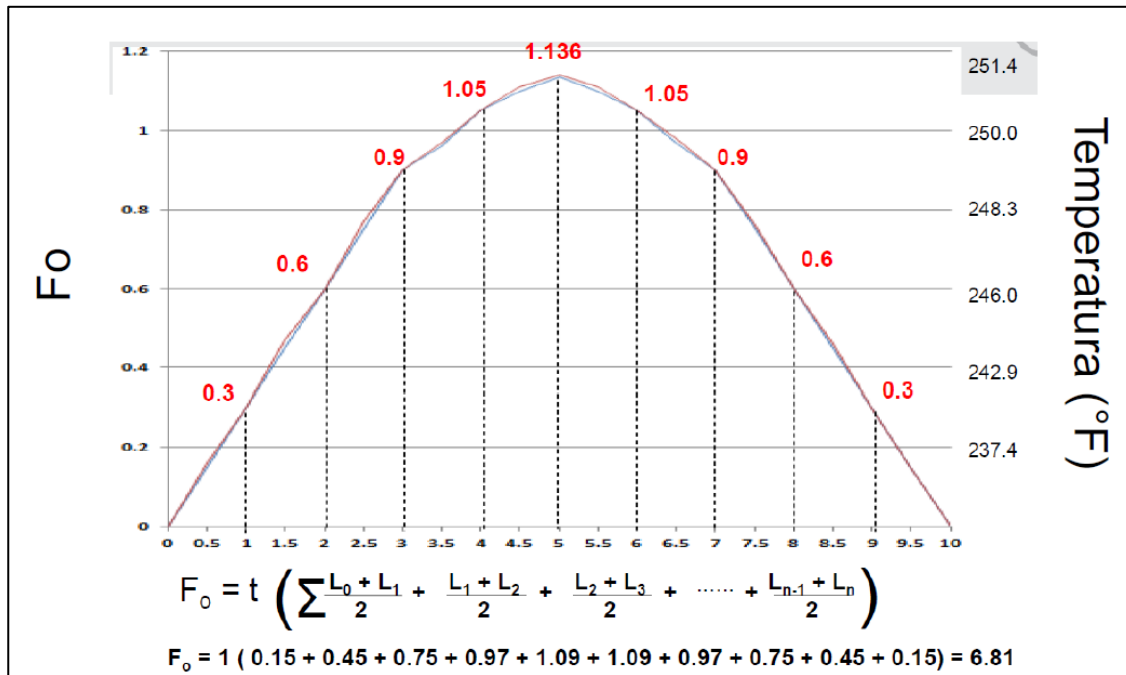
Las temperaturas son registradas manualmente cada minuto; si se usa un potenciómetro registrador, los valores tiempo - temperatura serán graficados en papel semilogarítmico, lo que da una línea recta con desviaciones menores para la relación entre el tiempo y la temperatura. Cada intervalo tiempo – temperatura durante el calentamiento y el enfriamiento de los recipientes tiene un efecto letal

sobre los microorganismos, siempre que las temperaturas están sobre el máximo para el crecimiento microbiano.

Correlacionando los efectos mortales de estas altas temperaturas con la velocidad de calentamiento del alimento, el tiempo teóricamente requerido para la destrucción de cualquier espora bacteriana presente, en el alimento, puede ser calculado para cualquier temperatura dada.

Históricamente, una gráfica de la velocidad de letalidad contra el tiempo, es utilizada para determinar la letalidad total del proceso. La letalidad ( $F_0$ ) es graficada en el eje vertical y el tiempo en el horizontal. Para cada tiempo un punto de temperatura es registrado durante el estudio de penetración de calor, la velocidad de letalidad es determinada y graficada otra vez con el tiempo en la gráfica. El área total debajo de la curva es determinada después para proveer la letalidad total del proceso.

Figura 2. Curva típica método general- método trapezoidal



Fuente: elaboración propia.

Matemáticamente, utilizando el método trapezoidal, la letalidad de un proceso puede ser determinada con la siguiente fórmula:

$$F_o = \Delta t \left( \sum \frac{L_0 + L_1}{2} + \frac{L_1 + L_2}{2} + \frac{L_2 + L_3}{2} + \dots + \frac{L_{n-1} + L_n}{2} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Con base en la letalidad de determinan los siguientes pasos para desarrollar un proceso térmico:

- Determinar factores críticos.
- Diseñar las condiciones del estudio de penetración de calor basándose en:

- Producto relacionado a factores críticos
- Autoclave
  - Tipo
  - Sistemas de control habilitados para asegurar un control de todos los aspectos durante el proceso de calentamiento y enfriamiento.
  
- Conducir estudios de penetración de calor
- Calcular el proceso
- Problemas de proceso en la planta



### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Para el estudio de optimización de procesos térmicos en producción industrial de frijol, se involucrarán las siguientes variables de proceso:

- Temperatura: en el proceso térmico, debe alcanzar 122,5 °C para asegurar la eliminación de los peligros biológicos.
- Tiempo: se validará que el tiempo que pasa el producto en el sostenimiento de temperatura (*holding time*) sea el adecuado para alcanzar la temperatura requerida, según lo establecido por el área de calidad de la empresa.
- Letalidad: se validará el cumplimiento de la letalidad teórica a lo largo del proceso térmico.
- Propiedades organolépticas: se validará que las condiciones del proceso térmico no tengan efecto en el sabor, color, olor y textura del producto final.



Tabla I. **Clasificación de las variables**

No.	Variable	Dimensional	Constante	Variable	Dependiente	Independiente
1	Temperatura	°C	X			X
2	Tiempo	min		X	X	
3	Letalidad	min			X	
4	Propiedades organolépticas			X		X

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. **Delimitación de campo de estudio**

El campo de estudio tendrá como fundamento los normativos FDA, los cuales tratan del estudio y evaluación de requerimientos mínimos para la aprobación de esterilización de alimentos de baja acidez tales como el frijol. Este apartado es:

- FDA.
- Title 21—Food and drugs.
- Chapter I--food and drug administration.
- Department of health and human services.
- Subchapter b--food for human consumption.
- Part 113 thermally processed low-acid foods packaged in hermetically sealed containers.

### 3.3. **Recursos humanos disponibles**

Para la realización del proyecto se contará con el apoyo de:

- Persona que realiza el proyecto: Juan Sosa Requena

- Asesor: ingeniero químico Sergio Recinos
- Personal del área de calidad
- Personal del área de investigación, desarrollo y estandarización
- Personal de microbiología
- Personal de servicios
- Operarios de la línea de producción

#### **3.4. Recursos materiales disponibles**

La información requerida para el proyecto se obtendrá de:

- Manuales de procesos de la empresa
- Bibliografía
- Observación del proceso de fabricación
- Datos recabados de años anteriores por parte del personal de calidad
- Diagramas y planos de la línea de producción
- Información obtenida de internet

Se utilizarán los siguientes equipos y materiales:

- *Loggers data*: accesorios de resistencia a altas temperaturas y presiones para la evaluación de condiciones de proceso térmico dentro de una autoclave.
- Termómetro: se utilizarán como medio de medición los termómetros digitales ya instalados dentro de la autoclave.
- Cronómetro.

### 3.5. Técnica cualitativa y cuantitativa

Metodologías cuantitativas y cualitativas se requieren para el análisis y verificación de resultados tanto perceptibles como estadísticos, para concluir de manera adecuada bajo un fundamento científico.

- Técnica cualitativa: se utilizará una técnica cualitativa para el análisis de riesgos, el cual se llevará a cabo por medio de una matriz de riesgos o árbol de decisiones.

Figura 3. **Matriz para análisis de riesgos**

EVALUACIÓN DE RIESGOS					
SEVERIDAD	Alta				
	Media				
	Baja				
	Insignificante				
		Insignificante	Baja	Media	Alta
PROBABILIDAD					

Fuente: elaboración propia.

- Técnica cuantitativa: se utilizará una técnica cuantitativa para el análisis estadístico de los datos del proceso.
- Análisis estadístico: para los valores críticos de las variables es necesario realizar un análisis estadístico de las mediciones realizadas. Se aplicará

la estadística descriptiva. También se realizará un análisis por medio de gráficas en el que se visualizará las diferencias generadas por las distintas aplicaciones de pruebas.

- Medidas de tendencia central: para las medidas de tendencia central se determinará la media aritmética que resumirá los datos obtenidos en las validaciones e indicará el valor central de cada sabor.
- Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{Ecuación No. 2})$$

Donde:

$\bar{x} = \text{media}$

$x_i = \text{dato}$

$n = \text{cantidad de datos}$

- Medidas de dispersión: para las medidas de dispersión se determinarán la desviación estándar y la varianza. La desviación estándar será la que indique sobre la media de distancias que tienen los datos respecto a la media aritmética. La varianza será la media del cuadrado de las desviaciones respecto a la media aritmética, estableciendo la variabilidad de los resultados.
- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(Ecuación No. 3)

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar

$\bar{x}$  = media

$x_i$  = dato

$n$  = cantidad de datos

### 3.6. Recolección y ordenamiento de la información

A continuación, se describe la recolección y ordenamiento de la información:

- Colocar *loggers* dentro de producto en procesos térmicos.
- Evaluar datos recolectados mediante software.
- Tabular datos de mediciones.
- Construir curva que permita analizar el comportamiento de la letalidad en función del tiempo y temperatura.
- Determinar el efecto de las condiciones del proceso térmico sobre las características organolépticas del producto.
- Determinar condiciones de operación que optimicen el proceso térmico del producto evaluado.

- Recomendar condiciones de operación que optimicen el proceso térmico del producto evaluado.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

El ordenamiento de la información obtenida se realizará de la siguiente manera:

- Para la descripción de las especificaciones de los productos se utilizará la siguiente tabla:

Tabla II. **Especificaciones de producto**

<b>Producto</b>	
<b>Fecha de evaluación</b>	
<b>Tipo de proceso térmico</b>	
<b>Letalidad</b>	
<b>Condiciones de operación</b>	

Fuente: elaboración propia.

- Los datos obtenidos de las validaciones de temperatura y tiempo se colocarán en la siguiente tabla representativa, la cual será tabulada con 120 mediciones realizadas cada 30 segundos:

Tabla III. **Datos de temperatura para producto**

Tiempo (min)	Logger 1 (°C)	Logger 2 (°C)	Logger 3 (°C)	Logger 4 (°C)	Logger 5 (°C)

Fuente: elaboración propia.

- Los parámetros fisicoquímicos serán tabulados en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Parámetros fisicoquímicos**

Atributo	Parámetros de aceptación		Valor medido
	Mínimo	Máximo	
pH			
Flow			
%Sal			
Acidez			

Fuente: elaboración propia.

- Las pruebas microbiológicas serán tabuladas en la siguiente tabla:

Tabla V. **Datos de temperatura para producto**

Fecha siembra	Recuento total	Coliformes	<i>E. coli</i>	<i>Clostridium botulinum</i>

Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Determinación puntos fríos autoclave

Al realizar las pruebas de distribución de calor se determinaron los siguientes puntos fríos dentro de la autoclave.

Tabla VI. Puntos fríos autoclave

Puntos fríos autoclave				
Canasta	Bandeja	Posición		
2	20			Right
3	20	Left		Right
4	20	Left		
4	40		Center	
5	20	Left	Center	

Fuente: elaboración propia.

### 4.2. Letalidad procesos térmicos

Luego de haber calculado las letalidades de los procesos térmicos evaluados, se determinó la optimización disponible en el sostenimiento del mismo.



Tabla VII. **Letalidad procesos térmicos**

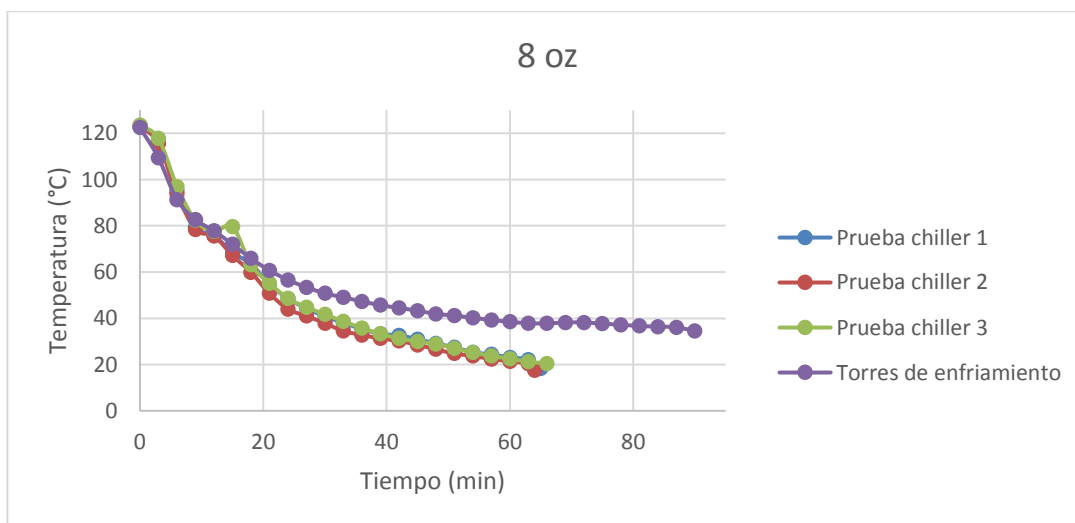
<b>Análisis sostenimiento</b>			
<b>Presentación</b>	<b>8 oz</b>	<b>35 oz</b>	<b>104 oz</b>
<b>Tiempo total de proceso (min)</b>	139,00	210,50	286,00
<b>F<sub>0</sub> Total</b>	43,13	56,05	62,55
<b>Tiempo para alcanzar F<sub>0</sub> =20</b>	55,00	79,00	131,50
<b>Reducción minutos sostenimiento</b>	9,50	26,00	31,50

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Evaluación curva de enfriamiento

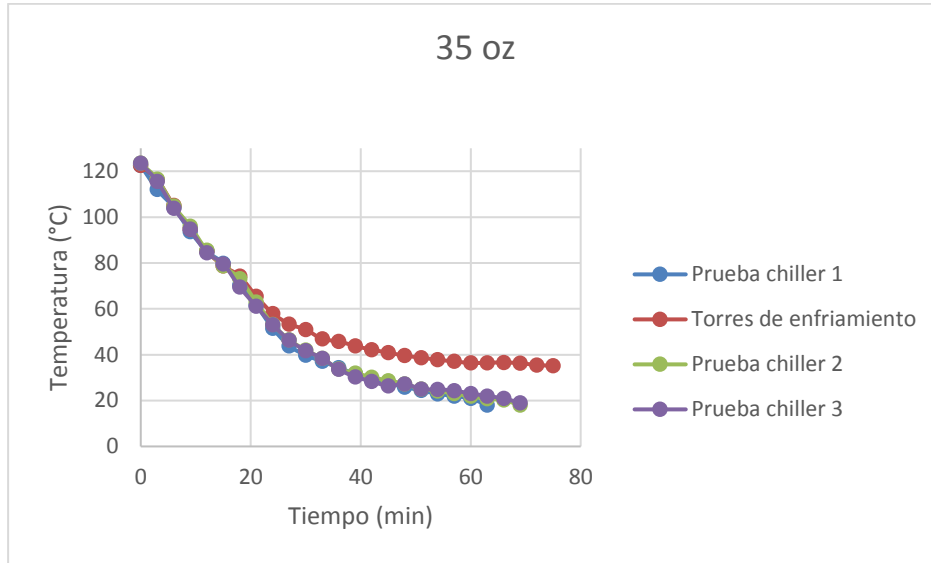
A partir de las pruebas realizadas se realizaron comparaciones de las curvas de enfriamiento y se evaluó la tendencia generada al utilizar agua de *chiller* y torre de enfriamiento.

Figura 4. **Chiller vs torre de enfriamiento 8 oz**



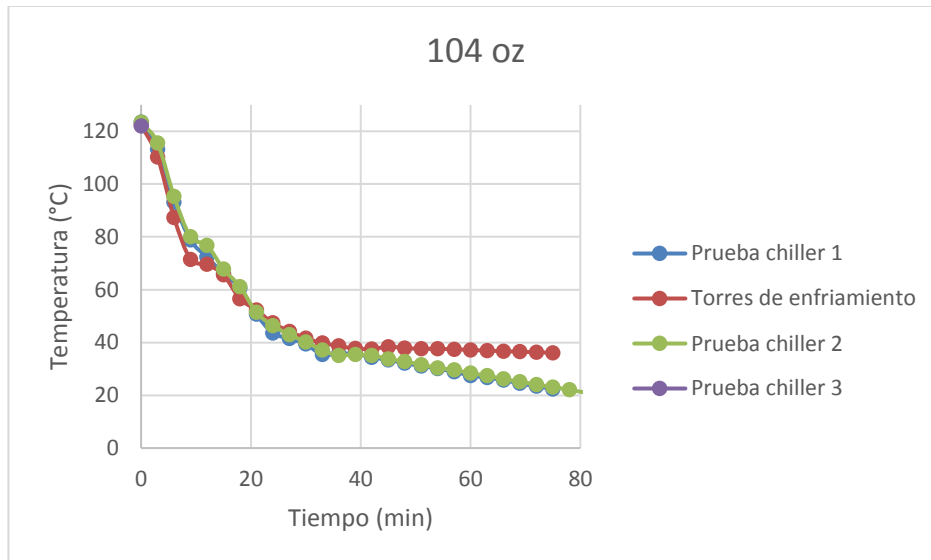
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Chiller vs torre de enfriamiento 35 oz**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Chiller vs torre de enfriamiento 104 oz**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Optimización procesos térmicos

Una vez encontrada la optimización del enfriamiento y sostenimiento de los procesos térmicos se determinó el aumento de capacidad que se describe a continuación.

Tabla VIII. **Aumento capacidad al optimizar procesos térmicos**

Formato (oz)	Tiempo actual (min)	Tiempo propuesto (min)	Reducción tiempo (%)	Capacidad actual (cajas/día)	Capacidad propuesta (cajas/día)	Aumento de capacidad
<b>8</b>	139	108,3	22 %	3 200	3 552	11 %
<b>35</b>	210,5	153,6	27 %	2 016	2 304	14 %
<b>104</b>	287	229,6	20 %	1 440	1 728	20 %

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos realizados indican la no presencia de microorganismos, lo que garantiza la inocuidad del producto. El resultado negativo corresponde a un conteo menor a 30 UFC en 100 ml de producto en la siembra realizada.

Tabla IX. **Resultados microbiológicos**

<b>Producto</b>	<b>Fecha siembra</b>	<b>Recuento total</b>	<b>Mohos y levaduras</b>
Frijol doypack 8 oz	11/06/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 8 oz	11/06/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 8 oz	11/06/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 35 oz	11/07/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 35 oz	11/07/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 35 oz	11/07/2017	Negativo	Negativo
Frijol doypack 104 oz	11/08/2016	Negativo	Negativo
Frijol doypack 104 oz	11/08/2016	Negativo	Negativo
Frijol doypack 104 oz	11/08/2016	Negativo	Negativo

Fuente: elaboración propia.

#### 4.6. **Análisis fisicoquímico**

Los análisis fisicoquímicos realizados no mostraron incumplimiento en los parámetros de calidad de la empresa.

Tabla X. **Resultados fisicoquímicos**

<b>Atributo</b>	<b>Parámetros de aceptación</b>		<b>Valor medido</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	
<b>pH</b>	5,7	6,10	5,9
<b>Flow</b>	8	9	8,5
<b>%Sal</b>	1,10	1,20	1,15
<b>Acidez</b>	0,15	0,19	0,17

Fuente: elaboración propia.

##### 4.6.1. **Análisis sensorial**

Para la realización del panel sensorial se reclutó a 30 panelistas no entrenados, a quienes se les realizó una prueba hedónica y para la evaluación de la referencia de frijol volteado y la muestra que fue procesada con distintos parámetros de proceso térmico.

Para la realización de la prueba hedónica de 5 puntos para la evaluación de las muestras, al panelista se le presentaron 3 vasos codificados de forma aleatoria, que contenían la referencia de frijol volteado y las muestras en cuestión. Se solicitó a los panelistas indicar cuánto les agradó la muestra en una escala que comprendió desde “Me agrada mucho” (5 puntos) hasta “Me desagrada mucho” (1 punto). El resultado fue evaluado estadísticamente a través del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existía diferencia significativa entre el promedio de los puntajes asignados a las muestras.

#### 4.6.2. Hipótesis

- Ho: si  $P > \alpha$  no existe diferencia significativa entre la muestra control y la muestra evaluada.
- Ha: si  $P \leq \alpha$  sí existe diferencia significativa entre las muestras.

#### 4.6.3. Diseño de la prueba

En la tabla XI se describen las condiciones ambientales del diseño de la prueba.

Tabla XI. **Condiciones ambientales de la prueba**

<b>Detalle</b>	<b>Diseño</b>
Panelistas	30 consumidores
Luz	Morada en cabina
Diseño	Bloques al azar
Temperatura evaluación	Ambiente

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Muestras evaluadas**

<b>Muestra</b>	<b>Fecha de elaboración</b>
Frijol negro volteado	11-06-2020
Frijol negro volteado	11-06-2020

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Resultados**

<b>Muestra</b>	<b>Promedio</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Diferencia estadísticamente significativa</b>	<b>Puntos por escala hedónica</b>
Frijol negro volteado	2,9	0,182	<b>No</b>	47
Frijol negro volteado	3,7			59

Fuente: elaboración propia.

La tabla XIII, que denota los resultados de una evaluación estadística, indica que la muestra de frijol negro no presentó desaprobación sensorial al consumidor. Al evaluar los datos de la prueba triangular estadísticamente no hubo diferencia significativa entre las muestras evaluadas.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis realizado del proceso térmico para las presentaciones de 8, 35 y 104 oz presentó un amplio margen de optimización en distintas etapas del proceso.

El estudio consistió en enfocar los recursos a la evaluación de las etapas de sostenimiento y enfriamiento de los procesos térmicos. Inicialmente se desarrolló un estudio de distribución de calor para detectar los puntos fríos de las autoclaves de cascada con los que opera la planta. Fue necesario determinarlos para enfocarse en los mismos y evaluar los puntos donde la transferencia de calor se realiza con mayor dificultad.

Para determinar los puntos de optimización del proceso térmico se estableció la letalidad que las condiciones programadas alcanzan. Se comprobó mediante cálculos matemáticos que existe un sobredimensionamiento en los procesos térmicos con oportunidad de disminución de tiempo en las etapas de sostenimiento y enfriamiento. El valor recomendado para garantizar la inocuidad del frijol es de 7 minutos de letalidad. Se recomendó manejar un valor de 20 minutos, que aún presenta margen de mejora, pero que al mismo tiempo representa un cambio drástico de cultura y análisis de la empresa, por lo que esta transición debe hacerse de forma paulatina y controlada involucrando a los distintos equipos implicados para garantizar la correcta implementación de cambios de tanta importancia.

Además de la reducción de tiempo de sostenimiento, se evidenció por medio de pruebas experimentales que existe un efecto significativo en la



reducción de tiempo de enfriamiento de los procesos térmicos al suministrar agua proveniente del equipo *chiller* en lugar de las torres de enfriamiento utilizadas actualmente. Este efecto es provocado por la capacidad del *chiller* de enfriar a temperaturas más bajas. A pesar de que utilizar agua de este sistema es más caro, la compensación generada por el aumento de disponibilidad de autoclaves permite absorber el impacto económico de esta habilitación.

Los nuevos tiempos de proceso térmico recomendados disminuyen más de 20 % el tiempo de esta etapa, lo cual genera un aumento de más de 10 % de disponibilidad de autoclaves, lo que se traduce a más de 300 cajas diarias de producto terminado.

Al finalizar las pruebas experimentales se comprobó por medio de mediciones de laboratorio y pruebas sensoriales que las características del producto terminado no sufrieron cambios, lo que garantiza la integridad de la marca.

## CONCLUSIONES

1. Las condiciones que se debe modificar para garantizar la optimización de los procesos térmicos consisten en reducir el tiempo de sostenimiento y adecuar suministro de agua proveniente del *chiller* para reducir el tiempo de enfriamiento.
2. Los puntos fríos de las autoclaves de cascada se encuentran ubicados en las canastas 2, 3, 4 y 5.
3. Al disminuir el tiempo de sostenimiento existe una reducción de 22 %, 27 % y 20 % en los procesos térmicos de 8,35 y 104 oz, respectivamente.
4. Para optimizar el proceso térmico que garantice el control e integridad del producto se debe iniciar con una reducción de las letalidades, hasta alcanzar un valor de 20 minutos para todas las presentaciones.
5. Se alcanzará un aumento de disponibilidad de 11 %, 14 % y 20 % en 8,35 y 104 oz, respectivamente, al reducir el valor de letalidad.
6. El suministro de agua proveniente del equipo *chiller* presenta el método más eficiente para optimizar los procesos térmicos actuales.



## RECOMENDACIONES

1. Al implementar los cambios en los procesos térmicos, evaluar la disminución del valor de letalidad hasta alcanzar 7 minutos para aumentar la disponibilidad de las autoclaves.
2. Para suministro de agua de *chiller* se debe instalar una tubería de 6" de diámetro para el anillo de envío y retorno, con el fin de evitar caídas de presión hacia las autoclaves.
3. Capacitar al personal sobre la importancia del proceso térmico.
4. Adquirir una bomba de 600 gpm para garantizar el adecuado enfriamiento en el caso extremo de coincidir tres autoclaves en esta etapa.
5. Implementar cambios en programación de procesos térmicos lo más pronto posible, para aumentar disponibilidad de equipos y generar productividades al aumentar capacidad de producción diaria.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUADO, José; CALLES, José; CANIZARES, Pablo; LÓPEZ, Baldomero; RODRÍGUEZ, Francisco; SANTOS, Aurora; SERRANO, David. *Ingeniería de la Industria alimentaria, volumen I Conceptos básicos*. Madrid, España: Editorial Síntesis S.A., 1999. 285 p.
2. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 995 p.
3. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: Editorial CECSA, 1998. 1024 p.
4. RODRÍGUEZ, Francisco; AGUADO, José; CALLES, José; CANIZARES, Pablo; LÓPEZ, Baldomero; SANTOS, Aurora; SERRANO, David. *Ingeniería de la industria alimentaria vol. III Operaciones de conservación de alimentos*. Madrid, España: Editorial Síntesis S.A., 2002. 247 p.
5. SINGH, Paul; HELDMAN, Dennis. *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1998. 541 p.



## APÉNDICES

**Apéndice 1. Datos calculados en la medición de temperatura para determinación puntos fríos**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Logger 1 (°C)</b>	<b>Logger 2 (°C)</b>	<b>Logger 3 (°C)</b>	<b>Logger 4 (°C)</b>	<b>Logger 5 (°C)</b>
0,00	25,69	25,62	25,79	25,79	25,92
0,50	25,65	25,56	25,7	25,69	25,82
1,00	25,59	25,54	25,68	25,68	25,81
1,50	25,54	25,45	25,59	25,5	25,71
2,00	25,52	25,41	25,55	25,45	25,69
2,50	25,5	25,4	25,5	25,39	25,67
3,00	25,37	25,29	25,4	25,27	25,55
3,50	25,36	25,26	28,72	25,27	25,55
4,00	25,4	26,21	27,87	25,23	25,5
4,50	25,32	28,12	27,45	25,55	25,44
5,00	25,36	27,74	27,19	28,84	25,54
5,50	29,19	27,51	27,05	27,98	25,41
6,00	28,18	27,32	26,94	27,66	25,4
6,50	27,75	27,18	26,85	27,44	27,79
7,00	27,37	27,02	26,71	27,21	28,31
7,50	27,19	26,92	26,64	27,46	27,67
8,00	27,14	26,8	26,5	27,17	27,41
8,50	26,88	26,74	26,38	26,99	27,32
9,00	26,79	26,6	26,29	26,74	27,19
9,50	26,58	26,54	26,26	27,23	26,93
10,00	26,58	26,45	26,15	29,01	26,85
10,50	26,49	26,32	26,11	29,05	26,75
11,00	26,36	28,49	25,98	28,12	26,63
11,50	26,92	28,26	25,89	27,82	26,47
12,00	28,15	27,43	25,82	27,49	26,41
12,50	27,54	27,13	25,79	27,33	26,35
13,00	27,2	27,04	25,64	27,28	26,21
13,50	26,97	26,92	25,66	27,17	26,1
14,00	26,86	26,81	25,59	27	26,05
14,50	26,72	26,67	25,55	26,88	25,99
15,00	26,58	26,55	25,47	26,76	25,88
15,50	26,45	26,43	25,4	26,63	25,74
16,00	26,36	26,39	25,41	26,52	25,79
16,50	26,31	26,35	25,37	26,44	27,28



Continuación de apéndice 1.

17,00	26,21	26,25	25,32	26,32	28,26
17,50	26,09	26,18	25,27	26,48	29,42
18,00	26,03	26,12	25,22	26,99	29,83
18,50	25,96	26,67	26,87	26,91	28,85
19,00	25,89	26,83	29,36	26,76	28,39
19,50	25,78	26,74	30,07	26,65	28,19
20,00	25,99	26,66	29,16	26,56	28,12
20,50	26,64	26,57	28,58	26,47	27,88
21,00	26,63	26,48	28,34	26,4	27,79
21,50	26,5	26,39	28,63	26,34	27,63
22,00	26,36	26,32	29,81	26,26	27,6
22,50	26,3	26,26	28,91	26,19	28,33
23,00	26,25	26,2	28,6	26,12	28,21
23,50	26,21	26,11	28,49	26,07	28,2
24,00	26,18	26,03	28,07	26,02	28,05
24,50	26,12	25,98	28,03	25,97	28,03
25,00	26,04	25,93	27,94	25,92	28
25,50	26,01	25,87	27,79	25,87	27,84
26,00	25,96	25,82	27,65	25,82	27,77
26,50	25,9	25,76	27,55	25,78	27,69
27,00	25,87	25,71	27,41	25,74	27,58
27,50	25,83	25,66	27,29	25,7	27,5
28,00	25,79	25,62	27,18	25,65	27,41
28,50	25,74	25,57	27,06	25,62	27,32
29,00	25,7	25,54	26,89	25,58	27,25
29,50	25,66	25,48	26,75	25,54	27,16
30,00	25,62	25,46	26,77	25,51	27,05
30,50	25,59	25,42	26,72	25,48	26,94
31,00	25,55	25,38	26,57	25,44	26,94
31,50	25,52	25,34	26,36	25,4	26,88
32,00	25,48	25,31	26,3	25,37	26,8
32,50	25,46	25,27	26,26	25,34	26,72
33,00	25,42	25,24	26,14	25,31	26,66
33,50	25,38	25,22	26,06	25,27	26,58
34,00	25,36	25,18	26	25,25	26,55
34,50	25,33	25,15	25,96	25,22	26,46
35,00	25,31	25,12	25,83	25,18	26,42
35,50	25,28	25,09	25,77	25,16	26,37
36,00	25,26	25,07	25,69	25,13	26,32
36,50	25,24	25,04	25,63	25,12	26,27
37,00	25,22	25,01	25,58	25,08	26,21
37,50	25,19	24,99	25,47	25,07	26,16
38,00	25,15	24,98	25,55	25,06	26,07
38,50	25,13	24,96	25,46	25,04	26,06
39,00	25,12	24,94	25,41	25,02	26,05
39,50	25,1	24,91	25,37	24,99	26
40,00	25,08	24,9	25,4	24,98	25,96

Continuación de apéndice 1.

40,50	25,05	24,89	25,37	24,97	25,92
41,00	25,04	24,86	25,32	24,94	25,9
41,50	25,01	24,85	25,25	24,93	25,87
42,00	25	24,84	25,22	24,9	25,83
42,50	24,98	24,81	25,18	24,89	25,79
43,00	24,96	24,8	25,16	24,86	25,77
43,50	24,95	24,79	25,12	24,85	25,74
44,00	24,93	24,77	25,12	24,84	25,72
44,50	24,91	24,75	25,09	24,83	25,68
45,00	24,9	24,73	25	24,81	25,64
45,50	24,89	24,72	25	24,8	25,63
46,00	24,86	24,71	24,99	24,79	25,6
46,50	24,86	24,7	24,98	24,78	25,58
47,00	24,89	24,71	25,02	24,8	25,53
47,50	24,85	24,7	24,99	24,79	25,5
48,00	24,84	24,68	24,97	24,78	25,49
48,50	24,84	24,68	24,94	24,78	25,46
49,00	24,81	24,67	24,94	24,78	25,48
49,50	24,8	24,66	24,77	24,75	25,3
50,00	24,67	24,53	24,56	24,61	24,97
50,50	24,8	24,67	24,86	24,72	25,27
51,00	24,86	24,76	24,95	24,8	25,34
51,50	25,01	24,95	25,25	24,97	25,49
52,00	24,99	24,99	25,12	24,93	25,43
52,50	25,04	25	25,22	24,95	25,51
53,00	25,05	25,03	25,22	24,97	25,53
53,50	25,13	25,04	25,3	25	25,55
54,00	25,17	25,08	25,33	25,03	25,58
54,50	25,21	25,12	25,39	25,07	25,64
55,00	25,28	25,15	25,45	25,11	25,69
55,50	25,32	25,21	25,49	25,14	25,74
56,00	25,33	25,26	25,52	25,18	25,73
56,50	25,38	25,29	25,55	25,21	25,79
57,00	25,87	25,31	25,6	25,22	25,92
57,50	25,7	25,36	25,73	25,27	26,14
58,00	25,78	25,4	25,77	25,31	26,19
58,50	25,93	25,43	25,78	25,35	26,29
59,00	26,08	25,47	25,78	25,39	26,29
59,50	26,08	25,6	26,01	25,53	26,37
60,00	26,15	25,73	26,1	25,65	26,43
60,50	26,2	25,83	26,22	25,76	26,53
61,00	26,25	25,93	26,38	25,84	26,61
61,50	26,3	25,96	26,25	25,81	26,72
62,00	26,35	25,97	26,26	25,79	26,76
62,50	26,4	25,99	26,28	25,82	26,81
63,00	26,45	26,02	26,28	25,83	26,84
63,50	26,49	26,03	26,26	25,86	26,86

Continuación de apéndice 1.

64,00	26,55	26,06	26,26	25,87	26,9
64,50	26,6	26,08	26,26	25,88	26,97
65,00	26,64	26,11	26,28	25,9	26,94
65,50	26,67	26,12	26,28	25,91	27
66,00	26,71	26,15	26,29	25,92	27,03
66,50	26,74	26,06	26,26	25,93	27,07
67,00	26,77	25,97	26,24	25,93	27,12
67,50	26,81	25,92	26,24	25,93	27,17
68,00	26,83	25,88	26,22	25,93	27,21
68,50	26,86	25,8	26,2	25,92	27,26
69,00	26,88	25,76	26,19	25,92	27,21
69,50	26,91	25,7	26,17	25,92	27,26
70,00	26,93	25,64	26,16	25,91	27,27
70,50	26,96	25,68	26,19	25,93	27,22
71,00	26,98	25,74	26,2	25,95	27,16
71,50	27,01	25,76	26,19	25,95	27,16
72,00	27,04	25,74	26,19	25,96	27,19
72,50	27,05	25,82	26,21	25,97	27,18
73,00	27,07	25,83	26,21	25,97	27,26
73,50	27,1	25,84	26,24	25,98	27,37
74,00	27,11	25,85	26,25	26	27,51
74,50	27,14	25,88	26,26	26,01	27,59
75,00	27,71	25,9	26,28	26,02	29,14
75,50	27,86	25,94	26,29	26,04	29,09
76,00	27,96	25,97	26,3	26,06	29,16
76,50	28,03	25,99	26,31	26,07	29,19
77,00	28,09	26,02	26,33	26,1	29,19
77,50	28,15	26,04	26,35	26,11	29,19
78,00	28,88	26,07	26,35	26,12	29,46
78,50	28,91	26,11	26,38	26,14	29,42
79,00	29,01	26,13	26,38	26,16	29,38
79,50	29,01	26,15	26,43	26,18	29,38
80,00	29,01	26,17	26,42	26,19	29,35
80,50	29,02	26,2	26,45	26,21	29,35
81,00	29,02	26,22	26,45	26,23	29,35
81,50	29,03	26,25	26,45	26,24	29,31
82,00	29,05	26,27	26,5	26,25	29,28
82,50	29,05	26,3	26,53	26,26	29,26
83,00	29,05	26,32	26,54	26,28	29,24
83,50	29,06	26,34	26,58	26,29	29,23
84,00	29,06	26,38	26,53	26,3	29,22
84,50	29,07	26,4	26,59	26,32	29,21
85,00	29,07	26,41	26,61	26,33	29,21
85,50	29,07	26,45	26,61	26,34	29,21
86,00	29,07	26,46	26,58	26,35	29,19
86,50	29,06	26,48	26,59	26,37	29,19
87,00	29,06	26,5	26,66	26,37	29,19

Continuación de apéndice 1.

87,50	29,06	26,53	26,64	26,38	29,18
88,00	29,06	26,54	26,63	26,39	29,18
88,50	29,06	26,57	26,67	26,4	29,17
89,00	29,05	26,59	26,68	26,4	29,17
89,50	29,05	26,6	26,66	26,42	29,16
90,00	29,05	26,62	26,71	26,43	29,16
90,50	29,06	26,63	26,76	26,43	29,16
91,00	29,06	26,64	26,73	26,44	29,14
91,50	29,06	26,66	26,71	26,44	29,14
92,00	29,06	26,67	26,75	26,46	29,14
92,50	29,06	26,69	26,77	26,46	29,14
93,00	29,06	26,71	26,75	26,47	29,13
93,50	29,06	26,72	26,77	26,47	29,13
94,00	29,06	26,73	26,82	26,48	29,13
94,50	29,06	26,74	26,78	26,48	29,13
95,00	29,06	26,76	26,77	26,48	29,13
95,50	29,06	26,78	26,8	26,49	29,08
96,00	29,06	26,8	26,82	26,51	29,05
96,50	29,06	26,78	26,75	26,48	29,05
97,00	29,05	26,8	26,8	26,49	29,05
97,50	29,03	26,81	26,8	26,51	29,04
98,00	29,03	26,82	26,8	26,51	29,04
98,50	29,03	26,82	26,8	26,51	28,99
99,00	29,03	26,83	26,81	26,51	28,79
99,50	29,03	26,85	26,86	26,52	28,84
100,00	29,01	27,06	26,86	26,52	28,9
100,50	28,29	27,97	27,6	26,9	28,3
101,00	28,24	28,73	28,26	27,17	29,19
101,50	28,54	29,84	29,16	27,6	30,31
102,00	28,94	34,08	31,51	28,7	34,47
102,50	29,71	35,95	33,8	29,74	37,2
103,00	31,53	38,85	36,51	31,31	40,36
103,50	34,98	41,12	39,14	32,7	43,05
104,00	38,86	44,68	41,91	34,55	45,86
104,50	43,06	47,36	45,03	36,61	47,53
105,00	46,48	50,45	48,2	39,44	51,3
105,50	49,37	52,73	51,11	41,92	54,35
106,00	53,04	55,28	53,79	44,96	56,31
106,50	56,64	58,54	56,76	47,99	59,28
107,00	59,44	61,46	59,52	50,82	61,59
107,50	62,4	63,83	61,89	53,38	63,43
108,00	64,55	66,46	65,26	55,89	64,84
108,50	66,56	69,63	67,22	59,03	66,98
109,00	68,89	72	69,3	61,68	68,53
109,50	71,55	74,16	72,08	64,06	72,12
110,00	73,71	76,26	74,44	66,94	74,38
110,50	76,68	79,46	76,04	69,68	76,76

Continuación de apéndice 1.

111,00	79,02	81,36	78,05	71,5	78,62
111,50	81,15	83,53	80,23	73,55	81,05
112,00	83,06	85,29	82,07	76,67	83,43
112,50	84,67	87,1	84,91	78,86	85,33
113,00	86,03	88,81	86,09	81,59	86,18
113,50	87,91	90,63	87,7	83,97	88,39
114,00	89,74	92,55	90,13	85,92	90,28
114,50	90,95	94,16	91,5	87,21	91,83
115,00	93,1	96,05	93,1	89,75	93,89
115,50	94,56	97,46	95,11	91,62	95,65
116,00	96,16	99,22	96,45	93,34	97,5
116,50	97,68	101,02	98,84	95,41	99,33
117,00	99,45	102,85	100,49	97,18	100,74
117,50	101,08	104,39	101,77	99,61	102,5
118,00	102,06	105,52	103,74	100,94	103,92
118,50	103,47	107,24	105,27	102,43	105,77
119,00	105,31	108,79	106,89	103,27	107,35
119,50	107,43	109,85	108,64	104,81	108,7
120,00	108,63	111,47	109,86	106,24	110,01
120,50	110,25	112,82	111,3	108,11	111,37
121,00	111,58	114,36	112,39	109,52	112,56
121,50	113,26	115,71	114,21	111,09	114,15
122,00	114,55	116,99	115,87	112,7	115,27
122,50	115,47	117,81	116,8	114,41	116,58
123,00	116,39	119,32	118,37	115,58	117,96
123,50	117,75	120,18	119,63	117,18	119,21
124,00	118,98	121,4	120,3	118,13	119,95
124,50	120,07	121,53	121,1	119,15	120,61
125,00	120,66	121,56	121,42	119,65	121,11
125,50	121,15	122,41	121,83	120,64	121,62
126,00	121,42	122,77	122,17	121,16	121,97
126,50	121,7	123,03	122,32	121,29	122,22
127,00	121,84	122,98	122,38	121,63	122,32
127,50	121,94	122,99	122,5	121,78	122,35
128,00	121,97	123,03	122,56	122,04	122,39
128,50	122	122,99	122,62	122,03	122,4
129,00	121,92	123	122,62	122,17	122,43
129,50	121,95	123	122,67	122,3	122,44
130,00	121,94	122,99	122,63	122,41	122,44
130,50	121,91	122,96	122,67	122,52	122,43
131,00	121,91	122,96	122,7	122,5	122,45
131,50	121,94	122,95	122,71	122,53	122,47
132,00	121,97	122,83	122,63	122,53	122,37
132,50	121,87	120,76	121,02	121,45	121,82
133,00	121,76	119,22	118,79	120,43	120,16
133,50	121	117,3	117,18	118,89	118,77
134,00	119,84	115,41	115,4	117,59	117,27

Continuación de apéndice 1.

134,50	118,77	113,88	113,45	116,27	115,69
135,00	117,74	111,98	111,67	115,14	114,19
135,50	116,3	110,12	109,82	113,15	111,95
136,00	114,7	108,53	108,39	111,41	110,6
136,50	113,3	106,77	107,01	109,72	108,59
137,00	111,44	105,17	105,84	108,47	106,65
137,50	110,5	103,46	104,24	107,18	104,88
138,00	108,38	102,05	102,66	106,08	103,6
138,50	106,71	100,5	101,23	104,34	102,66
139,00	105,27	98,85	99,98	102,83	101,14
139,50	104,21	97,5	98,37	101,12	99,52
140,00	102,49	95,68	96,83	99,42	97,51
140,50	100,59	94,43	95,6	98,3	96,76
141,00	99,35	92,98	94,16	96,7	95,46
141,50	98,27	91,7	92,77	95,79	93,83
142,00	97,03	90,32	91,41	94,3	92,86
142,50	95,82	89,07	90,1	92,8	91,41
143,00	94,12	87,86	88,87	91,47	90,73
143,50	92,32	86,54	87,75	90,32	88,52
144,00	90,52	85,36	86,45	88,99	87,13
144,50	89,67	84,29	85,33	87,73	85,67
145,00	88,74	83,18	84,17	86,73	84,45
145,50	87,6	82,07	83,06	85,87	83,17
146,00	86,43	80,91	82,03	85,12	82,22
146,50	85,47	79,75	80,81	83,86	80,79
147,00	83,59	78,8	80,03	82,89	79,77
147,50	82,62	77,67	78,96	81,82	79,48
148,00	80,88	76,88	77,82	80,84	78,25
148,50	80,2	75,79	76,86	79,92	76,85
149,00	78,82	74,87	75,88	79,01	75,75
149,50	78,01	73,94	74,94	78,09	74,96
150,00	77,03	72,96	74,04	77,46	74,05
150,50	76,11	72,16	73,06	76,33	73,31
151,00	75,4	71,18	72,11	75,43	72,46
151,50	74,51	70,38	71,27	74,78	71,66
152,00	73,64	69,56	70,63	73,76	70,77
152,50	72,78	68,68	69,69	72,74	69,9
153,00	72,08	67,91	69,03	72,08	69,18
153,50	71,29	67,13	68,25	71,15	68,45
154,00	70,48	66,36	67,34	70,4	67,5
154,50	69,65	65,63	66,65	69,7	66,49
155,00	68,81	64,94	65,97	69,02	65,77
155,50	67,04	64,21	65,17	68,32	65,11
156,00	65,5	63,47	64,51	67,56	64,81
156,50	65,44	62,79	63,86	66,8	63,87
157,00	64,02	62,13	63,06	66,09	62,85
157,50	63,85	61,49	62,47	65,55	62,21

Continuación de apéndice 1.

158,00	63,64	60,83	61,82	64,83	61,56
158,50	62,74	60,12	61,17	64,18	61,11
159,00	62,23	59,49	60,59	63,38	60,39
159,50	61,55	58,9	59,91	62,78	59,85
160,00	60,97	58,31	59,35	62,18	59,16
160,50	59,73	57,72	58,8	61,55	58,63
161,00	59,43	57,15	58,21	60,91	57,92
161,50	58,84	56,72	57,67	60,11	57,33
162,00	58	56,16	57,1	59,64	56,8
162,50	57,21	55,62	56,56	59,17	56,27
163,00	56,82	55,11	56,06	58,64	55,81
163,50	55,96	54,63	55,5	58,03	55,27
164,00	55,53	54,09	55,09	57,42	54,83
164,50	55,18	53,62	54,64	56,87	54,28
165,00	54,74	53,13	54,02	56,34	53,69
165,50	54,31	52,67	53,57	55,82	53,25
166,00	54,02	52,23	53,16	55,35	52,78
166,50	53,91	51,78	52,66	54,92	52,3
167,00	53,01	51,33	52,21	54,44	52,06
167,50	52,46	50,97	51,8	54,02	51,51
168,00	52,43	50,51	51,36	53,66	51,11
168,50	51,93	50,08	50,89	52,98	50,75
169,00	51,34	49,74	50,49	52,67	50,38
169,50	50,93	49,34	50,17	52,3	49,92
170,00	50,57	48,97	49,77	51,94	49,48
170,50	50,43	48,6	49,34	51,46	49,09
171,00	49,73	48,29	49,05	51,07	48,62
171,50	49,24	47,9	48,68	50,66	48,36
172,00	49,17	47,56	48,31	50,41	47,98
172,50	48,74	47,24	47,95	50	47,68
173,00	48,51	46,88	47,59	49,56	47,35
173,50	48,15	46,56	47,27	49,19	46,94
174,00	47,92	46,22	46,95	48,86	46,68
174,50	47,94	45,92	46,58	48,49	46,31
175,00	47,32	45,58	46,24	48,01	46,07
175,50	46,73	45,3	45,95	47,65	45,71
176,00	46,5	45	45,69	47,27	45,43
176,50	46,14	44,69	45,44	46,98	45,11
177,00	46,07	44,45	45,14	46,59	44,84
177,50	45,44	44,14	44,83	46,28	44,6
178,00	45,17	43,87	44,51	45,98	44,37
178,50	45,01	43,58	44,25	45,66	44,11
179,00	44,95	43,31	43,97	45,39	43,78
179,50	44,47	43,05	43,66	45	43,46
180,00	44,44	42,81	43,43	44,73	43,28
180,50	44,11	42,57	43,16	44,52	43,02
181,00	43,87	42,31	42,93	44,29	42,73

Continuación de apéndice 1.

181,50	43,36	42,07	42,67	44,06	42,47
182,00	43,21	41,95	42,17	43,56	42,38
182,50	42,61	42,26	42,28	43,63	42,37
183,00	42,64	42,35	42,44	43,79	42,41

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Letalidad 8 oz**

Tiempo	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T Promedio (°C)	Fo (min)
0	55,65	43,86	54,13	56,23	
0,5	55,52	32,5	54,22	56,15	0,0008
1	55,49	36,42	54,27	56,14	0,0015
1,5	55,44	39,32	54,08	56,09	0,0023
2	55,34	44,9	53,64	55,97	0,0030
2,5	55,17	49,18	53,17	55,77	0,0037
3	54,94	54,15	52,8	55,47	0,0045
3,5	54,67	59,45	52,57	55,12	0,0052
4	54,41	63,45	52,51	54,76	0,0058
4,5	54,18	67,75	52,66	54,46	0,0065
5	54	71,29	52,98	54,23	0,0071
5,5	53,93	74,63	53,45	54,08	0,0077
6	53,95	78,26	54,07	54,08	0,0083
6,5	54,09	81,44	54,83	54,2	0,0090
7	54,35	84,55	55,71	54,47	0,0096
7,5	54,74	87,53	56,7	54,85	0,0102
8	55,24	90,14	57,79	55,39	0,0109
8,5	55,88	92,92	58,98	56,05	0,0116
9	56,64	95,55	60,24	56,83	0,0124
9,5	57,52	96,99	61,59	57,72	0,0133
10	58,51	99,85	63,01	58,72	0,0142
10,5	59,62	99,42	64,5	59,81	0,0152
11	60,83	97,38	66,04	61	0,0164
11,5	62,11	97,11	67,53	62,26	0,0177
12	63,42	102,07	68,95	63,56	0,0192
12,5	64,76	103,77	70,31	64,9	0,0209
13	66,1	103,44	71,69	66,24	0,0228
13,5	67,46	100,82	73,12	67,59	0,0251
14	68,84	101,48	74,55	68,96	0,0276
14,5	70,21	106,07	75,89	70,33	0,0305
15	71,56	108,24	77,19	71,68	0,0339
15,5	72,91	108,63	78,51	73,03	0,0377



Continuación de apéndice 2.

16	74,25	106,43	79,88	74,37	0,0421
16,5	75,58	106,15	81,24	75,69	0,0471
17	76,93	110	82,54	77,01	0,0528
17,5	78,24	111,41	83,77	78,31	0,0593
18	79,52	112,76	85,02	79,6	0,0667
18,5	80,8	111,3	86,33	80,88	0,0751
19	82,1	110,96	87,64	82,15	0,0847
19,5	83,37	113,63	88,87	83,39	0,0955
20	84,63	117,61	90,06	84,64	0,1078
20,5	85,88	117,77	91,27	85,87	0,1217
21	87,11	116,49	92,52	87,09	0,1374
21,5	88,36	116,39	93,79	88,3	0,1552
22	89,61	118,8	94,99	89,49	0,1752
22,5	90,84	120,49	96,14	90,68	0,1977
23	92,05	122,06	97,3	91,86	0,2231
23,5	93,25	122,56	98,48	93,03	0,2516
24	94,45	122,23	99,7	94,19	0,2836
24,5	95,65	123,52	100,89	95,33	0,3196
25	96,85	125,54	102,01	96,49	0,3599
25,5	98,02	123,17	103,13	97,65	0,4052
26	99,17	123,87	104,22	98,77	0,4560
26,5	100,29	124,45	105,24	99,88	0,5127
27	101,38	124,61	106,22	100,98	0,5761
27,5	102,45	124,13	107,17	102,07	0,6468
28	103,48	123,79	108,07	103,08	0,7253
28,5	104,47	123,45	108,91	104,06	0,8121
29	105,43	123,37	109,7	105,04	0,9077
29,5	106,33	123,21	110,42	105,96	1,0129
30	107,18	123,36	111,1	106,85	1,1280
30,5	107,99	123,4	111,74	107,69	1,2536
31	108,76	123,53	112,34	108,5	1,3899
31,5	109,49	123,59	112,93	109,26	1,5373
32	110,19	123,67	113,48	109,97	1,6960
32,5	110,85	123,45	114,02	110,63	1,8659
33	111,48	123,5	114,53	111,29	2,0473
33,5	112,08	123,65	115,02	111,92	2,2409
34	112,66	123,49	115,48	112,52	2,4467
34,5	113,19	123,28	115,91	113,08	2,6648
35	113,72	123,36	116,32	113,61	2,8952
35,5	114,2	123,38	116,7	114,12	3,1378
36	114,66	123,48	117,05	114,6	3,3927
36,5	115,11	123,44	117,4	115,06	3,6598
37	115,53	123,46	117,72	115,49	3,9391
37,5	115,92	123,48	118,03	115,9	4,2304
38	116,29	123,36	118,33	116,29	4,5336
38,5	116,66	123,57	118,59	116,66	4,8485
39	116,99	123,37	118,87	117	5,1748

Continuación de apéndice 2.

39,5	117,32	123,5	119,12	117,34	5,5124
40	117,62	123,38	119,34	117,66	5,8612
40,5	117,91	123,32	119,56	117,96	6,2211
41	118,18	123,36	119,77	118,24	6,5916
41,5	118,45	123,4	119,97	118,51	6,9723
42	118,7	123,4	120,15	118,76	7,3631
42,5	118,93	123,37	120,34	119,01	7,7638
43	119,15	123,34	120,5	119,23	8,1740
43,5	119,38	123,31	120,67	119,46	8,5936
44	119,58	123,31	120,81	119,65	9,0220
44,5	119,77	123,34	120,94	119,85	9,4589
45	119,94	123,32	121,09	120,04	9,9044
45,5	120,11	123,27	121,21	120,22	10,3582
46	120,29	123,34	121,32	120,38	10,8197
46,5	120,44	123,29	121,43	120,53	11,2885
47	120,59	123,31	121,53	120,69	11,7646
47,5	120,72	123,29	121,64	120,82	12,2477
48	120,85	123,37	121,73	120,97	12,7375
48,5	120,98	123,45	121,82	121,09	13,2341
49	121,1	123,42	121,92	121,2	13,7363
49,5	121,22	123,31	121,99	121,32	14,2444
50	121,32	123,32	122,07	121,43	14,7583
50,5	121,43	123,33	122,15	121,53	15,2777
51	121,53	123,29	122,22	121,63	15,8023
51,5	121,63	123,33	122,28	121,73	16,3322
52	121,72	123,34	122,35	121,81	16,8668
52,5	121,8	123,25	122,4	121,9	17,4060
53	121,88	123,28	122,46	121,98	17,9499
53,5	121,96	123,36	122,51	122,05	18,4978
54	122,02	123,28	122,56	122,12	19,0495
54,5	122,09	123,24	122,6	122,19	19,6052
55	122,15	123,19	122,64	122,26	20,1647
55,5	122,22	123,25	122,68	122,31	20,7276
56	122,27	123,29	122,72	122,36	21,2933
56,5	122,32	123,33	122,76	122,41	21,8619
57	122,38	123,36	122,78	122,47	22,4336
57,5	122,43	123,34	122,82	122,52	23,0085
58	122,48	123,38	122,86	122,56	23,5859
58,5	122,52	123,33	122,89	122,6	24,1657
59	122,57	123,31	122,93	122,65	24,7480
59,5	122,61	123,34	122,96	122,69	25,3330
60	122,65	123,33	122,98	122,73	25,9204
60,5	122,69	123,27	123,01	122,76	26,5098
61	122,73	123,27	123,03	122,8	27,1012
61,5	122,76	123,32	123,05	122,83	27,6948
62	122,8	123,24	123,07	122,86	28,2901
62,5	122,82	123,25	123,09	122,89	28,8872

Continuación de apéndice 2.

63	122,85	123,15	123,1	122,91	29,4858
63,5	122,88	122,9	123,11	122,94	30,0859
64	122,9	122,6	123,11	122,97	30,6879
64,5	122,92	122,02	123,11	122,98	31,2910
65	122,93	120,98	123,07	123,01	31,8953
65,5	122,92	119,33	123,01	123,01	32,5005
66	122,89	116,27	122,86	123,01	33,1058
66,5	122,81	113,91	122,6	122,98	33,7101
67	122,67	110,6	122,22	122,93	34,3120
67,5	122,44	108,18	121,68	122,81	34,9088
68	122,11	107,74	121,03	122,62	35,4965
68,5	121,71	106,38	120,35	122,37	36,0714
69	121,25	102,7	119,67	122,03	36,6296
69,5	120,73	98,88	118,92	121,63	37,1676
70	120,15	97,72	118,06	121,15	37,6824
70,5	119,48	95,5	117,11	120,61	38,1717
71	118,75	93,13	116,08	120	38,6337
71,5	117,93	92,29	114,99	119,3	39,0665
72	117,05	89,18	113,88	118,54	39,4689
72,5	116,12	87,12	112,72	117,7	39,8403
73	115,14	85,85	111,53	116,81	40,1811
73,5	114,1	83,9	110,3	115,85	40,4917
74	113,02	81,07	109,03	114,83	40,7732
74,5	111,91	80,21	107,73	113,76	41,0267
75	110,74	80,48	106,4	112,66	41,2542
75,5	109,55	80,81	105,08	111,5	41,4574
76	108,35	80,72	103,82	110,31	41,6381
76,5	107,17	80,73	102,65	109,1	41,7984
77	106,02	78,67	101,55	107,89	41,9404
77,5	104,89	77,44	100,48	106,7	42,0664
78	103,78	75,65	99,4	105,52	42,1783
78,5	102,67	75,52	98,28	104,36	42,2778
79	101,56	73,56	97,14	103,21	42,3664
79,5	100,44	71,98	95,99	102,06	42,4455
80	99,31	72,87	94,86	100,91	42,5159
80,5	98,2	70,89	93,74	99,78	42,5787
81	97,08	70,18	92,62	98,64	42,6349
81,5	95,97	68,22	91,5	97,51	42,6849
82	94,87	67,22	90,38	96,39	42,7297
82,5	93,76	66,1	89,26	95,27	42,7697
83	92,65	65,55	88,15	94,14	42,8055
83,5	91,55	64,93	87,04	93,03	42,8374
84	90,44	62,87	85,94	91,91	42,8660
84,5	89,35	62,09	84,85	90,79	42,8916
85	88,26	61,1	83,76	89,69	42,9145
85,5	87,16	60,64	82,68	88,6	42,9350
86	86,09	59,8	81,62	87,49	42,9533

Continuación de apéndice 2.

86,5	85,01	58,27	80,55	86,4	42,9698
87	83,93	57,98	79,49	85,31	42,9845
87,5	82,87	56,96	78,46	84,24	42,9978
88	81,82	56,08	77,42	83,16	43,0097
88,5	80,76	54,8	76,4	82,1	43,0204
89	79,73	54,09	75,39	81,05	43,0300
89,5	78,69	53,69	74,38	80	43,0386
90	77,67	52,56	73,38	78,96	43,0464
90,5	76,66	51,81	72,39	77,93	43,0535
91	75,65	51,27	71,42	76,9	43,0598
91,5	74,65	51,23	70,45	75,89	43,0655
92	73,67	50,14	69,49	74,9	43,0707
92,5	72,69	49,25	68,56	73,9	43,0754
93	71,73	48,8	67,64	72,94	43,0797
93,5	70,77	47,98	66,73	71,97	43,0835
94	69,84	47,49	65,84	71	43,0870
94,5	68,91	47,25	64,97	70,06	43,0902
95	68,01	46,74	64,1	69,13	43,0931
95,5	67,12	46,67	63,26	68,21	43,0958
96	66,24	45,68	62,44	67,31	43,0982
96,5	65,38	45,69	61,64	66,43	43,1004
97	64,54	45,1	60,86	65,56	43,1024
97,5	63,72	44,95	60,08	64,7	43,1043
98	62,9	44,48	59,35	63,87	43,1060
98,5	62,11	44,18	58,62	63,06	43,1076
99	61,35	43,96	57,91	62,26	43,1090
99,5	60,59	43,95	57,23	61,47	43,1103
100	59,85	43,59	56,56	60,71	43,1116
100,5	59,13	43,1	55,92	59,97	43,1127
101	58,44	42,89	55,29	59,25	43,1138
101,5	57,76	42,58	54,67	58,54	43,1148
102	57,1	42,2	54,08	57,85	43,1157
102,5	56,46	41,93	53,5	57,18	43,1166
103	55,83	42,13	52,94	56,52	43,1174
103,5	55,22	41,98	52,39	55,89	43,1182
104	54,63	41,7	51,86	55,28	43,1189
104,5	54,05	41,04	51,35	54,68	43,1195
105	53,49	40,86	50,85	54,1	43,1202
105,5	52,95	41,12	50,36	53,53	43,1208
106	52,42	40,5	49,9	52,98	43,1213
106,5	51,91	40,22	49,44	52,44	43,1219
107	51,4	40,31	48,99	51,93	43,1224
107,5	50,91	40,8	48,55	51,42	43,1229
108	50,44	40,44	48,13	50,93	43,1233
108,5	49,97	39,47	47,72	50,44	43,1238
109	49,52	39,47	47,32	49,98	43,1242
109,5	49,09	39,14	46,94	49,52	43,1246

Continuación de apéndice 2.

110	48,67	38,9	46,55	49,08	43,1250
110,5	48,24	38,77	46,18	48,65	43,1253
111	47,85	39,01	45,82	48,23	43,1257
111,5	47,45	38,42	45,48	47,83	43,1260
112	47,06	38,21	45,13	47,43	43,1263
112,5	46,69	38,14	44,8	47,03	43,1266
113	46,32	38,37	44,48	46,66	43,1269
113,5	45,96	38,04	44,16	46,29	43,1272
114	45,62	37,82	43,85	45,93	43,1275
114,5	45,28	37,49	43,56	45,59	43,1278
115	44,95	37,29	43,26	45,24	43,1280
115,5	44,62	37,2	42,97	44,91	43,1283
116	44,3	37,19	42,69	44,59	43,1285
116,5	43,99	36,97	42,42	44,27	43,1288
117	43,7	36,63	42,15	43,96	43,1290
117,5	43,4	36,88	41,89	43,67	43,1292
118	43,11	36,75	41,63	43,38	43,1294
118,5	42,83	36,35	41,38	43,08	43,1296
119	42,56	36,08	41,14	42,8	43,1298
119,5	42,29	36,05	40,9	42,53	43,1300
120	42,02	35,84	40,67	42,25	43,1302
120,5	41,76	35,99	40,42	41,99	43,1304
121	41,51	35,79	40,21	41,74	43,1306
121,5	41,27	35,56	39,99	41,48	43,1308
122	41,02	35,44	39,77	41,23	43,1309
122,5	40,78	35,26	39,55	41	43,1311
123	40,55	35,26	39,35	40,76	43,1313
123,5	40,32	35,03	39,15	40,53	43,1314
124	40,1	35,3	38,94	40,3	43,1316
124,5	39,89	34,83	38,75	40,08	43,1317
125	39,67	34,83	38,56	39,86	43,1319
125,5	39,46	34,96	38,38	39,64	43,1320
126	39,26	34,73	38,2	39,44	43,1322
126,5	39,07	34,52	38,02	39,24	43,1323
127	38,88	34,56	37,86	39,03	43,1324
127,5	38,68	34,22	37,69	38,84	43,1326
128	38,49	34,18	37,52	38,65	43,1327
128,5	38,31	34,09	37,36	38,47	43,1328
129	38,14	33,98	37,2	38,29	43,1330
129,5	37,97	34,1	37,05	38,11	43,1331
130	37,8	33,81	36,91	37,93	43,1332
130,5	37,64	33,86	36,76	37,77	43,1333
131	37,47	33,65	36,62	37,6	43,1335
131,5	37,32	33,63	36,48	37,44	43,1336
132	37,15	33,49	36,34	37,28	43,1337
132,5	37	33,39	36,2	37,13	43,1338
133	36,86	33,49	36,07	36,98	43,1339

Continuación de apéndice 2.

133,5	36,71	33,31	35,94	36,84	43,1340
134	36,56	33,21	35,81	36,68	43,1341
134,5	36,42	33,11	35,69	36,54	43,1342
135	36,28	33,48	35,56	36,39	43,1344
135,5	36,16	33,98	35,43	36,26	43,1345
136	36,03	34,66	35,33	36,13	43,1346
136,5	35,91	34,96	35,24	36,01	43,1347
137	35,8	35,54	35,15	35,88	43,1348
137,5	35,7	35,93	35,09	35,76	43,1349
138	35,61	35,76	35,04	35,65	43,1350
138,5	35,53	35,63	34,98	35,56	43,1351
139	35,45	35,95	34,93	35,46	43,1352

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. **Letalidad 35 oz**

<b>Tiempo</b>	<b>T1 (°C)</b>	<b>T2 (°C)</b>	<b>T3 (°C)</b>	<b>T Promedio (°C)</b>	<b>Fo (min)</b>
0	62,65	53,9	55,1	58,53	
0,5	66,47	53,82	54,97	58,43	0,0009
1	69,83	53,86	54,87	58,32	0,0017
1,5	73,19	53,99	54,8	58,23	0,0026
2	76,53	54,23	54,79	58,14	0,0034
2,5	79,36	54,58	54,83	58,09	0,0043
3	82,79	55	54,93	58,07	0,0051
3,5	85,63	55,52	55,08	58,08	0,0059
4	88,38	56,11	55,32	58,14	0,0068
4,5	91,18	56,78	55,6	58,26	0,0076
5	93,87	57,5	55,93	58,44	0,0085
5,5	94,68	58,28	56,34	58,66	0,0094
6	92,77	59,13	56,81	58,94	0,0103
6,5	95,93	60,01	57,32	59,29	0,0112
7	98,37	60,92	57,89	59,67	0,0122
7,5	98,09	61,82	58,49	60,11	0,0132
8	96,77	62,72	59,12	60,6	0,0142
8,5	99,66	63,65	59,79	61,13	0,0153
9	101,41	64,57	60,47	61,69	0,0165
9,5	102,15	65,46	61,18	62,27	0,0177
10	101,8	66,36	61,89	62,89	0,0191
10,5	103,71	67,25	62,62	63,53	0,0204
11	105,33	68,17	63,38	64,19	0,0219
11,5	106,67	69,06	64,14	64,86	0,0235

Continuación de apéndice 3.

12	106,99	69,95	64,91	65,56	0,0252
12,5	107,6	70,85	65,7	66,26	0,0271
13	109,36	71,77	66,5	66,97	0,0290
13,5	110,67	72,68	67,31	67,71	0,0312
14	110,92	73,59	68,14	68,44	0,0334
14,5	111,56	74,5	68,96	69,19	0,0359
15	113,15	75,42	69,82	69,95	0,0385
15,5	114,45	76,34	70,67	70,73	0,0414
16	115,51	77,26	71,52	71,5	0,0445
16,5	116,07	78,18	72,39	72,29	0,0478
17	116,86	79,11	73,26	73,08	0,0514
17,5	118,48	80,03	74,16	73,87	0,0553
18	119,5	80,96	75,05	74,67	0,0596
18,5	120,08	81,9	75,95	75,47	0,0641
19	121,04	82,83	76,87	76,28	0,0691
19,5	122,44	83,77	77,81	77,1	0,0745
20	123,52	84,71	78,75	77,91	0,0804
20,5	123,82	85,65	79,72	78,74	0,0867
21	124,59	86,6	80,78	79,57	0,0936
21,5	124,66	87,55	81,94	80,41	0,1011
22	124,4	88,48	83,09	81,25	0,1092
22,5	123,75	89,41	84,23	82,1	0,1181
23	124,11	90,32	85,35	82,94	0,1278
23,5	123,7	91,2	86,44	83,78	0,1383
24	123,09	92,06	87,51	84,62	0,1497
24,5	122,81	92,91	88,52	85,45	0,1621
25	123,14	93,71	89,51	86,29	0,1756
25,5	123,93	94,49	90,43	87,09	0,1903
26	123,11	95,24	91,33	87,89	0,2061
26,5	122,73	95,97	92,2	88,69	0,2233
27	122,64	96,68	93,03	89,45	0,2419
27,5	123,43	97,36	93,83	90,22	0,2620
28	123,64	98,01	94,58	90,96	0,2836
28,5	122,98	98,65	95,31	91,69	0,3069
29	122,67	99,28	96,02	92,39	0,3319
29,5	122,94	99,89	96,71	93,09	0,3587
30	123,53	100,48	97,37	93,77	0,3875
30,5	123,3	101,06	98	94,43	0,4182
31	122,89	101,6	98,62	95,09	0,4510
31,5	122,67	102,15	99,23	95,71	0,4860
32	123,03	102,69	99,81	96,34	0,5232
32,5	123,52	103,2	100,37	96,93	0,5628
33	123,01	103,69	100,91	97,52	0,6048
33,5	122,76	104,18	101,44	98,09	0,6493
34	122,77	104,66	101,97	98,67	0,6965
34,5	123,32	105,12	102,46	99,2	0,7463
35	123,14	105,55	102,95	99,75	0,7989

Continuación de apéndice 3.

35,5	122,78	106	103,42	100,26	0,8543
36	122,67	106,41	103,87	100,78	0,9127
36,5	123,02	106,82	104,33	101,28	0,9741
37	123,07	107,23	104,76	101,76	1,0386
37,5	122,81	107,61	105,18	102,23	1,1063
38	122,65	107,98	105,59	102,7	1,1772
38,5	122,89	108,35	105,99	103,14	1,2514
39	123,18	108,7	106,38	103,59	1,3290
39,5	123,07	109,05	106,75	104	1,4100
40	122,81	109,39	107,13	104,42	1,4944
40,5	122,85	109,71	107,48	104,83	1,5824
41	122,93	110,04	107,84	105,23	1,6740
41,5	123,01	110,35	108,18	105,62	1,7694
42	123,02	110,66	108,52	105,99	1,8684
42,5	122,88	110,94	108,84	106,37	1,9712
43	122,78	111,23	109,16	106,72	2,0778
43,5	122,98	111,52	109,47	107,08	2,1883
44	123,16	111,8	109,77	107,43	2,3027
44,5	122,9	112,06	110,06	107,76	2,4212
45	122,8	112,31	110,35	108,08	2,5435
45,5	122,77	112,57	110,64	108,41	2,6699
46	122,93	112,82	110,91	108,72	2,8003
46,5	122,8	113,05	111,18	109,02	2,9349
47	122,73	113,29	111,44	109,33	3,0736
47,5	122,81	113,51	111,69	109,61	3,2164
48	122,86	113,72	111,94	109,9	3,3634
48,5	122,89	113,95	112,17	110,18	3,5146
49	122,97	114,14	112,4	110,45	3,6700
49,5	122,89	114,35	112,63	110,71	3,8296
50	122,8	114,55	112,85	110,96	3,9933
50,5	122,73	114,75	113,06	111,22	4,1613
51	122,91	114,93	113,29	111,46	4,3335
51,5	123,02	115,11	113,48	111,71	4,5100
52	122,95	115,3	113,69	111,94	4,6907
52,5	122,84	115,47	113,89	112,17	4,8757
53	122,81	115,64	114,09	112,39	5,0649
53,5	122,8	115,81	114,27	112,61	5,2583
54	122,76	115,97	114,45	112,83	5,4559
54,5	122,85	116,12	114,64	113,04	5,6579
55	122,84	116,28	114,81	113,24	5,8641
55,5	122,84	116,43	114,98	113,45	6,0745
56	122,82	116,57	115,15	113,63	6,2891
56,5	122,82	116,72	115,32	113,83	6,5078
57	122,82	116,86	115,48	114,01	6,7307
57,5	122,84	116,99	115,64	114,2	6,9577
58	122,86	117,12	115,79	114,38	7,1890
58,5	122,86	117,25	115,94	114,55	7,4244



Continuación de apéndice 3.

59	122,85	117,39	116,08	114,72	7,6638
59,5	122,85	117,5	116,23	114,89	7,9073
60	122,82	117,62	116,37	115,06	8,1549
60,5	122,8	117,74	116,5	115,22	8,4067
61	122,77	117,86	116,63	115,38	8,6626
61,5	122,73	117,96	116,76	115,52	8,9223
62	122,73	118,08	116,9	115,68	9,1860
62,5	122,74	118,17	117,01	115,82	9,4536
63	122,84	118,28	117,13	115,97	9,7252
63,5	122,78	118,38	117,25	116,1	10,0005
64	122,77	118,48	117,37	116,24	10,2797
64,5	122,76	118,57	117,49	116,37	10,5626
65	122,77	118,66	117,59	116,5	10,8492
65,5	122,82	118,75	117,7	116,64	11,1397
66	123,06	118,84	117,8	116,75	11,4339
66,5	122,91	118,92	117,91	116,87	11,7314
67	122,85	119,01	118,01	116,99	12,0326
67,5	122,77	119,11	118,12	117,11	12,3374
68	122,7	119,19	118,22	117,23	12,6458
68,5	122,67	119,26	118,31	117,34	12,9579
69	122,73	119,34	118,41	117,45	13,2734
69,5	122,93	119,42	118,5	117,55	13,5922
70	122,93	119,49	118,59	117,66	13,9144
70,5	122,84	119,57	118,67	117,76	14,2399
71	122,76	119,63	118,76	117,87	14,5690
71,5	122,69	119,71	118,84	117,96	14,9013
72	122,68	119,78	118,93	118,07	15,2370
72,5	122,72	119,84	119,01	118,16	15,5760
73	122,81	119,89	119,09	118,25	15,9181
73,5	122,91	119,96	119,16	118,34	16,2633
74	122,81	120,01	119,23	118,43	16,6116
74,5	122,77	120,08	119,31	118,53	16,9633
75	122,81	120,13	119,38	118,6	17,3179
75,5	122,81	120,2	119,46	118,68	17,6752
76	122,8	120,25	119,52	118,76	18,0354
76,5	122,78	120,3	119,59	118,85	18,3987
77	122,7	120,35	119,65	118,93	18,7650
77,5	122,65	120,41	119,72	119	19,1342
78	122,72	120,46	119,79	119,08	19,5060
78,5	122,89	120,5	119,85	119,16	19,8809
79	122,89	120,55	119,9	119,22	20,2584
79,5	122,8	120,6	119,96	119,29	20,6384
80	122,86	120,64	120,02	119,37	21,0213
80,5	122,85	120,7	120,08	119,43	21,4068
81	122,77	120,74	120,13	119,5	21,7948
81,5	122,72	120,78	120,19	119,56	22,1854
82	122,67	120,83	120,25	119,63	22,5785

Continuación de apéndice 3.

82,5	122,77	120,87	120,3	119,68	22,9740
83	122,8	120,91	120,34	119,75	23,3719
83,5	122,81	120,95	120,39	119,81	23,7723
84	122,81	120,97	120,44	119,86	24,1750
84,5	122,81	121,01	120,48	119,92	24,5799
85	122,8	121,05	120,54	119,98	24,9872
85,5	122,81	121,09	120,57	120,04	25,3970
86	122,76	121,13	120,63	120,09	25,8090
86,5	122,73	121,16	120,67	120,14	26,2231
87	122,69	121,2	120,71	120,19	26,6393
87,5	122,7	121,22	120,76	120,25	27,0578
88	122,73	121,26	120,8	120,29	27,4784
88,5	122,89	121,29	120,84	120,34	27,9008
89	122,85	121,31	120,88	120,39	28,3254
89,5	122,77	121,34	120,9	120,43	28,7519
90	122,76	121,37	120,94	120,48	29,1803
90,5	122,84	121,41	120,98	120,52	29,6107
91	122,89	121,43	121,02	120,56	30,0428
91,5	122,78	121,46	121,06	120,61	30,4768
92	122,74	121,49	121,09	120,65	30,9128
92,5	122,7	121,51	121,13	120,69	31,3505
93	122,67	121,54	121,17	120,73	31,7900
93,5	122,74	121,56	121,19	120,77	32,2312
94	122,8	121,59	121,22	120,81	32,6743
94,5	122,7	121,6	121,26	120,85	33,1191
95	122,68	121,63	121,28	120,89	33,5656
95,5	122,74	121,66	121,31	120,93	34,0140
96	122,77	121,67	121,34	120,96	34,4639
96,5	122,8	121,7	121,36	120,99	34,9152
97	122,8	121,71	121,39	121,03	35,3681
97,5	122,74	121,74	121,42	121,06	35,8226
98	122,78	121,76	121,46	121,1	36,2786
98,5	122,8	121,78	121,48	121,13	36,7363
99	122,81	121,8	121,51	121,17	37,1955
99,5	122,82	121,81	121,53	121,19	37,6562
100	122,81	121,84	121,56	121,22	38,1179
100,5	122,74	121,85	121,57	121,24	38,5809
101	122,72	121,88	121,6	121,28	39,0452
101,5	122,68	121,89	121,63	121,31	39,5112
102	122,65	121,91	121,65	121,34	39,9786
102,5	122,68	121,93	121,68	121,36	40,4471
103	122,8	121,95	121,69	121,39	40,9168
103,5	122,84	121,96	121,72	121,42	41,3879
104	122,49	121,97	121,73	121,44	41,8602
104,5	122,61	121,99	121,76	121,47	42,3337
105	117,64	122	121,77	121,49	42,8084
105,5	115,37	122,01	121,78	121,52	43,2842

Continuación de apéndice 3.

106	112,67	121,97	121,78	121,55	43,7615
106,5	109,72	121,85	121,72	121,56	44,2397
107	107,31	121,63	121,59	121,57	44,7184
107,5	104,68	121,33	121,4	121,56	45,1972
108	102,08	120,93	121,14	121,53	45,6749
108,5	99,82	120,47	120,81	121,47	46,1505
109	97,79	119,93	120,43	121,38	46,6226
109,5	95,77	119,33	120	121,24	47,0893
110	93,7	118,69	119,51	121,07	47,5488
110,5	91,77	117,99	118,97	120,88	48,0001
111	90,12	117,25	118,39	120,63	48,4416
111,5	88,64	116,48	117,78	120,34	48,8714
112	87,06	115,69	117,13	120,01	49,2880
112,5	85,57	114,88	116,46	119,64	49,6903
113	84	114,05	115,77	119,23	50,0773
113,5	82,82	113,21	115,04	118,8	50,4483
114	81,6	112,36	114,31	118,33	50,8031
114,5	80,13	111,49	113,56	117,83	51,1410
115	78,85	110,62	112,8	117,3	51,4620
115,5	77,62	109,74	112,02	116,75	51,7662
116	76,4	108,85	111,23	116,16	52,0535
116,5	75,4	107,96	110,43	115,56	52,3242
117	74,27	107,07	109,63	114,94	52,5789
117,5	73,36	106,17	108,81	114,3	52,8181
118	72,22	105,26	107,98	113,63	53,0421
118,5	71,41	104,36	107,16	112,96	53,2516
119	70,48	103,46	106,32	112,27	53,4473
119,5	69,68	102,56	105,5	111,56	53,6298
120	68,78	101,67	104,66	110,84	53,7997
120,5	68,04	100,78	103,82	110,12	53,9578
121	67,14	99,89	103	109,38	54,1048
121,5	66,55	99,01	102,16	108,63	54,2412
122	65,89	98,13	101,34	107,89	54,3678
122,5	65,22	97,27	100,5	107,13	54,4853
123	64,65	96,41	99,68	106,37	54,5942
123,5	63,97	95,56	98,87	105,6	54,6951
124	63,42	94,73	98,05	104,83	54,7885
124,5	62,9	93,9	97,26	104,07	54,8750
125	62,21	93,09	96,46	103,3	54,9551
125,5	61,7	92,27	95,67	102,53	55,0293
126	61,07	91,47	94,88	101,76	55,0980
126,5	60,55	90,68	94,1	100,99	55,1617
127	60	89,9	93,32	100,22	55,2206
127,5	59,37	89,12	92,57	99,46	55,2751
128	58,88	88,35	91,8	98,71	55,3257
128,5	58,35	87,58	91,04	97,94	55,3726
129	57,96	86,83	90,3	97,2	55,4161

Continuación de apéndice 3.

129,5	57,49	86,09	89,55	96,44	55,4564
130	57,1	85,35	88,81	95,7	55,4939
130,5	56,58	84,62	88,08	94,96	55,5286
131	56,24	83,9	87,35	94,21	55,5609
131,5	55,85	83,2	86,64	93,47	55,5908
132	55,41	82,48	85,92	92,74	55,6186
132,5	54,98	81,79	85,22	92,01	55,6445
133	54,67	81,11	84,52	91,29	55,6685
133,5	54,23	80,45	83,83	90,57	55,6909
134	53,98	79,77	83,16	89,86	55,7118
134,5	53,67	79,12	82,48	89,15	55,7312
135	53,31	78,48	81,82	88,45	55,7493
135,5	53	77,83	81,17	87,75	55,7661
136	52,68	77,21	80,53	87,08	55,7819
136,5	52,28	76,58	79,88	86,39	55,7966
137	52	75,98	79,26	85,71	55,8103
137,5	51,64	75,38	78,62	85,05	55,8232
138	51,31	74,78	78,01	84,39	55,8352
138,5	51	74,19	77,4	83,73	55,8465
139	50,63	73,62	76,81	83,08	55,8570
139,5	50,37	73,05	76,21	82,45	55,8669
140	50,03	72,48	75,62	81,81	55,8762
140,5	49,7	71,93	75,04	81,19	55,8849
141	49,4	71,37	74,47	80,57	55,8931
141,5	49,09	70,83	73,9	79,96	55,9008
142	48,84	70,29	73,33	79,35	55,9080
142,5	48,52	69,76	72,79	78,75	55,9149
143	48,2	69,23	72,23	78,16	55,9213
143,5	47,93	68,71	71,69	77,56	55,9273
144	47,66	68,19	71,16	76,98	55,9330
144,5	47,39	67,69	70,63	76,41	55,9384
145	47,08	67,19	70,11	75,84	55,9435
145,5	46,87	66,7	69,6	75,27	55,9483
146	46,56	66,21	69,08	74,72	55,9529
146,5	46,35	65,73	68,58	74,16	55,9572
147	46,02	65,25	68,09	73,62	55,9613
147,5	45,77	64,79	67,6	73,09	55,9651
148	45,5	64,31	67,11	72,55	55,9688
148,5	45,27	63,86	66,63	72,03	55,9722
149	45,02	63,41	66,15	71,5	55,9755
149,5	44,77	62,96	65,69	71	55,9787
150	44,52	62,52	65,22	70,48	55,9816
150,5	44,27	62,08	64,76	69,98	55,9845
151	44,05	61,64	64,29	69,48	55,9871
151,5	43,85	61,22	63,84	68,98	55,9897
152	43,64	60,79	63,41	68,49	55,9921
152,5	43,41	60,38	62,97	68,02	55,9944

Continuación de apéndice 3.

153	43,23	59,97	62,53	67,54	55,9967
153,5	43	59,57	62,11	67,06	55,9988
154	42,82	59,17	61,68	66,6	56,0008
154,5	42,66	58,77	61,27	66,14	56,0027
155	42,48	58,38	60,86	65,68	56,0045
155,5	42,3	58	60,44	65,23	56,0063
156	42,13	57,62	60,05	64,78	56,0079
156,5	41,99	57,25	59,66	64,33	56,0095
157	41,81	56,88	59,27	63,89	56,0111
157,5	41,7	56,52	58,89	63,47	56,0125
158	41,51	56,17	58,5	63,04	56,0140
158,5	41,34	55,82	58,14	62,62	56,0153
159	41,19	55,48	57,77	62,19	56,0166
159,5	41	55,14	57,41	61,78	56,0178
160	40,86	54,81	57,05	61,38	56,0190
160,5	40,72	54,47	56,7	60,98	56,0202
161	40,58	54,15	56,36	60,59	56,0213
161,5	40,42	53,83	56,01	60,19	56,0223
162	40,29	53,51	55,67	59,8	56,0233
162,5	40,14	53,2	55,34	59,43	56,0243
163	39,99	52,89	55,02	59,04	56,0252
163,5	39,86	52,59	54,7	58,67	56,0261
164	39,75	52,29	54,38	58,31	56,0270
164,5	39,61	52	54,07	57,95	56,0279
165	39,49	51,71	53,76	57,59	56,0287
165,5	39,36	51,42	53,45	57,24	56,0295
166	39,22	51,14	53,15	56,88	56,0302
166,5	39,12	50,87	52,85	56,55	56,0309
167	38,99	50,6	52,55	56,2	56,0316
167,5	38,89	50,31	52,26	55,87	56,0323
168	38,78	50,06	51,98	55,54	56,0330
168,5	38,69	49,79	51,7	55,21	56,0336
169	38,57	49,53	51,43	54,89	56,0343
169,5	38,49	49,29	51,16	54,57	56,0348
170	38,41	49,03	50,87	54,25	56,0354
170,5	38,33	48,79	50,62	53,94	56,0360
171	38,21	48,54	50,35	53,64	56,0365
171,5	38,14	48,31	50,09	53,34	56,0371
172	38,06	48,07	49,84	53,05	56,0376
172,5	37,98	47,84	49,59	52,75	56,0381
173	37,9	47,62	49,35	52,46	56,0386
173,5	37,82	47,39	49,11	52,17	56,0390
174	37,73	47,17	48,86	51,9	56,0395
174,5	37,67	46,95	48,63	51,62	56,0399
175	37,61	46,75	48,4	51,35	56,0404
175,5	37,53	46,54	48,18	51,08	56,0408
176	37,49	46,34	47,95	50,81	56,0412

Continuación de apéndice 3.

176,5	37,41	46,13	47,73	50,56	56,0416
177	37,35	45,94	47,52	50,3	56,0420
177,5	37,3	45,74	47,31	50,04	56,0424
178	37,24	45,54	47,11	49,8	56,0427
178,5	37,17	45,37	46,9	49,56	56,0431
179	37,12	45,17	46,7	49,31	56,0435
179,5	37,05	44,99	46,49	49,08	56,0438
180	36,98	44,81	46,3	48,84	56,0441
180,5	36,93	44,65	46,11	48,61	56,0445
181	36,85	44,47	45,92	48,39	56,0448
181,5	36,8	44,3	45,74	48,16	56,0451
182	36,72	44,14	45,54	47,94	56,0454
182,5	36,68	43,97	45,37	47,73	56,0457
183	36,61	43,8	45,19	47,52	56,0460
183,5	36,54	43,65	45,01	47,3	56,0463
184	36,48	43,48	44,84	47,1	56,0466
184,5	36,43	43,33	44,66	46,89	56,0469
185	36,35	43,18	44,5	46,7	56,0471
185,5	36,31	43,02	44,33	46,5	56,0474
186	36,25	42,88	44,16	46,31	56,0476
186,5	36,17	42,73	44,01	46,11	56,0479
187	36,12	42,59	43,84	45,92	56,0482
187,5	36,07	42,45	43,69	45,73	56,0484
188	35,99	42,31	43,54	45,55	56,0486
188,5	35,93	42,16	43,38	45,37	56,0489
189	35,87	42,02	43,23	45,19	56,0491
189,5	35,79	41,88	43,09	45,01	56,0493
190	35,74	41,75	42,93	44,83	56,0496
190,5	35,68	41,63	42,79	44,67	56,0498
191	35,61	41,49	42,65	44,5	56,0500
191,5	35,55	41,36	42,51	44,33	56,0502
192	35,48	41,23	42,37	44,17	56,0504
192,5	35,43	41,1	42,23	44	56,0506
193	35,37	40,97	42,1	43,85	56,0508
193,5	35,32	40,86	41,96	43,68	56,0510
194	35,27	40,73	41,82	43,53	56,0512
194,5	35,2	40,6	41,69	43,38	56,0514
195	35,14	40,49	41,57	43,22	56,0516
195,5	35,09	40,37	41,44	43,07	56,0518
196	35,04	40,26	41,31	42,92	56,0520
196,5	34,97	40,14	41,18	42,77	56,0522
197	34,92	40,03	41,07	42,63	56,0524
197,5	34,86	39,91	40,94	42,48	56,0525
198	34,81	39,8	40,83	42,34	56,0527
198,5	34,73	39,7	40,7	42,2	56,0529
199	34,68	39,58	40,58	42,07	56,0530
199,5	34,62	39,48	40,47	41,93	56,0532

Continuación de apéndice 3.

200	34,57	39,38	40,35	41,79	56,0534
200,5	34,5	39,26	40,24	41,66	56,0535
201	34,44	39,16	40,12	41,53	56,0537
201,5	34,38	39,06	40,01	41,39	56,0539
202	34,31	38,95	39,91	41,27	56,0540
202,5	34,26	38,85	39,79	41,14	56,0542
203	34,2	38,75	39,68	41,02	56,0543
203,5	34,13	38,65	39,57	40,9	56,0545
204	34,07	38,55	39,47	40,77	56,0546
204,5	34,01	38,46	39,37	40,65	56,0548
205	33,94	38,35	39,25	40,53	56,0549
205,5	33,89	38,26	39,15	40,41	56,0551
206	33,81	38,16	39,05	40,28	56,0552
206,5	33,74	38,07	38,95	40,17	56,0553
207	33,69	37,97	38,85	40,05	56,0555
207,5	33,62	37,88	38,74	39,94	56,0556
208	33,55	37,78	38,64	39,82	56,0558
208,5	33,5	37,69	38,54	39,71	56,0559
209	33,43	37,6	38,45	39,59	56,0560
209,5	33,37	37,51	38,35	39,49	56,0562
210	33,29	37,41	38,25	39,38	56,0563
210,5	33,23	37,32	38,16	39,27	56,0564

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Letalidad 104 oz**

Tiempo	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T Promedio (°C)	Fo (min)
0,00	37,84	59,17	56,18	57,04	
0,50	42,08	59,17	56,17	56,96	0,000
1,00	41,88	59,16	56,16	56,88	0,000
1,50	48,84	59,11	56,12	56,79	0,000
2,00	54,11	59,03	56,09	56,73	0,000
2,50	58,89	58,96	56,04	56,63	0,000
3,00	63,5	58,89	55,99	56,58	0,000
3,50	67,77	58,84	55,93	56,65	0,000
4,00	71,76	58,81	55,86	56,87	0,000
4,50	75,41	58,8	55,81	57,22	0,000
5,00	79,26	58,8	55,77	57,68	0,000
5,50	82,7	58,84	55,76	58,34	0,000
6,00	86,04	58,89	55,76	59,27	0,000

Continuación de apéndice 4.

6,50	89,28	58,98	55,79	60,5	0,000
7,00	92,31	59,08	55,85	61,78	0,000
7,50	95,19	59,23	55,94	63,11	0,000
8,00	93,42	59,41	56,07	64,41	0,000
8,50	92,75	59,63	56,22	65,71	0,000
9,00	97,63	59,88	56,43	66,81	0,000
9,50	99,28	60,15	56,66	67,85	0,000
10,00	96,99	60,45	56,92	68,84	0,000
10,50	97,94	60,77	57,21	69,8	0,000
11,00	102,36	61,1	57,52	70,69	0,000
11,50	101,51	61,46	57,87	71,5	0,000
12,00	100,48	61,82	58,23	72,34	0,000
12,50	103,58	62,2	58,6	73,1	0,000
13,00	106,75	62,6	59	73,88	0,000
13,50	104,68	63	59,42	74,68	0,000
14,00	104,07	63,4	59,84	75,44	0,000
14,50	108,36	63,81	60,29	76,14	0,000
15,00	110,2	64,22	60,76	76,85	0,000
15,50	108,31	64,65	61,23	77,62	0,000
16,00	108,35	65,08	61,72	78,43	0,000
16,50	112,37	65,5	62,21	79,12	0,000
17,00	113,94	65,94	62,72	79,79	0,000
17,50	112,04	66,38	63,24	80,49	0,000
18,00	113,09	66,82	63,75	81,16	0,000
18,50	116,66	67,26	64,29	81,78	0,000
19,00	117,74	67,71	64,83	82,42	0,000
19,50	116	68,16	65,39	83,09	0,000
20,00	118,03	68,63	65,94	83,79	0,000
20,50	120,61	69,09	66,51	84,49	0,000
21,00	121,19	69,56	67,08	85,22	0,000
21,50	119,98	70,04	67,66	85,97	0,000
22,00	122,45	70,52	68,24	86,71	0,000
22,50	124,42	70,99	68,83	87,47	0,000
23,00	123,52	71,5	69,42	88,25	0,000
23,50	125,07	71,99	70,03	89,06	0,000
24,00	123,85	72,49	70,63	89,86	0,000
24,50	123,28	73,01	71,24	90,66	0,000
25,00	122,86	73,53	71,85	91,44	0,000
25,50	123,7	74,05	72,47	92,18	0,000
26,00	124,28	74,58	73,1	92,87	0,000
26,50	123,26	75,12	73,72	93,52	0,000
27,00	122,76	75,65	74,34	94,14	0,000
27,50	122,99	76,19	74,96	94,72	0,000
28,00	124,05	76,73	75,59	95,27	0,000
28,50	123,51	77,27	76,21	95,8	0,000
29,00	122,95	77,82	76,82	96,31	0,000
29,50	122,67	78,36	77,42	96,79	0,000



Continuación de apéndice 4.

30,00	123,44	78,91	78,03	97,25	0,000
30,50	123,74	79,44	78,64	97,68	0,000
31,00	122,97	79,99	79,23	98,09	0,000
31,50	122,68	80,52	79,83	98,5	0,000
32,00	123,15	81,05	80,41	98,89	0,000
32,50	123,69	81,58	80,99	99,27	0,000
33,00	123,03	82,11	81,56	99,65	0,000
33,50	122,7	82,65	82,12	100,01	0,000
34,00	122,77	83,17	82,68	100,36	0,001
34,50	123,36	83,69	83,23	100,7	0,001
35,00	123,36	84,21	83,78	101,03	0,001
35,50	122,88	84,73	84,31	101,34	0,001
36,00	122,72	85,23	84,85	101,65	0,001
36,50	123,28	85,74	85,37	101,97	0,001
37,00	123,48	86,25	85,89	102,26	0,001
37,50	123,02	86,74	86,4	102,56	0,001
38,00	122,9	87,24	86,9	102,83	0,002
38,50	123,18	87,73	87,41	103,12	0,002
39,00	123,36	88,21	87,9	103,38	0,002
39,50	123,14	88,69	88,38	103,65	0,002
40,00	122,88	89,18	88,86	103,91	0,002
40,50	122,89	89,64	89,33	104,16	0,003
41,00	123,35	90,11	89,79	104,41	0,003
41,50	123,02	90,58	90,26	104,66	0,004
42,00	122,81	91,04	90,72	104,89	0,004
42,50	122,99	91,49	91,16	105,11	0,004
43,00	123,13	91,94	91,6	105,35	0,005
43,50	123,19	92,39	92,04	105,56	0,006
44,00	122,89	92,82	92,46	105,78	0,006
44,50	123,09	93,27	92,88	105,99	0,007
45,00	123,22	93,7	93,3	106,2	0,008
45,50	122,94	94,11	93,7	106,41	0,009
46,00	122,8	94,55	94,11	106,62	0,010
46,50	122,99	94,96	94,5	106,83	0,011
47,00	123,18	95,37	94,9	107,02	0,012
47,50	122,9	95,77	95,28	107,22	0,013
48,00	122,8	96,18	95,65	107,42	0,014
48,50	123,05	96,57	96,03	107,6	0,016
49,00	123,22	96,96	96,39	107,79	0,017
49,50	122,89	97,35	96,76	107,98	0,019
50,00	122,8	97,73	97,11	108,16	0,021
50,50	122,89	98,11	97,46	108,34	0,023
51,00	123,11	98,47	97,8	108,53	0,025
51,50	122,9	98,84	98,14	108,7	0,028
52,00	122,82	99,21	98,46	108,88	0,030
52,50	122,95	99,56	98,8	109,05	0,033
53,00	123,11	99,91	99,11	109,22	0,036

Continuación de apéndice 4.

53,50	122,94	100,25	99,43	109,4	0,039
54,00	122,84	100,61	99,74	109,57	0,043
54,50	122,8	100,93	100,05	109,73	0,047
55,00	122,99	101,27	100,35	109,9	0,051
55,50	123,14	101,6	100,65	110,07	0,055
56,00	122,95	101,93	100,94	110,23	0,060
56,50	122,85	102,24	101,22	110,39	0,065
57,00	122,77	102,55	101,51	110,54	0,070
57,50	122,98	102,85	101,78	110,7	0,076
58,00	123,06	103,17	102,06	110,86	0,082
58,50	122,95	103,46	102,33	111	0,088
59,00	122,89	103,76	102,59	111,14	0,095
59,50	122,77	104,05	102,85	111,3	0,102
60,00	123,01	104,33	103,11	111,45	0,110
60,50	122,89	104,61	103,36	111,59	0,118
61,00	122,85	104,88	103,62	111,72	0,126
61,50	122,78	105,16	103,86	111,86	0,136
62,00	123,15	105,43	104,1	112,01	0,145
62,50	123,1	105,7	104,34	112,14	0,155
63,00	122,9	105,96	104,57	112,28	0,166
63,50	122,74	106,21	104,81	112,43	0,177
64,00	122,8	106,46	105,03	112,56	0,189
64,50	122,81	106,7	105,27	112,69	0,202
65,00	123,14	106,95	105,49	112,83	0,215
65,50	122,85	107,19	105,7	112,96	0,229
66,00	122,8	107,43	105,92	113,1	0,244
66,50	122,78	107,66	106,13	113,23	0,259
67,00	123,06	107,9	106,34	113,34	0,276
67,50	122,9	108,12	106,54	113,46	0,293
68,00	122,78	108,34	106,75	113,58	0,310
68,50	123,01	108,55	106,95	113,7	0,329
69,00	122,98	108,78	107,16	113,82	0,349
69,50	122,78	108,99	107,35	113,93	0,369
70,00	122,81	109,19	107,54	114,04	0,391
70,50	122,8	109,39	107,73	114,16	0,413
71,00	123,11	109,6	107,93	114,26	0,436
71,50	122,89	109,8	108,11	114,37	0,461
72,00	122,76	110	108,29	114,47	0,486
72,50	122,81	110,18	108,48	114,58	0,513
73,00	122,81	110,38	108,66	114,68	0,541
73,50	122,85	110,56	108,83	114,77	0,569
74,00	122,82	110,74	109,01	114,87	0,600
74,50	122,82	110,93	109,18	114,96	0,631
75,00	122,78	111,1	109,35	115,04	0,663
75,50	122,95	111,28	109,52	115,13	0,697
76,00	122,88	111,45	109,68	115,22	0,732
76,50	122,84	111,62	109,85	115,3	0,769

Continuación de apéndice 4.

77,00	122,81	111,79	110	115,38	0,807
77,50	122,8	111,95	110,16	115,46	0,846
78,00	122,89	112,12	110,33	115,53	0,887
78,50	122,82	112,28	110,47	115,61	0,929
79,00	122,78	112,44	110,63	115,69	0,973
79,50	122,77	112,59	110,79	115,76	1,018
80,00	122,85	112,74	110,93	115,84	1,065
80,50	122,77	112,9	111,08	115,9	1,114
81,00	122,76	113,04	111,23	115,97	1,164
81,50	122,7	113,18	111,38	116,03	1,216
82,00	122,88	113,33	111,51	116,1	1,270
82,50	122,93	113,47	111,65	116,16	1,325
83,00	122,81	113,62	111,79	116,23	1,383
83,50	122,73	113,75	111,93	116,29	1,442
84,00	122,73	113,89	112,06	116,36	1,503
84,50	122,76	114,03	112,2	116,43	1,566
85,00	122,93	114,16	112,33	116,49	1,631
85,50	122,89	114,29	112,46	116,56	1,698
86,00	122,78	114,41	112,59	116,61	1,767
86,50	122,81	114,54	112,71	116,68	1,838
87,00	122,82	114,67	112,84	116,74	1,911
87,50	122,82	114,79	112,96	116,79	1,986
88,00	122,82	114,91	113,09	116,86	2,063
88,50	122,81	115,02	113,21	116,91	2,143
89,00	122,82	115,14	113,32	116,98	2,225
89,50	122,81	115,26	113,44	117,03	2,309
90,00	122,8	115,37	113,56	117,1	2,395
90,50	122,81	115,48	113,68	117,15	2,484
91,00	122,81	115,59	113,8	117,2	2,575
91,50	122,84	115,69	113,9	117,27	2,668
92,00	122,82	115,8	114,02	117,32	2,764
92,50	122,88	115,9	114,12	117,37	2,863
93,00	122,92	116,01	114,24	117,44	2,964
93,50	122,82	116,12	114,35	117,49	3,067
94,00	122,84	116,21	114,45	117,54	3,173
94,50	122,88	116,31	114,55	117,59	3,282
95,00	122,86	116,4	114,66	117,65	3,393
95,50	122,81	116,5	114,75	117,7	3,507
96,00	122,89	116,59	114,86	117,75	3,624
96,50	122,84	116,68	114,96	117,8	3,743
97,00	122,77	116,77	115,05	117,86	3,865
97,50	122,73	116,86	115,16	117,91	3,990
98,00	122,73	116,96	115,25	117,96	4,118
98,50	122,86	117,04	115,34	118	4,248
99,00	122,97	117,13	115,43	118,05	4,382
99,50	122,86	117,21	115,54	118,09	4,518
100,00	122,84	117,29	115,63	118,14	4,657

Continuación de apéndice 4.

100,50	122,78	117,36	115,71	118,18	4,800
101,00	122,78	117,44	115,8	118,24	4,945
101,50	122,76	117,52	115,89	118,28	5,093
102,00	122,78	117,6	115,98	118,32	5,244
102,50	122,81	117,68	116,06	118,35	5,398
103,00	122,81	117,75	116,15	118,41	5,555
103,50	122,81	117,82	116,23	118,45	5,716
104,00	122,81	117,89	116,32	118,49	5,879
104,50	122,81	117,97	116,4	118,54	6,046
105,00	122,81	118,04	116,48	118,58	6,216
105,50	122,85	118,1	116,56	118,62	6,389
106,00	122,88	118,17	116,64	118,67	6,565
106,50	122,76	118,23	116,71	118,71	6,744
107,00	122,8	118,3	116,79	118,75	6,926
107,50	122,82	118,36	116,87	118,79	7,112
108,00	122,86	118,43	116,95	118,84	7,301
108,50	122,84	118,5	117,02	118,88	7,494
109,00	122,84	118,55	117,09	118,92	7,690
109,50	122,89	118,61	117,17	118,96	7,889
110,00	122,82	118,67	117,24	119,01	8,091
110,50	122,76	118,73	117,3	119,05	8,297
111,00	122,69	118,79	117,38	119,09	8,506
111,50	122,72	118,84	117,45	119,13	8,718
112,00	122,77	118,9	117,51	119,17	8,934
112,50	122,81	118,96	117,58	119,21	9,153
113,00	122,84	119,01	117,64	119,25	9,375
113,50	122,81	119,06	117,71	119,29	9,601
114,00	122,85	119,11	117,79	119,33	9,831
114,50	122,86	119,15	117,84	119,37	10,064
115,00	122,86	119,21	117,91	119,39	10,300
115,50	122,77	119,26	117,97	119,43	10,540
116,00	122,8	119,31	118,04	119,47	10,783
116,50	122,78	119,35	118,09	119,51	11,030
117,00	122,78	119,4	118,16	119,55	11,281
117,50	122,8	119,46	118,21	119,59	11,534
118,00	122,78	119,5	118,27	119,62	11,791
118,50	122,78	119,55	118,33	119,65	12,052
119,00	122,78	119,59	118,39	119,69	12,316
119,50	122,78	119,63	118,44	119,72	12,584
120,00	122,8	119,67	118,5	119,76	12,855
120,50	122,84	119,72	118,56	119,79	13,130
121,00	122,85	119,76	118,61	119,83	13,408
121,50	122,74	119,8	118,67	119,86	13,690
122,00	122,68	119,84	118,72	119,89	13,975
122,50	122,76	119,88	118,77	119,93	14,264
123,00	122,78	119,92	118,82	119,96	14,556
123,50	122,82	119,96	118,88	119,98	14,852

Continuación de apéndice 4.

124,00	122,85	120	118,93	120,02	15,151
124,50	122,77	120,04	118,97	120,05	15,454
125,00	122,82	120,06	119,02	120,08	15,760
125,50	122,88	120,1	119,07	120,11	16,069
126,00	122,8	120,14	119,12	120,14	16,382
126,50	122,77	120,18	119,16	120,17	16,698
127,00	122,72	120,21	119,22	120,21	17,018
127,50	122,68	120,25	119,26	120,23	17,342
128,00	122,76	120,27	119,31	120,26	17,669
128,50	122,84	120,31	119,35	120,29	17,999
129,00	122,89	120,34	119,4	120,31	18,333
129,50	122,84	120,38	119,44	120,34	18,670
130,00	122,76	120,4	119,48	120,38	19,010
130,50	122,7	120,44	119,52	120,4	19,354
131,00	122,67	120,47	119,57	120,43	19,701
131,50	122,81	120,5	119,61	120,46	20,052
132,00	122,86	120,52	119,65	120,48	20,406
132,50	122,9	120,56	119,69	120,51	20,763
133,00	122,78	120,59	119,73	120,53	21,124
133,50	122,73	120,62	119,77	120,56	21,487
134,00	122,69	120,64	119,81	120,59	21,855
134,50	122,7	120,67	119,85	120,61	22,225
135,00	122,73	120,69	119,89	120,63	22,599
135,50	122,77	120,72	119,92	120,65	22,977
136,00	122,86	120,75	119,96	120,68	23,357
136,50	122,82	120,77	119,99	120,71	23,740
137,00	122,82	120,8	120,03	120,73	24,126
137,50	122,84	120,83	120,07	120,75	24,516
138,00	122,8	120,85	120,11	120,77	24,910
138,50	122,82	120,88	120,13	120,8	25,306
139,00	122,82	120,9	120,17	120,82	25,705
139,50	122,78	120,93	120,2	120,85	26,107
140,00	122,81	120,94	120,24	120,88	26,513
140,50	122,84	120,97	120,28	120,89	26,922
141,00	122,77	121	120,3	120,92	27,334
141,50	122,72	121,02	120,33	120,94	27,749
142,00	122,68	121,04	120,37	120,96	28,166
142,50	122,73	121,06	120,4	120,98	28,588
143,00	122,77	121,09	120,44	120,99	29,012
143,50	122,84	121,1	120,46	121,01	29,440
144,00	122,77	121,13	120,49	121,03	29,870
144,50	122,77	121,14	120,51	121,05	30,302
145,00	122,85	121,17	120,55	121,07	30,738
145,50	122,8	121,19	120,58	121,1	31,177
146,00	122,76	121,21	120,61	121,11	31,619
146,50	122,72	121,23	120,63	121,14	32,063
147,00	122,68	121,25	120,66	121,15	32,510

Continuación de apéndice 4.

147,50	122,76	121,26	120,7	121,17	32,961
148,00	122,8	121,29	120,72	121,19	33,415
148,50	122,86	121,3	120,75	121,2	33,872
149,00	122,88	121,33	120,78	121,22	34,331
149,50	122,78	121,34	120,8	121,24	34,794
150,00	122,73	121,35	120,83	121,26	35,259
150,50	122,69	121,38	120,86	121,28	35,727
151,00	122,67	121,39	120,88	121,3	36,198
151,50	122,73	121,41	120,91	121,31	36,672
152,00	122,82	121,43	120,93	121,32	37,148
152,50	122,89	121,44	120,95	121,35	37,627
153,00	122,82	121,46	120,97	121,36	38,107
153,50	122,77	121,47	121	121,38	38,591
154,00	122,73	121,48	121,03	121,4	39,078
154,50	122,69	121,51	121,05	121,42	39,568
155,00	122,68	121,52	121,07	121,43	40,060
155,50	122,72	121,54	121,09	121,44	40,554
156,00	122,73	121,55	121,12	121,45	41,051
156,50	122,73	121,56	121,13	121,48	41,551
157,00	122,77	121,58	121,16	121,49	42,052
157,50	122,77	121,59	121,18	121,51	42,557
158,00	122,81	121,6	121,2	121,52	43,064
158,50	122,82	121,62	121,22	121,53	43,573
159,00	122,86	121,63	121,24	121,55	44,085
159,50	122,8	121,64	121,26	121,57	44,599
160,00	122,76	121,66	121,27	121,59	45,115
160,50	122,82	121,67	121,3	121,6	45,633
161,00	122,88	121,7	121,31	121,61	46,153
161,50	122,8	121,71	121,34	121,63	46,676
162,00	122,74	121,71	121,35	121,65	47,202
162,50	122,65	121,72	121,38	121,66	47,729
163,00	121,88	121,73	121,39	121,66	48,260
163,50	117,11	121,75	121,41	121,68	48,792
164,00	113,8	121,76	121,43	121,64	49,326
164,50	110,81	121,76	121,45	121,51	49,863
165,00	107,63	121,72	121,47	121,27	50,403
165,50	104,49	121,66	121,48	120,94	50,944
166,00	101,45	121,55	121,5	120,52	51,487
166,50	98,63	121,39	121,51	120,06	52,032
167,00	95,81	121,19	121,52	119,56	52,579
167,50	93,36	120,96	121,51	119,04	53,125
168,00	90,88	120,68	121,5	118,47	53,670
168,50	88,66	120,38	121,47	117,87	54,213
169,00	86,59	120,04	121,43	117,28	54,751
169,50	84,58	119,65	121,35	116,69	55,282
170,00	82,71	119,25	121,26	116,06	55,803
170,50	80,88	118,81	121,16	115,38	56,312

Continuación de apéndice 4.

171,00	79,31	118,35	121	114,63	56,806
171,50	77,67	117,85	120,83	113,83	57,282
172,00	76,11	117,34	120,63	113,03	57,738
172,50	74,72	116,79	120,4	112,19	58,172
173,00	73,42	116,22	120,13	111,31	58,582
173,50	72,14	115,63	119,85	110,45	58,967
174,00	71,03	115,01	119,53	109,61	59,326
174,50	70,02	114,37	119,19	108,78	59,659
175,00	69,08	113,71	118,82	107,94	59,966
175,50	68,28	113,03	118,43	107,1	60,247
176,00	67,56	112,34	118,02	106,28	60,503
176,50	66,62	111,65	117,58	105,45	60,736
177,00	65,87	110,94	117,13	104,63	60,946
177,50	65,04	110,22	116,65	103,81	61,135
178,00	64,32	109,5	116,16	103	61,303
178,50	63,57	108,76	115,65	102,19	61,454
179,00	62,88	108,03	115,13	101,41	61,587
179,50	62,23	107,29	114,59	100,64	61,706
180,00	61,62	106,55	114,06	99,88	61,810
180,50	61	105,81	113,49	99,14	61,902
181,00	60,38	105,08	112,93	98,42	61,983
181,50	59,72	104,33	112,37	97,69	62,054
182,00	59,17	103,6	111,81	96,96	62,117
182,50	58,58	102,88	111,23	96,23	62,171
183,00	58,06	102,16	110,64	95,53	62,219
183,50	57,56	101,46	110,07	94,84	62,261
184,00	57,04	100,75	109,47	94,17	62,298
184,50	56,57	100,04	108,88	93,51	62,330
185,00	56,11	99,35	108,28	92,86	62,358
185,50	55,65	98,66	107,68	92,25	62,382
186,00	55,22	97,98	107,07	91,66	62,403
186,50	54,81	97,3	106,47	91,09	62,422
187,00	54,43	96,62	105,85	90,52	62,437
187,50	54,04	95,95	105,25	89,93	62,451
188,00	53,68	95,3	104,64	89,36	62,463
188,50	53,34	94,64	104,03	88,78	62,474
189,00	52,99	94	103,43	88,21	62,483
189,50	52,74	93,35	102,81	87,65	62,491
190,00	52,46	92,71	102,2	87,09	62,498
190,50	52,18	92,08	101,6	86,54	62,504
191,00	51,91	91,46	100,99	86	62,509
191,50	51,64	90,83	100,39	85,48	62,514
192,00	51,37	90,22	99,79	84,97	62,517
192,50	51,09	89,61	99,19	84,47	62,521
193,00	50,83	89,02	98,61	83,96	62,524
193,50	50,58	88,42	98,01	83,47	62,527
194,00	50,2	87,82	97,42	82,99	62,529

Continuación de apéndice 4.

194,50	49,87	87,25	96,84	82,51	62,531
195,00	49,55	86,66	96,26	82,04	62,533
195,50	49,23	86,09	95,68	81,58	62,534
196,00	48,95	85,53	95,11	81,12	62,535
196,50	48,64	84,97	94,53	80,67	62,537
197,00	48,34	84,41	93,96	80,22	62,538
197,50	48,06	83,87	93,4	79,78	62,539
198,00	47,79	83,32	92,85	79,34	62,539
198,50	47,51	82,78	92,29	78,9	62,540
199,00	47,24	82,24	91,73	78,47	62,541
199,50	46,99	81,71	91,18	78,03	62,541
200,00	46,79	81,19	90,65	77,6	62,542
200,50	46,49	80,67	90,11	77,16	62,542
201,00	46,29	80,15	89,57	76,75	62,542
201,50	46,13	79,65	89,04	76,32	62,543
202,00	45,96	79,16	88,52	75,91	62,543
202,50	45,77	78,66	88	75,49	62,543
203,00	45,6	78,17	87,48	75,08	62,544
203,50	45,44	77,68	86,98	74,68	62,544
204,00	45,27	77,2	86,47	74,29	62,544
204,50	45,1	76,72	85,98	73,89	62,544
205,00	44,87	76,25	85,48	73,5	62,544
205,50	44,68	75,78	85	73,13	62,544
206,00	44,5	75,33	84,5	72,75	62,544
206,50	44,31	74,86	84,02	72,39	62,545
207,00	44,14	74,42	83,54	72,03	62,545
207,50	43,96	73,97	83,07	71,67	62,545
208,00	43,8	73,53	82,6	71,31	62,545
208,50	43,59	73,1	82,13	70,96	62,545
209,00	43,4	72,66	81,68	70,61	62,545
209,50	43,21	72,25	81,23	70,26	62,545
210,00	43,03	71,82	80,77	69,93	62,545
210,50	42,85	71,41	80,33	69,58	62,545
211,00	42,7	70,99	79,88	69,24	62,545
211,50	42,54	70,58	79,45	68,91	62,545
212,00	42,39	70,18	79,01	68,58	62,545
212,50	42,24	69,78	78,6	68,25	62,545
213,00	42,08	69,39	78,17	67,93	62,545
213,50	41,94	68,99	77,75	67,6	62,545
214,00	41,8	68,6	77,33	67,3	62,545
214,50	41,67	68,23	76,93	66,97	62,545
215,00	41,5	67,84	76,52	66,66	62,545
215,50	41,34	67,46	76,12	66,37	62,545
216,00	41,19	67,1	75,72	66,06	62,545
216,50	41,03	66,73	75,33	65,76	62,545
217,00	40,89	66,37	74,94	65,48	62,545
217,50	40,74	66,01	74,56	65,18	62,545



Continuación de apéndice 4.

218,00	40,59	65,66	74,17	64,89	62,545
218,50	40,45	65,3	73,79	64,6	62,545
219,00	40,28	64,95	73,41	64,32	62,545
219,50	40,14	64,61	73,05	64,05	62,545
220,00	40,01	64,26	72,67	63,76	62,545
220,50	39,87	63,93	72,3	63,49	62,545
221,00	39,74	63,59	71,94	63,21	62,545
221,50	39,62	63,26	71,57	62,94	62,545
222,00	39,5	62,93	71,21	62,67	62,545
222,50	39,36	62,6	70,87	62,4	62,546
223,00	39,25	62,28	70,5	62,13	62,546
223,50	39,12	61,97	70,16	61,86	62,546
224,00	39	61,64	69,81	61,6	62,546
224,50	38,86	61,33	69,46	61,36	62,546
225,00	38,75	61,03	69,12	61,1	62,546
225,50	38,62	60,73	68,78	60,84	62,546
226,00	38,5	60,42	68,44	60,6	62,546
226,50	38,38	60,12	68,11	60,35	62,546
227,00	38,27	59,83	67,77	60,11	62,546
227,50	38,16	59,54	67,44	59,87	62,546
228,00	38,07	59,25	67,11	59,62	62,546
228,50	37,94	58,96	66,79	59,39	62,546
229,00	37,84	58,68	66,47	59,16	62,546
229,50	37,74	58,4	66,15	58,93	62,546
230,00	37,64	58,11	65,83	58,7	62,546
230,50	37,51	57,84	65,52	58,46	62,546
231,00	37,39	57,57	65,2	58,25	62,546
231,50	37,27	57,3	64,89	58,01	62,546
232,00	37,15	57,03	64,58	57,78	62,546
232,50	37,05	56,76	64,27	57,56	62,546
233,00	36,93	56,5	63,97	57,33	62,546
233,50	36,81	56,25	63,66	57,12	62,546
234,00	36,69	55,99	63,37	56,9	62,546
234,50	36,59	55,73	63,07	56,68	62,546
235,00	36,47	55,48	62,78	56,46	62,546
235,50	36,36	55,23	62,48	56,25	62,546
236,00	36,26	54,99	62,2	56,04	62,546
236,50	36,14	54,74	61,9	55,83	62,546
237,00	36,03	54,5	61,62	55,63	62,546
237,50	35,94	54,25	61,34	55,42	62,546
238,00	35,82	54,01	61,05	55,21	62,546
238,50	35,72	53,78	60,77	55,01	62,546
239,00	35,62	53,53	60,5	54,8	62,546
239,50	35,52	53,3	60,22	54,6	62,546
240,00	35,41	53,07	59,95	54,39	62,546
240,50	35,31	52,85	59,68	54,19	62,546
241,00	35,21	52,62	59,41	53,98	62,546

Continuación de apéndice 4.

241,50	35,12	52,39	59,14	53,79	62,546
242,00	35,04	52,17	58,88	53,58	62,546
242,50	34,95	51,95	58,61	53,38	62,546
243,00	34,88	51,73	58,35	53,19	62,546
243,50	34,8	51,52	58,1	52,99	62,546
244,00	34,73	51,3	57,84	52,8	62,546
244,50	34,65	51,08	57,58	52,61	62,546
245,00	34,57	50,87	57,33	52,42	62,546
245,50	34,5	50,67	57,08	52,22	62,546
246,00	34,42	50,46	56,83	52,03	62,546
246,50	34,34	50,26	56,58	51,85	62,546
247,00	34,28	50,05	56,34	51,66	62,546
247,50	34,2	49,85	56,09	51,47	62,546
248,00	34,14	49,64	55,85	51,29	62,546
248,50	34,07	49,45	55,62	51,1	62,546
249,00	34,01	49,26	55,38	50,92	62,546
249,50	33,95	49,05	55,14	50,74	62,546
250,00	33,9	48,87	54,9	50,56	62,546
250,50	33,83	48,68	54,67	50,38	62,546
251,00	33,78	48,49	54,44	50,2	62,546
251,50	33,73	48,29	54,22	50,02	62,546
252,00	33,68	48,11	53,99	49,85	62,546
252,50	33,63	47,92	53,76	49,67	62,546
253,00	33,58	47,74	53,54	49,51	62,546
253,50	33,53	47,56	53,32	49,34	62,546
254,00	33,48	47,38	53,1	49,17	62,546
254,50	33,42	47,22	52,89	49,01	62,546
255,00	33,36	47,04	52,67	48,84	62,546
255,50	33,3	46,86	52,45	48,67	62,546
256,00	33,25	46,69	52,25	48,52	62,546
256,50	33,19	46,52	52,04	48,35	62,546
257,00	33,16	46,36	51,82	48,2	62,546
257,50	33,11	46,19	51,62	48,05	62,546
258,00	33,04	46,02	51,41	47,88	62,546
258,50	32,99	45,86	51,22	47,73	62,546
259,00	32,93	45,7	51,02	47,57	62,546
259,50	32,88	45,54	50,82	47,42	62,546
260,00	32,81	45,38	50,62	47,27	62,546
260,50	32,75	45,22	50,43	47,12	62,546
261,00	32,67	45,06	50,23	46,97	62,546
261,50	32,6	44,91	50,04	46,83	62,546
262,00	32,53	44,75	49,85	46,69	62,546
262,50	32,47	44,61	49,66	46,55	62,546
263,00	32,39	44,46	49,48	46,41	62,546
263,50	32,33	44,31	49,29	46,27	62,546
264,00	32,28	44,16	49,11	46,13	62,546
264,50	32,21	44,01	48,93	46	62,546

Continuación de apéndice 4.

265,00	32,16	43,87	48,75	45,86	62,546
265,50	32,11	43,73	48,57	45,73	62,546
266,00	32,03	43,59	48,39	45,6	62,546
266,50	31,98	43,45	48,21	45,47	62,546
267,00	31,92	43,31	48,04	45,35	62,546
267,50	31,87	43,17	47,86	45,22	62,546
268,00	31,82	43,04	47,7	45,09	62,546
268,50	31,75	42,9	47,53	44,96	62,546
269,00	31,7	42,77	47,35	44,83	62,546
269,50	31,65	42,63	47,19	44,72	62,546
270,00	31,6	42,5	47,02	44,59	62,546
270,50	31,55	42,37	46,87	44,46	62,546
271,00	31,5	42,24	46,7	44,35	62,546
271,50	31,46	42,12	46,53	44,22	62,546
272,00	31,4	41,99	46,38	44,1	62,546
272,50	31,33	41,86	46,21	43,99	62,546
273,00	31,28	41,73	46,06	43,86	62,546
273,50	31,23	41,6	45,91	43,75	62,546
274,00	31,18	41,49	45,75	43,63	62,546
274,50	31,14	41,36	45,6	43,52	62,546
275,00	31,08	41,24	45,45	43,39	62,546
275,50	31,03	41,12	45,29	43,27	62,546
276,00	30,98	41	45,14	43,16	62,546
276,50	30,91	40,89	45	43,04	62,546
277,00	30,9	40,77	44,84	42,93	62,546
277,50	31,01	40,64	44,7	42,81	62,546
278,00	31,27	40,53	44,55	42,71	62,546
278,50	31,44	40,43	44,41	42,62	62,546
279,00	31,63	40,31	44,27	42,53	62,546
279,50	31,74	40,21	44,13	42,47	62,546
280,00	31,84	40,12	43,99	42,39	62,546
280,50	31,95	40,02	43,85	42,33	62,546
281,00	32,06	39,93	43,72	42,28	62,546
281,50	32,14	39,84	43,58	42,21	62,546
282,00	32,25	39,76	43,45	42,15	62,546
282,50	32,34	39,67	43,32	42,1	62,546
283,00	32,44	39,59	43,21	42,03	62,546
283,50	32,51	39,53	43,08	41,98	62,546
284,00	32,6	39,45	42,97	41,93	62,546
284,50	32,68	39,38	42,86	41,88	62,546
285,00	32,75	39,31	42,75	41,83	62,546
285,50	32,81	39,25	42,65	41,78	62,546
286,00	32,89	39,18	42,54	41,74	62,546
286,50	33	39,13	42,44	41,69	62,546

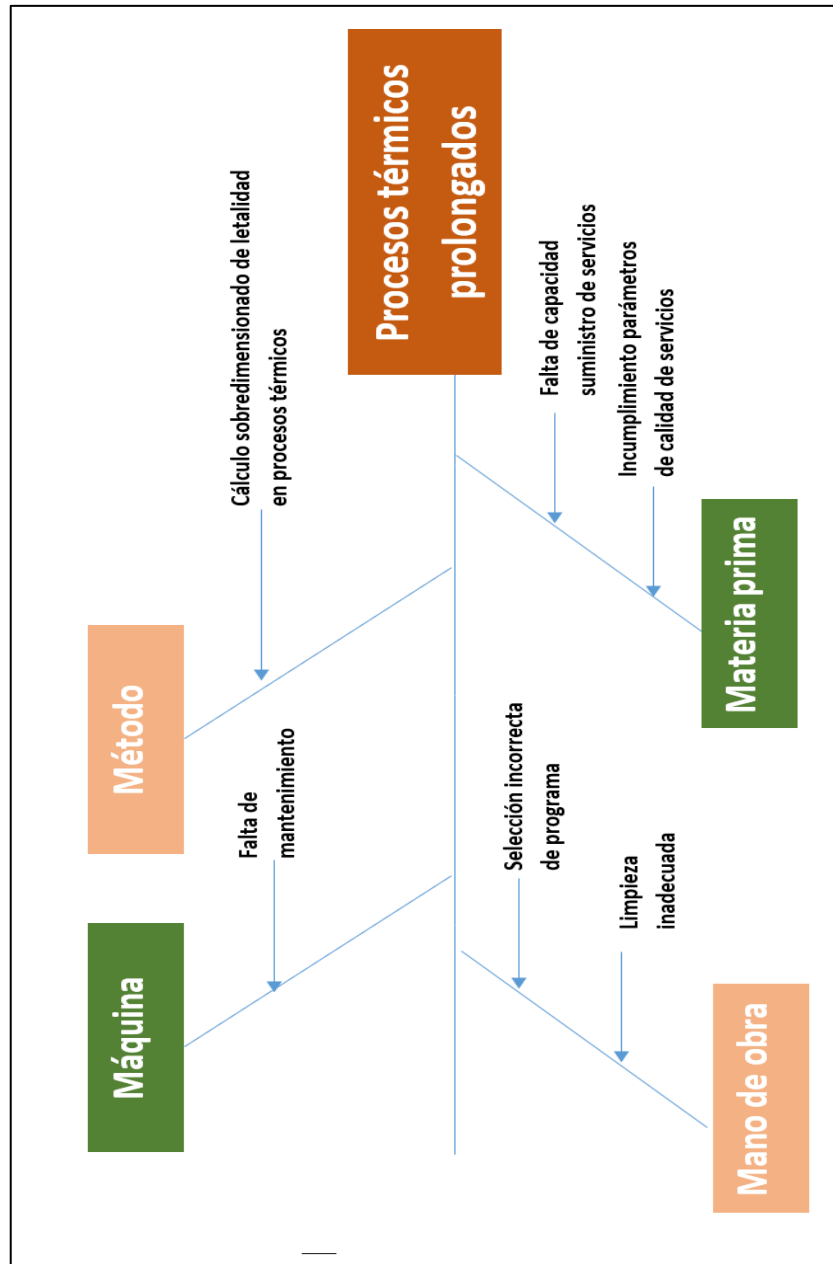
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Tabla de requisitos académicos**

<b>Área</b>	<b>Curso</b>	<b>Aplicación</b>
Operaciones Unitarias	Todas	Para entender el proceso y determinar las fallas que podría haber en este, la transferencia de calor que hay en el producto
Química	Todas	Para entender el comportamiento de las reacciones químicas y propiedades del frijol al ser sometidas a los distintos procesos de producción.
Especialización	Microbiología	Para identificar los tipos de microorganismos que pueden afectar en el proceso, así como el medio y temperatura de reproducción
	Tecnología de los alimentos	Para el análisis y efectos de los procesos industriales sobre los alimentos.
	Diseño de Equipo	Para el análisis de los equipos utilizados en el proceso
Fisicoquímica	Fisicoquímica	Para entender el proceso
	Técnicas de estudio y de investigación	Para la explicación de las partes de una investigación
Complementaria	Estadística 1 y 2	Para el análisis estadístico de los datos para la determinación de la frecuencia de ocurrencia de un fallo en una etapa del proceso

Fuente: elaboración propia.

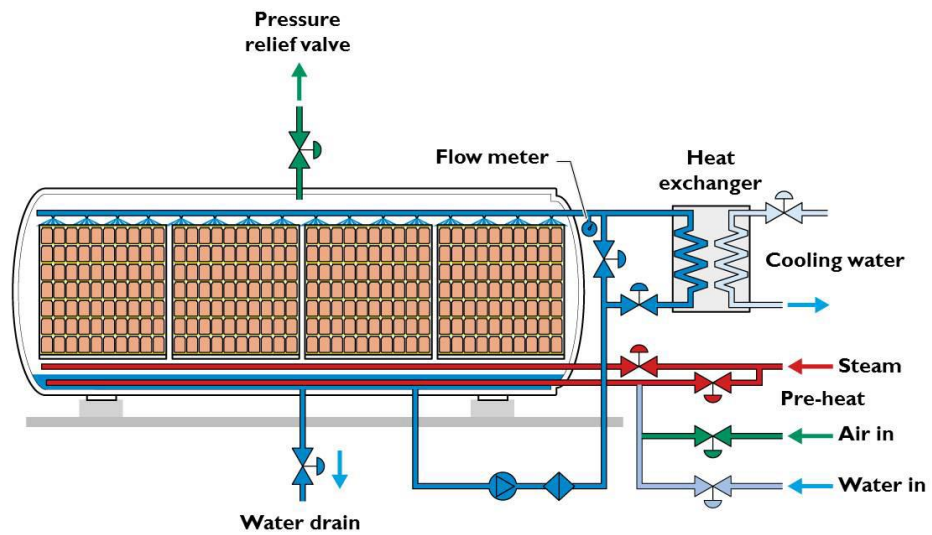
## Apéndice 6. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

## ANEXO

### Anexo 1. Diseño típico autoclave de cascada



Fuente: BEAN, John. *Tecnologies Food: Material didáctico curso Procesos Térmicos*. p. 3.

