



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

**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL  
POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON  
DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**

**Marvin Antonio Zunún Amézquita**

Asesorado por el Ing. Químico Carlos Salvador Wong Davi

Coasesorado por el Dr. Vet. Mario Erickson Velasco

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL  
POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON  
DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARVIN ANTONIO ZUNÚN AMÉZQUITA**

ASESORADO POR EL ING. QUÍMICO CARLOS SALVADOR WONG DAVI  
COASESORADO POR EL DR. VET. MARIO ERICKSON VELASCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 12 de octubre de 2012.

**Marvin Antonio Zunún Amézquita**

Guatemala, 12 de agosto del 2013

Ingeniero  
Víctor Manuel Monzón Valdés  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

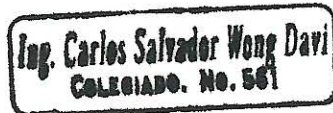
Distinguido Ingeniero Monzón:

Por este medio hago constar de la aprobación del informe final de Trabajo de Graduación titulado: "COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO". Por lo que podrá continuar con su proceso el estudiante universitario MARVIN ANTONIO ZUNÚN AMÉZQUITA con carné No. 009430916, quien ha cursado la carrera de Ingeniería Química y es asesorado por mi persona.

Sin otro particular me suscribo de usted atentamente,



Ing. Químico Carlos Wong  
Catedrático de la Universidad San Carlos de Guatemala  
Colegiado No. 561





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 06 de septiembre de 2013  
Ref. EI.Q.TG-IF.052.2013

Ingeniero  
V́ctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-065-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por el estudiante universitario: **Marvin Antonio Zunun Amézquita.**

Identificado con número de carné: **1994-30916.**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO.**

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:

**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Carlos Salvador Wong Davi.**

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Hilda Piedad Palma de Martini  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Período 2009 - 2015



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



Ref.EIQ.TG.032.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **MARVIN ANTONIO ZUNÚN AMÉZQUITA** titulado: "**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2014

Cc: Archivo  
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO BACTERIANO EN EL POLLO BENEFICIADO DURANTE SU VIDA EN ANAQUEL CON DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE ENFRIAMIENTO**, presentado por el estudiante universitario **Marvin Antonio Zunún Amézquita**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, marzo de 2014

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Jesucristo</b>	A Él sea el honor y la majestad.
<b>Mis padres</b>	Víctor Manuel Zunún e Hilda Amézquita de Zunún, por su amor abnegado.
<b>Mi esposa</b>	Lesbia Maribel Alvarado por su apoyo, aliento y comprensión.
<b>Mi hijo</b>	Fabricio Antonio, por ser mi mayor motivación.
<b>Mis hermanos</b>	Rony Adolfo, Ericka Lorena y Karla Dalila Zunún Amézquita, por su apoyo, cariño y respeto.
<b>Mis sobrinos</b>	Andrea Jimena, Adolfo Benjamín, José Ignacio Zunún De León, Josué Javier Feliciano, María José y Ana Victoria con mucho cariño.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad, consejos y colaboración.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por todo el conocimiento que me fue impartido dentro de sus aulas.
<b>Dr. Vet. Mario Erickson Velasco</b>	Por su amistad, ideas, asesoría y compartirme sus conocimientos.
<b>Ing. Carlos Wong</b>	Por su asesoría, apoyo y guía en la realización del presente trabajo.
<b>Pueblo de Guatemala</b>	Por facilitarme la educación superior.
<b>Industria Avícola</b>	Por el apoyo en permitirme realizar este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1.    ANTECEDENTES .....	1
2.    MARCO TEÓRICO.....	3
2.1.    Proceso de beneficiado de aves de corral.....	3
2.2.    Microbiología de los alimentos .....	6
2.2.1.    Reproducción. División celular (Fisión Binaria).....	9
2.2.1.1.    Formación de nuevas células (síntesis macromolecular).....	10
2.2.2.    Desarrollo, índice de desarrollo y tiempo de generación.....	11
2.2.2.1.    Ciclo de desarrollo normal .....	14
2.2.3.    Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento bacteriano.....	18
2.2.4.    Recuento en placa de bacterias aerobias mesófilas.....	21
2.2.4.1.    Coliforme .....	23
2.2.4.2.    E. Coli .....	26
2.2.4.3.    Salmonella.....	26

2.3.	Regulación nacional, Norma COGUANOR NGO 34 212:99 ....	27
2.4.	Regulación internacional <i>USDA</i> .....	31
3.	METODOLOGÍA .....	33
3.1.	Parámetros de control de proceso .....	33
3.2.	Selección de la muestra .....	34
3.3.	Procedimiento .....	35
3.4.	Delimitación de campo de estudio .....	36
3.5.	Recursos humanos .....	36
3.6.	Recursos materiales.....	37
3.6.1.	Equipo .....	37
3.6.2.	Cristalería .....	38
3.6.3.	Reactivos.....	38
3.7.	Técnica cualitativa.....	38
3.8.	Técnica cuantitativa.....	38
3.8.1.	Toma de muestra .....	39
3.8.2.	Análisis microbiológico .....	39
3.9.	Recolección y ordenamiento de la información .....	39
3.9.1.	Registro de los resultados microbiológicos .....	40
3.9.2.	Registro de los resultados organolépticos.....	41
3.10.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	41
3.11.	Análisis estadístico.....	42
3.12.	Plan de análisis de los resultados .....	43
3.12.1.	Variable de los resultados microbiológicos y organolépticos .....	44
3.12.2.	Programas a utilizar para análisis de datos.....	44

4.	RESULTADOS .....	45
4.1.	Resultados organolépticos .....	45
4.2.	Resultados microbiológicos .....	55
4.2.1.	Recuentos totales para pollo que no utilizó preenfriador .....	61
4.2.2.	Recuentos totales para pollo que sí utilizó preenfriador .....	66
4.2.3.	Comparación de los recuentos totales entre ambos enfriamientos .....	70
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	73
5.1.	Recuentos totales de coliformes.....	73
5.2.	Análisis de los resultados microbiológicos.....	75
5.3.	Vida en anaquel del producto .....	77
	CONCLUSIONES .....	79
	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	APÉNDICES .....	85
	ANEXOS.....	89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Sistema de enfriamiento por inmersión de las aves de corral .....	4
2.	Diagrama de flujo procesamiento de pollo entero sin menudos .....	5
3.	División binaria de células procariotas .....	9
4.	Velocidades de proliferación en escala aritmética .....	15
5.	Curva típica de desarrollo bacteriano .....	15
6.	E-Coli .....	26
7.	Crecimiento bacteriano N <i>versus</i> tiempo .....	42
8.	Crecimiento bacteriano log N <i>versus</i> tiempo .....	43
9.	Crecimiento bacteriano en proceso sin preenfriador en los cinco tratamientos .....	62
10.	Crecimiento bacteriano promedio proceso sin preenfriador .....	62
11.	Crecimiento bacteriano logarítmico proceso sin preenfriador .....	63
12.	Crecimiento bacteriano logarítmico proceso sin preenfriador, fase exponencial .....	64
13.	Crecimiento bacteriano proceso sin preenfriador, fase exponencial ...	65
14.	Crecimiento bacteriano en proceso con preenfriador en los cinco tratamientos .....	67
15.	Crecimiento bacteriano promedio proceso con preenfriador .....	67
16.	Crecimiento bacteriano logarítmico proceso con preenfriador .....	68
17.	Crecimiento bacteriano logarítmico proceso con preenfriador, fase exponencial .....	69
18.	Crecimiento bacteriano proceso con preenfriador, fase exponencial ...	70
19.	Comparación del crecimiento bacteriano en ambos enfriamientos .....	71

20.	Comparación del crecimiento logarítmico bacteriano en ambos enfriamientos .....	71
21.	Crecimiento de coliformes <i>versus</i> tiempo en los cinco tratamientos, proceso sin preenfriador .....	73
22.	Crecimiento de coliformes <i>versus</i> tiempo en los cinco tratamientos, proceso con preenfriador .....	74
23.	Comparación del crecimiento de coliformes en ambos enfriamientos .....	74
24.	Comparación del crecimiento logarítmico de coliformes en ambos enfriamientos .....	75

## TABLAS

I.	Tiempo de vida de las carnes en días <i>versus</i> la temperatura de almacenaje .....	2
II.	Tipos de microorganismos en función de sus temperaturas de crecimiento mínima, máxima y óptima .....	19
III.	Criterios microbiológicos para pollo beneficiado listo para cocinar, sus cortes y menudos. ....	28
IV.	Número de unidades de muestreo, según el número de unidades en el lote .....	30
V.	Tiempo de enfriamiento de las carcasas de aves de corral en función de su peso .....	32
VI.	Parámetros de control de proceso. ....	33
VII.	Distribución de tratamientos de acuerdo con el peso del ave .....	34
VIII.	Formato del registro de los resultados microbiológicos .....	40
IX.	Formato del registro de los resultados organolépticos .....	41
X.	Ordenamiento de los datos .....	41



XI.	Características organolépticas en pollo de 3,70 libras sin preenfriador.....	45
XII.	Características organolépticas en pollo de 3,70 libras con preenfriador.....	46
XIII.	Características organolépticas en pollo de 3,80 libras sin preenfriador.....	47
XIV.	Características organolépticas en pollo de 3,80 libras con preenfriador.....	48
XV.	Características organolépticas en pollo de 3,90 libras sin preenfriador.....	49
XVI.	Características organolépticas en pollo de 3,90 libras con preenfriador.....	50
XVII.	Características organolépticas en pollo de 4,00 libras sin preenfriador.....	51
XVIII.	Características organolépticas en pollo de 4,00 libras con preenfriador.....	52
XIX.	Características organolépticas en pollo de 4,10 libras sin preenfriador.....	53
XX.	Características organolépticas en pollo de 4,10 libras con preenfriador.....	54
XXI.	Resultados en pollo de 3,70 libras sin preenfriador. ....	55
XXII.	Resultados en pollo de 3,70 libras con preenfriador .....	56
XXIII.	Resultados en pollo de 3,80 libras sin preenfriador .....	56
XXIV.	Resultados en pollo de 3,80 libras con preenfriador. ....	57
XXV.	Resultados en pollo de 3,90 libras sin preenfriador .....	57
XXVI.	Resultados en pollo de 3,90 libras con preenfriador .....	58
XXVII.	Resultados en pollo de 4,00 libras sin preenfriador. ....	58
XXVIII.	Resultados en pollo de 4,00 libras con preenfriador .....	59
XXIX.	Resultados en pollo de 4,10 libras sin preenfriador .....	59

XXX.	Resultados en pollo de 4,10 libras con preenfriador.....	60
XXXI.	Recuentos totales (UFC/g) en aves con diferente peso en libras y en un proceso sin preenfriador .....	61
XXXII.	Recuentos totales (UFC/g) en aves con diferente peso en libras y en un proceso con preenfriador .....	66

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Co</b>	Cobalto
<b>Cu</b>	Cobre
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>g</b>	Gramos
<b>Fe</b>	Hierro
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>Mn</b>	Manganeso
<b>μ</b>	Micrómetro
<b>mg</b>	Miligramo
<b>ml</b>	Mililitro
<b>Mb</b>	Molibdeno
<b>K</b>	Potasio
<b>Ph</b>	Potencial de hidrógeno
<b>UFC</b>	Unidades formadoras de colonias
<b>Zn</b>	Zinc



## **GLOSARIO**

<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas es el Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, lo cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad. La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional.
<b>Enfriador</b>	Máquina de refrigeración cuyo objetivo es enfriar un medio líquido, generalmente agua, la cual se usa posteriormente para el enfriamiento del ave por inmersión.
<b>Inocuidad</b>	Es la condición de los alimentos que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.
<b>Organoléptico</b>	Se dice de las propiedades de los cuerpos que se pueden percibir por los sentidos.

<b>Pollo beneficiado</b>	Es el pollo sacrificado, desangrado, desplumado, sin patas, eviscerado, terminado y enfriado. Se le conoce también como pollo crudo.
<b>Preenfriador</b>	Tanque semicircular que contiene agua a temperatura ambiente donde se sumerge el pollo por completo.
<b>Registrador de datos</b>	Equipo utilizado para el monitoreo de la temperatura.
<b>Tenderizado</b>	Este proceso permite que la carne sea más suave, mejora la ruptura y la retención de líquidos.
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Es una unidad ejecutiva del Gobierno Federal de EE.UU. Su propósito es desarrollar y ejecutar políticas de ganadería, agricultura, alimentación. Asimismo se enfoca en atender las necesidades de los productores (granjeros, rancheros) al promover el comercio agrícola y la producción, garantizar la seguridad alimentaria, proteger los recursos naturales, mejorar las comunidades rurales y ponerle fin al hambre.

## RESUMEN

En una planta procesadora de pollo ubicada en la costa sur del país se está considerando modificar el procedimiento del enfriamiento del pollo utilizando de los tres tanques, sólo dos; a efectos de ahorrar tiempo, agua, hielo, energía eléctrica, para esto se requirió hacer la validación de los parámetros de calidad de un pollo enfriado en estas condiciones y conocer el comportamiento del crecimiento bacteriano en el ave en el período de almacenamiento como producto fresco, es decir, se realizaron pruebas de la vida en anaquel del producto y sus efectos al realizar un enfriamiento más corto, comparándolo con lo que se ha venido trabajando.

Se realizó la evaluación a través de propiedades organolépticas, percibiendo a través del estado del producto que sus características no varíen, hasta la no aceptación del mismo.

Por otra parte, se evaluó el producto cuantitativamente analizando los recuentos microbiológicos y determinando su carga bacteriana. Esto permitió realizar la curva del crecimiento bacteriano la cual sirvió para visualizar con más claridad, el comportamiento de los microorganismos en el producto almacenado a temperaturas establecidas en la Norma COGUANOR 34212:99.





# OBJETIVOS

## General

Comparar el crecimiento bacteriano en el pollo beneficiado durante su vida en anaquel con diferentes procedimientos de enfriamiento desde el punto de vista de calidad e inocuidad del producto.

## Específicos

1. Conocer para los dos procesos de enfriamiento, el desarrollo metabólico real de los microorganismos gráficamente durante el tiempo de almacenaje hasta el momento de su descomposición.
2. Evaluar la factibilidad del uso de dos tanques enfriadores en lugar de tres, en el proceso de enfriado de pollo beneficiado por medio de los análisis microbiológicos.
3. Verificar microbiológicamente con la reducción del tiempo de enfriamiento, si existen cambios significativos en cada fase del crecimiento bacteriano.
4. Avalar la vida en anaquel establecida por la empresa que garantice la inocuidad del producto al consumidor, mediante los análisis microbiológico y organoléptico.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general:**

La no utilización del tanque preenfriador, no afectará la temperatura final del pollo al momento de salir de los tanques enfriadores; por lo que se obtienen las mismas temperaturas del producto y la carga bacteriana será también la misma, factores que no alterarán la duración del producto al permanecer almacenado como producto fresco.

### **Hipótesis estadística:**

#### **Hipótesis nula**

No existe diferencia significativa en el crecimiento bacteriano en ambos procesos de enfriamiento.

#### **Hipótesis alternativa**

Existe diferencia significativa en el crecimiento bacteriano en ambos procesos de enfriamiento.

## INTRODUCCIÓN

Hay factores intrínsecos que afectan el crecimiento microbiano tales como: la temperatura, nutrientes, actividad acuosa, oxígeno, pH, factores antimicrobianos de ocurrencia natural, estructuras biológicas, sin embargo, tratándose de una planta de procesamiento de pollo, la reducción de la carga microbiana por el efecto de la temperatura juega un papel importante para obtener resultados de recuentos permisibles y es un tema trascendental que debe sustentarse totalmente en pruebas y validaciones que permitan determinar los criterios establecidos por la empresa que coadyuvan a que no sólo se cumpla lo establecido en norma, sino que se busque la mejora continua.

Este trabajo tiene como finalidad, documentar el crecimiento bacteriano en el proceso de enfriamiento actual y validar el enfriamiento con un tiempo menor, al suprimir el uso de una de las tres secciones del sistema de enfriamiento, con la cual se busca la optimización de los recursos y determina si es viable implementar este ajuste en el proceso, sin comprometer la calidad e inocuidad del producto.



## 1. ANTECEDENTES

A nivel nacional se han encontrado estudios relacionados con la avicultura y tratan temas sobre el aislamiento de listeria, caracterización de la merma de pollo, determinación del arsénico, determinación de salmonella, determinación de coliformes y staphilococos, de residuos de antibióticos, comercialización del pollo; otras sobre los productos de tenderizado, etcétera, sin embargo, no existe ningún estudio que trate sobre el tiempo de enfriamiento del ave y sus efectos en la vida en anaquel.

En la industria avícola, donde se desarrolla este trabajo se tienen datos microbiológicos con fecha abril de 2009 que tratan sobre la vida en anaquel del pollo beneficiado después de ocho días, en donde los resultados obtenidos han estado dentro de la Norma COGUANOR y cuyo proceso contemplaba el uso de los tres tanques enfriadores.

Los productos de aves de corral son intensamente perecederos y, como consecuencia, deben conservarse a la temperatura más baja posible con el fin de maximizar su vida en anaquel. Los estudios han demostrado que las poblaciones de ciertas bacterias se duplican cada 36 horas a -2 grados Centígrados, cada 14 horas a 0 grados Centígrados, cada 7 horas a 5 grados Centígrados y en menos de 1 hora, a 25 grados Centígrados. Los estudios también han demostrado que los conteos bacterianos totales en las aves conservadas a 2 grados Centígrados durante catorce días son equivalentes a las conservadas a 10 grados Centígrados durante cinco días o a 24 grados Centígrados durante un día.

También se ha encontrado que las aves conservadas a -1 grados Centígrados tuvieron ocho días de vida adicional en anaquel por encima de las conservadas a 4 grados Centígrados. (Ref. 2, 263 p)

El tiempo de vida para las carnes varía con respecto de la siguiente tabla:

Tabla I. **Tiempo de vida de las carnes en días *versus* la temperatura de almacenaje**

Temperatura (°C)	Días
0	10
1	7
3	4
5	3
10	2
16	1

Fuente: Prandl, Oskar; Fischer, Albert; Schmidhofer, Thomas; Sinell, Hans Jurgen.  
Tecnología e Higiene de la carne 1994, 258 p.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Proceso de beneficiado de aves de corral

Pollo: son aves de cualquier sexo de la especie *Gallus gallus*, destinadas a engorde para consumo humano y que habiendo llegado a su estado adulto son jóvenes.

Los productos de ave de corral se pueden conservar por enfriamiento con hielo hasta una temperatura de 1 a 2 grados Centígrados o enfriamiento profundo hasta alrededor de -2 grados Centígrados, para almacenamientos de corta duración o congelándolos hasta -18 grados Centígrados o por debajo de esta temperatura, para almacenamiento a largo plazo. Las plantas de procesamiento de aves de corral están por completo automatizadas y el tamaño pequeño de las aves hace factible la operación mediante una línea continua con transportador.

En primer lugar, con una descarga eléctrica se hace perder el sentido a las aves antes de cortarlas, para evitar la lucha. Después de 90 a 120 segundos de sangrado, se escaldan sumergiendo en un tanque con agua caliente, usualmente entre 51 y 55 grados Centígrados, hasta por 120 segundos para aflojar las plumas, luego por medio de máquinas las arrancan, se extraen las vísceras y se lava por completo antes de enfriar. La temperatura interna de las aves varía entre 24 a 35 grados Centígrados después de lavado, dependiendo de las temperaturas del aire ambiente y del agua de lavado, así como, de la duración de este.

Para controlar el desarrollo microbiano, las reglamentaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) requieren que el ave se enfríe hasta 4 grados Centígrados o menos, en menos de 4 horas, para las que poseen menos de 1,8 kilogramos (4 libras); en menos de 6 horas, para las de 1,8 a 3,6 kilogramos (4 a 8 libras); y en menos de 8 horas, para aquellas de más de 3,6 kilogramos (8 libras).

No es difícil cumplir con estos requisitos, ya que el lento enfriamiento por aire ha sido reemplazado en gran parte por el rápido enfriamiento por inmersión en tanques de hielo semiderretido. En el enfriamiento por inmersión se pierden algunos sólidos solubles del ave que se van al agua, pero la pérdida no tiene efecto significativo sobre el sabor.

Figura 1. **Sistema de enfriamiento por inmersión de las aves de corral**

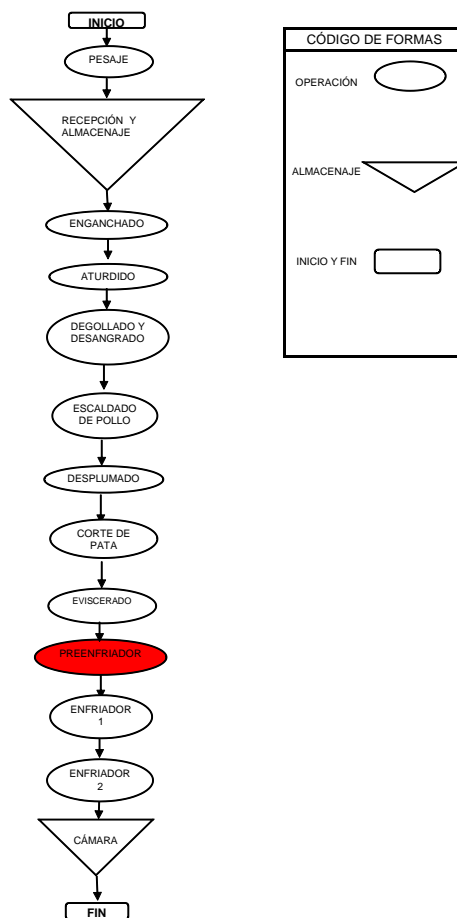


Fuente:[https://www.google.co.in/search?hl=en&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1204&bih=639&q=enfriadores+de+pollo+beneficiado&oq=enfriadores+de+pollo+beneficiado&gs\\_l=img.3...3917.10983.0.11874.32.8.0.24.1.182.955.4j4.8.0....0...1ac.1.31.img..19.13.671.Mv1mMjN MmxE](https://www.google.co.in/search?hl=en&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1204&bih=639&q=enfriadores+de+pollo+beneficiado&oq=enfriadores+de+pollo+beneficiado&gs_l=img.3...3917.10983.0.11874.32.8.0.24.1.182.955.4j4.8.0....0...1ac.1.31.img..19.13.671.Mv1mMjN MmxE). [Consulta: agosto de 2013].



El desarrollo de los microorganismos sobre las superficies de las aves causa un olor desagradable y de baba bacteriana. Entre más alta es la cantidad inicial de contaminación bacteriana, con mayor rapidez ocurre la formación de baba. Por lo tanto, las buenas prácticas sanitarias durante el procesamiento, como la limpieza frecuente del equipo y el lavado de los canales, son tan importantes como la temperatura de almacenamiento para ampliar la vida en anaquel.

Figura 2. **Diagrama de flujo procesamiento de pollo entero sin menudos**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Microbiología de los alimentos**

Los microorganismos como las bacterias, las levaduras, los mohos y los virus se encuentran en el aire, el agua, el suelo, los organismos vivos y los productos alimenticios no procesados, causan sabores y olores fuera de lo común, producción de baba, cambios en la textura y el aspecto y, corrompen los alimentos. El mantenimiento de los alimentos perecederos a temperaturas cálidas es la causa principal de su corrupción y la prevención de esta y de la degradación prematura de la calidad, debido a los microorganismos, es el área más grande de aplicación de la refrigeración. El primer paso en el control de los organismos es entender qué son y los factores que influyen en su transmisión, desarrollo y destrucción.

De las diversas clases de microorganismos, las bacterias constituyen la causa principal de la corrupción de los alimentos, en especial los húmedos. Los alimentos secos y ácidos crean un medioambiente indeseable para el desarrollo de las bacterias, pero no para el de las levaduras y los mohos. Los mohos se encuentran sobre las superficies húmedas, el queso y los alimentos corruptos. En ciertos animales y humanos se encuentran virus específicos y las malas prácticas sanitarias, como mantener los alimentos procesados en la misma área que los cocinados y no tener el cuidado de lavarse las manos, pueden causar la contaminación de los productos alimenticios.

Cuando ocurre la contaminación, los microorganismos empiezan a adaptarse a las nuevas condiciones ambientales. Este período inicial lento y sin desarrollo se llama fase de retardo y la vida en anaquel de un producto alimenticio es directamente proporcional a la duración de esta fase (ver figura 5).

Después del período de adaptación le sigue el desarrollo exponencial durante el cual la población de microorganismos puede duplicarse dos o más veces cada hora, en condiciones favorables, a menos que se tomen medidas sanitarias drásticas. El agotamiento de los nutrientes y la acumulación de toxinas desaceleran el desarrollo e inician el período de muerte.

La velocidad de desarrollo de los microorganismos en un artículo alimenticio depende tanto de las características del propio alimento como de la estructura química, el nivel de pH, la presencia de inhibidores y microorganismos competidores, del contenido de agua, así como, de las condiciones ambientales, como temperatura y humedad relativa del medioambiente y el movimiento del aire.

Los microorganismos necesitan alimento para crecer y multiplicarse y sus necesidades de nutrición son satisfechas con facilidad por los carbohidratos, las proteínas, los minerales y las vitaminas de un alimento. Diferentes tipos de microorganismos tienen necesidades distintas de nutrición y los tipos de nutrientes de un alimento determinan los tipos de microorganismos que se pueden alojar en ellos. Los preservativos agregados al alimento también pueden inhibir el desarrollo de ciertos microorganismos. Las diferentes clases de microorganismos que existen compiten por la misma fuente de alimentos y la composición de los microorganismos que existen en un alimento depende de la composición inicial de ellos.

Todos los organismos vivos necesitan agua para crecer y los microorganismos no pueden crecer en los alimentos que no están suficientemente húmedos. El desarrollo microbiológico en los alimentos refrigerados como las frutas frescas, los vegetales y las carnes inicia en las superficies expuestas, donde es más probable que ocurra la contaminación.

La carne fresca en un paquete que se deja en una habitación se estropeará con rapidez, como es probable que el lector haya advertido. No obstante, un canal de carne colgado en un medioambiente controlado envejecerá sanamente como resultado de la deshidratación en la superficie exterior, lo cual inhibe el desarrollo microbiológico y protege el canal.

El desarrollo de los microorganismos en el alimento se rige por los efectos de las características del mismo y los factores ambientales. No se puede hacer mucho con respecto a las características del alimento, pero con toda certeza se pueden alterar las condiciones ambientales para llevarlas hacia niveles más deseables a través de la calefacción, el enfriamiento, la ventilación, la humidificación, la deshumidificación y el control de los niveles de oxígeno. La velocidad de desarrollo de los microorganismos en los alimentos depende principalmente de la temperatura y el control de esta es el mecanismo más eficaz para controlar su desarrollo.

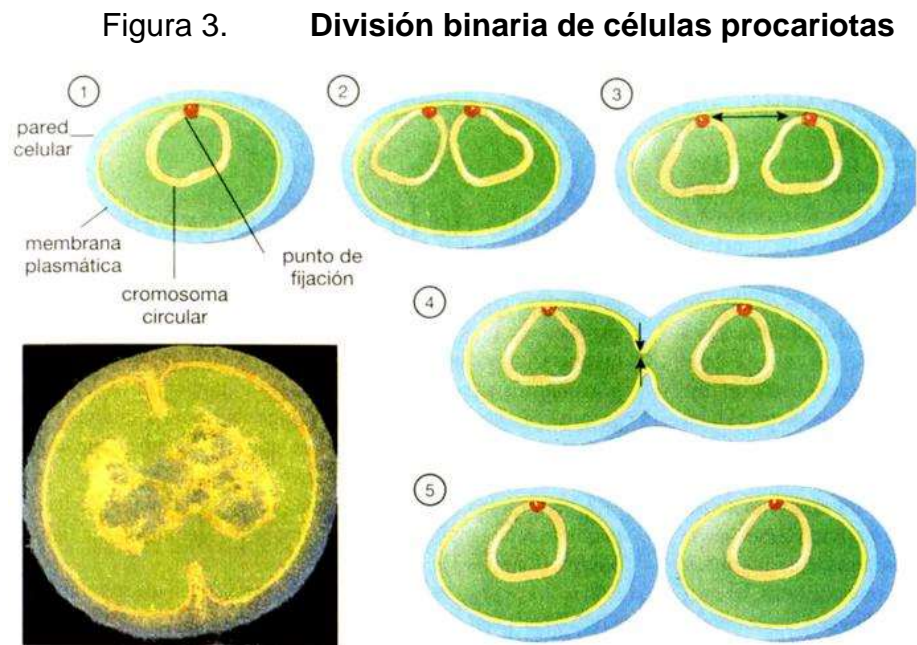
El desarrollo de los microorganismos se manifiesta en temperaturas cálidas, usualmente entre 20 y 60 grados Centígrados. La rapidez de desarrollo desciende a medida en que aumenta la temperatura. Por lo general, la mayor parte de los microorganismos mueren a temperaturas mayores de los 70 grados Centígrados.

En ocasiones, un incremento mínimo en la temperatura puede provocar un aumento significativo en la velocidad de desarrollo de microorganismos, lo que dará como resultado la disminución de la vida en anaquel del alimento. Por ejemplo, la velocidad de desarrollo de algunos microorganismos se duplica por 3 grados Centígrados de aumento en la temperatura.

### 2.2.1. Reproducción. División celular (Fisión Binaria)

El procedimiento más común y el más importante en el ciclo de desarrollo de las poblaciones bacterianas es la fisión binaria transversal, en la cual una célula se divide en dos, después de desarrollar una pared transversal (ver figura 3).

La fisión binaria transversal es un procedimiento de reproducción asexual. En algunas especies, pero de manera poco frecuente, se ve precedida por apareamiento o conjugación de las células.



1) El cromosoma circular está unido a un punto de la membrana plasmática 2) El cromosoma se duplica. Las dos copias están fijadas a la membrana en puntos cercanos 3) La célula se alarga, se agrega nueva membrana plasmática entre los puntos de unión 4) La membrana plasmática crece hacia el interior 5) La célula original se ha dividido en dos células hijas. La imagen corresponde al corte transversal de una célula procariota durante la fisión binaria en una etapa similar a la fase 4 descrita.

Fuente: [http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/microbiologia/unidad\\_3\\_crecimiento\\_bacteriano.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/microbiologia/unidad_3_crecimiento_bacteriano.pdf). [Consulta: agosto de 2013].

La fisión binaria no es el único método de reproducción de las bacterias. Especies de géneros *Streptomyces* producen muchas esporas reproductoras por cada individuo, cada una de las cuales da origen a un nuevo individuo. Bacterias relacionadas (del género *Nocardia*) producen desarrollo filamentosos extenso seguido de la fragmentación de los filamentos en pequeñas células bacilares o cocoides, cada una de las cuales dará origen a un nuevo desarrollo.

Otras bacterias (por ejemplo, el *Hyphomicrobium sp.*) son capaces de reproducirse por generación. Del tallo de la célula madre surge un crecimiento autónomo o yema y después de un período de alargamiento se separa de la célula progenitora como una nueva célula.

#### **2.2.1.1. Formación de nuevas células (síntesis macromolecular)**

En organismos tan minúsculos como las bacterias existen numerosas dificultades técnicas para observar e interpretar los complejos cambios citológicos que se efectúan durante el proceso de reproducción, aunque nuevos procedimientos especiales de análisis químico y técnicas microscópicas, sobre todo exámenes al microscopio electrónico en cortes ultrafinos, han podido revelar algunos de los eventos citológicos que ocurren.

Además, el desarrollo de técnicas para mantener poblaciones complejas de células en el mismo estado del ciclo de desarrollo “todas las células se dividen al mismo tiempo” han hecho posible realizar análisis de las células en distintos momentos de su desarrollo con sustancias químicas específicas.

El resultado de los análisis de las cosechas de células se puede interpretar como el reflejo de la composición de células individuales en ese estado de desarrollo. Esta técnica de cultivo se conoce como cultivo sincrónico. Toda la cosecha de células procedentes de un cultivo sincrónico pueden examinarse y los resultados se interpretan como la representación de las condiciones en una sola célula en ese estado peculiar de desarrollo.

Las células bacterianas inoculadas en un medio de cultivo selectivo fresco, obtienen sus nutrientes de su ambiente. A través de la síntesis bioquímica estos nutrientes se transforman en sustancias celulares: RNA, DNA, proteínas, enzimas y otras macromoléculas. Luego se incrementa el tamaño celular y la masa celular y por último se sintetizan nuevas sustancias de la pared celular. La Escherichiacoli es un ejemplo de este proceso.

### **2.2.2. Desarrollo, índice de desarrollo y tiempo de generación**

El modo prevalente de la reproducción celular se empieza con la fisión binaria; una célula que se divide, produce dos. Así empieza con una sola bacteria, el incremento en la población se hará en progresión geométrica:  
 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \rightarrow 2^5 \dots \rightarrow 2^n$

El plazo que se necesita para que una célula se divida (o para que la población celular se duplique) se conoce como tiempo de generación. No todas las bacterias tienen el mismo tiempo de generación. Para algunas, como la Escherichiacoli, es de 15 a 20 minutos; para otras es un proceso de varias horas. De manera similar, el tiempo de generación para una bacteria en particular no es el mismo bajo todas las condiciones.

El tiempo de generación depende en gran medida de los nutrientes presentes en el medio de cultivo y de las condiciones físicas imperantes. Las bacterias son capaces de desarrollarse en gran variedad de condiciones físicas y también de asimilar diversas sustancias nutritivas, pero el desarrollo óptimo requiere de ciertas condiciones específicas para cada especie en concreto.

Las óptimas condiciones, se puede determinar fácilmente el tiempo de generación de un cultivo de bacterias y analizar su desarrollo mediante la aplicación de expresiones matemáticas simples.

Es posible determinar el tiempo de generación de una bacteria, en lo individual, mediante la observación microscópica directa de un cultivo en un medio adecuado de desarrollo, de preferencia con microscopio de contraste de fase. Mediante equipos fotográficos disponibles que se instalan en microscopios de contraste de fase es posible establecer de manera automática la secuencia de estos acontecimientos. El mayor acercamiento convencional se obtiene inoculando el medio con un número conocido de células, dejar que se desarrollen en óptimas condiciones y después determinar la población final.

Entre los datos experimentales necesarios para calcular el tiempo de generación figuran los siguientes: el número de bacterias iniciales, el número de bacterias al final de un intervalo dado y el intervalo.

Se examinará la situación hipotética. Una bacteria es sembrada en un medio y en cuanto transcurre el tiempo de generación se tendrán dos células; al cabo de otra generación serán cuatro células y al final de la tercera, ocho. Cada generación sucesiva y suponiendo que no mueren células, duplicará la población. La relación entre el número de células y generaciones se puede expresar en una serie de ecuaciones:



Donde B = número de bacterias sembradas en un medio o la cuenta de bacterias en el tiempo cero

b = número de bacterias al final de un período

t = período

G= tiempo de generación

n = número de generaciones

$\log_{10}$  = logaritmo de base 10 (logaritmos comunes, se utilizan con frecuencia para representar gráficamente o expresar de otra manera las poblaciones bacterianas).

Empezando con una sola célula, la población b al final de un período dado puede expresarse así:

$$b = 1 \times 2^n \quad (1)$$

en donde  $2^n$  es la población bacteriana después de la enésima generación. Aunque en condiciones prácticas el número de bacterias B que se introducen al medio en el tiempo cero, no es una, sino al parecer varios miles, por lo que la fórmula ahora es la siguiente:

$$b = B \times 2^n \quad (2)$$

resolviendo la ecuación (2) para n, se tiene

$$\log b = \log B + n \log 2$$

$$n = \frac{\log b - \log B}{\log 2} \quad (3)$$

Si ahora se sustituye el valor del logaritmo 2, que es 0,301 en la ecuación anterior, se tendrá:

$$n = 3,3 \log b/B \quad (4)$$

De este modo, mediante la ecuación (4) se puede calcular el número de generaciones que han tenido lugar, a condición de que se sepa la población inicial B y la población b después del tiempo t.

El tiempo de reproducción  $G$  es igual a  $t$  que es el tiempo que transcurre entre  $b$  y  $B$  dividido entre el número de generaciones  $n$ , o

$$G = t/n = t/3,3 \log (b/B) \quad (5)$$

### **2.2.2.1. Ciclo de desarrollo normal**

(Curva de crecimiento de los cultivos bacteriológicos)

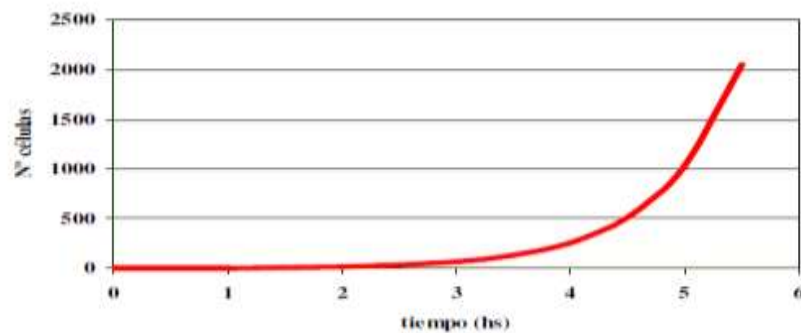
En el supuesto que en un medio de cultivo se ha sembrado una sola bacteria y que esta se multiplica a ritmo constante. Si se toma el número teórico de bacterias que debe haber a varios intervalos y se trazan los datos de dos maneras (logaritmo de número de bacterias y el número aritmético de bacterias contra el tiempo), se obtendrán curvas como las que se muestran en la figura 4. Sin embargo, esto no representa el curso normal del desarrollo, más bien una porción seleccionada de la curva normal del mismo, denominada desarrollo exponencial o fase logarítmica de desarrollo (comúnmente llamada fase Lag).

En realidad cuando se siembra un medio de cultivo fresco con un número determinado de microorganismos y se determina de manera intermitente la población bacteriana durante un período de incubación de 24 horas (más o menos) y después se pasan los resultados en una gráfica, es decir, los logaritmos del número de células contra tiempo, se obtiene una curva similar a la ilustrada en la figura 5.

En ella se puede apreciar que hay un período inicial en el que parece no haber desarrollo, seguido de desarrollo rápido, después nivelación y finalmente un descenso en la población viable.

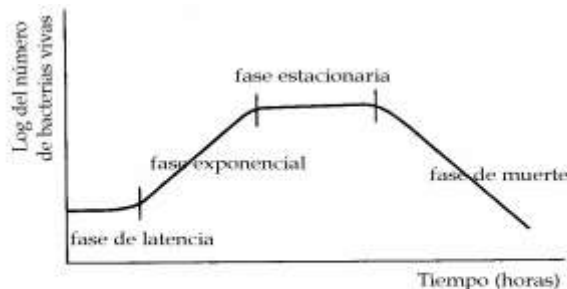
Entre cada una de estas fases hay un período de transición (parte curva). Esto representa el tiempo que se necesita para que todas las células pasen a la fase nueva. Esta es una peculiaridad en todos los organismos tomados de un cultivo e inoculados en un medio fresco. Se examinará lo que les sucede a las células bacterianas durante cada una de estas fases.

Figura 4. **Velocidades de proliferación en escala aritmética**



Fuente:[http://fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/microbiologia/unidad\\_3\\_creimiento\\_bacteriano.pdf](http://fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/microbiologia/unidad_3_creimiento_bacteriano.pdf). [Consulta: agosto de 2013].

Figura 5. **Curva típica de desarrollo bacteriano**



Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos27/crecimiento-bacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>. [Consulta: agosto de 2013]

### Fase de retardo (o fase Lag)

La siembra de un medio nuevo no va seguida de la duplicación de la población, de acuerdo con el tiempo de reproducción. En lugar de esto, la población permanece temporalmente inalterada, como se aprecia en la curva normal de desarrollo, pero esto no quiere decir que las células permanezcan inactivas o latentes, al contrario, durante este tamaño más allá de las dimensiones normales.

En términos fisiológicos se encuentran muy activas y están sintetizando protoplasma nuevo. Las bacterias en este ambiente nuevo pueden quizás encontrarse deficientes en enzimas y coenzimas que primero deben ser sintetizadas en las cantidades necesarias para que la maquinaria química celular funcione de manera óptima.

Se necesita tiempo para establecer ajustes en el medio físico que rodea a cada célula. Los organismos están en actividad metabólica, pero hay un retardo (Lag) en la división celular.

Al final de la fase de retardo cada organismo se divide, aunque no todos los organismos completan de manera simultánea esta fase, existe un incremento gradual en la población hasta el final de este período, cuando todas las células son capaces de dividirse a intervalos regulares.

### Fase logarítmica o exponencial

Durante este período las células se multiplican regularmente a ritmo constante y graficando el logaritmo del número de células contra tiempo dará una línea recta (ver figura 5).

En condiciones apropiadas, en esta fase el grado de desarrollo es máximo. La población de microorganismos es casi uniforme en composición química, actividad metabólica y otras características fisiológicas.

#### Fase estacionaria

La fase logarítmica de desarrollo empieza a disminuir después de varias horas, nuevamente y de manera gradual representada por la forma transicional de una línea recta a una curva y otra recta (la fase estacionaria se presenta en la figura 5). Esta tendencia hacia el cese del desarrollo se puede atribuir a gran variedad de circunstancias, sobre todo al agotamiento de algunos nutrientes y, en grado menos frecuente, a la producción de sustancias tóxicas durante el crecimiento. Por un tiempo la población permanece constante, quizás como resultado de la cesación completa de la división celular o al equilibrio del índice de reproducción con el índice equivalente de mortalidad bacteriana.

#### Fase de declinación o muerte

Después del período estacionario las bacterias pueden morir a una velocidad mayor que la producción de células nuevas, si acaso se están produciendo algunas.

Indudablemente, gran variedad de condiciones contribuyen a la muerte bacteriana, pero las más importantes son el agotamiento de las sustancias nutritivas esenciales y la acumulación de productos inhibidores, como ácidos. Durante la fase de muerte, el número de células viables desciende geométricamente (exponencialmente), a la inversa de lo que sucede durante la fase logarítmica de desarrollo.

Las bacterias mueren a diferentes períodos de igual manera que lo hacen al desarrollarse. Algunas especies de cocos Gram negativos mueren rápidamente, de tal manera que habrá muy pocas células viables en un cultivo prolongado de 72 horas o menos. Otras especies mueren tan lentamente que pueden persistir células viables durante meses o años.

### **2.2.3. Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento bacteriano**

Cada microorganismo tiene una temperatura de crecimiento adecuada. Si se considera la variación de la velocidad de crecimiento en función de la temperatura de cultivo, se puede observar una temperatura mínima por debajo de la cual no hay crecimiento. A temperaturas mayores se produce un incremento lineal de la velocidad de crecimiento con la temperatura de cultivo hasta que se alcanza la temperatura óptima a la que la velocidad es máxima. Por encima de esta temperatura óptima, la velocidad de crecimiento decae bruscamente y se produce la muerte celular.

El aumento de la velocidad de crecimiento con la temperatura se debe al incremento generalizado de la velocidad de las reacciones enzimáticas con la temperatura. Se denomina coeficiente de temperatura a la relación entre el incremento de la velocidad de reacción y el de temperatura. En términos generales, la velocidad de las reacciones bioquímicas suele aumentar entre 1,5 y 2,5 veces al aumentar 10 grados Centígrados la temperatura a la que tienen lugar.

La falta de crecimiento a temperaturas bajas se debe a la reducción de la velocidad de las reacciones bioquímicas y al cambio de estado de los lípidos de la membrana celular que pasan de ser fluidos a cristalinos, los cuales impiden el funcionamiento de la membrana celular.

La muerte celular en altas temperaturas se debe a la desnaturalización de proteínas y a las alteraciones producidas en las membranas lipídicas a esas temperaturas.

Es importante tomar en cuenta que a temperaturas bajas el metabolismo celular es lento y las células paran de crecer o suelen morir. Sin embargo, cuando la temperatura es superior a la óptima, se produce la muerte celular rápidamente por lo que las células no pueden recuperar su capacidad de división si la temperatura baja posteriormente. Esto permite esterilizar por calor y no por frío.

Tabla II. **Tipos de microorganismos en función de sus temperaturas de crecimiento mínima, máxima y óptima**

Tipo de microorganismo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura óptima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Psicrófilo	-5 + 5	12 – 15	15 – 20
Psicrótrofo	-5 + 5	25 – 30	30 – 35
Mesófilo	5 -15	30 – 45	35 – 47
Termófilo	40 - 45	55 – 75	60 – 90

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos27/crecimiento-bacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>. [Consulta: agosto de 2013].

Los microorganismos psicrótrofos son mesófilos que pueden crecer a temperaturas bajas, por lo tanto, se les puede considerar como psicrófilos facultativos. Esto es importante desde el punto de vista aplicado especialmente cuando se han contaminando los alimentos, porque son capaces de crecer en condiciones de refrigeración (4 – 8 grados Centígrados) y producir infecciones en los consumidores del alimento (30 - 35 grados Centígrados).

Desde el punto de vista clínico, los microorganismos capaces de producir infecciones en pacientes son los mesófilos y algunos psicrótrofos ya que sus temperaturas óptimas de crecimiento coinciden con las corporales.

Si la bacteria crece en un medio líquido, las células que se producen en cada división continúan su vida, independientemente en la mayoría de los casos, formando una suspensión de células libres.

Cuando una célula aislada comienza a crecer sobre un substrato sólido, el resultado del crecimiento, al cabo del tiempo, es una colonia. Se denomina unidad formadora de colonia (UFC) a una célula viva y aislada que se encuentra en un substrato y en condiciones ambientales adecuadas y produce una colonia en un breve lapso.

Una UFC también puede corresponder a más de una célula cuando estas forman parte de grupos unidos fuertemente (estreptococos o diplococos, por ejemplo) ya que cada grupo formará una sola colonia.



La fórmula elemental de un microorganismo es aproximadamente,  $C_4H_7O_2N$  lo que supone que los componentes de las células son: carbono que representa alrededor del 50 % del peso seco, oxígeno (32 %), nitrógeno (14 %) y debe estar disponible, normalmente, en forma de  $NH_4$  o de aminoácidos a los que se pueda tomar su grupo amino; fósforo (3 %) y debe estar en forma de  $PO_4^{3-}$ , azufre que representa en torno al 1 % y procede de aminoácidos sulfurados o de  $SO_4^{2-}$ ; y otros elementos traza entre los que se encuentran Fe, K, Mg, Mn, Co, Mb, Cu y Zn.

La elaboración de medios de cultivo que permitan aislar microorganismos, con el fin de iniciar posteriores cultivos puros, requiere proporcionar los nutrientes antes citados y en ciertos casos, algunos aminoácidos o vitaminas que determinados tipos de microorganismos no pueden sintetizar.

Los medios de cultivo se pueden clasificar en definidos, cuando su composición química se conoce totalmente, y complejos cuando no es el caso porque están compuestos por mezclas de extractos de materiales complejos (extracto de levadura, extracto de carne, etcétera). Pueden ser líquidos o sólidos, si se añade algún agente solidificante que no sea consumible por los microorganismos (normalmente agar).

#### **2.2.4. Recuento en placa de bacterias aerobias mesófilas**

La mayoría de los alimentos industrializados (excepto, los productos fermentados) deben ser considerados como inadecuados para el consumo cuando contienen gran número de microorganismos, aun cuando estos microorganismos no sean conocidos como patógenos y no hayan alterado de forma apreciable los caracteres organolépticos del alimento.

Pueden, darse varias razones que justifican esta conducta.

- Recuentos altos en alimentos estables a menudo indican materias primas contaminadas o tratamientos no satisfactorios desde el punto de vista sanitario, mientras que en los productos perecederos pueden indicar también condiciones inadecuadas de tiempo/temperatura durante su almacenamiento. La presencia de un número elevado de bacterias aerobias mesófilas que crecen bien a temperatura corporal o próxima a ella, significa que se han dado condiciones favorables a la multiplicación de los microorganismos patógenos de origen humano o animal.
- Algunas cepas de bacterias mesófilas comunes, no consideradas como agentes de enfermedades transmitidas por los alimentos (por ejemplo) *Proteus sp.*, *enterococos* y *pseudomonos* mesófilas han sido señaladas como causa de enfermedad cuando existía un número elevado de células viables en los alimentos. Sin embargo, parece prudente evitar que los alimentos industrializados no fermentados den recuentos en placa elevados.
- Todas las bacterias patógenas conocidas vehiculadas por los alimentos son mesófilas y, en algunos casos, contribuyen con su presencia a los recuentos en placa encontrados.
- Los niveles de población precisos para producir modificaciones organolépticas ostensibles varían ampliamente según el tipo de alimento y, de modo particular, la clase de microorganismo. En el momento en que la descomposición puede ser detectada por el olor, el gusto o el aspecto, la mayoría de los alimentos contienen más de  $10^6$  microorganismos por gramo (revisado por Elliott y Michener, 1961).

Algunos alimentos pueden ya ser inaceptables cuando contienen  $10^7$  bacterias por gramo, pero un número reducido de ellos se consumen aun cuando la población bacteriana alcance los  $10^8$  /gramo, mientras que este nivel de microorganismos se correlaciona con una alteración muy avanzada en otros alimentos no fermentados.

Respecto al inciso 1 y 2, las bacterias aerobias mesófilas, como grupo (es decir, las que crecen en placa de agar a 30-37 grados Centígrados), pueden ser consideradas como organismos indicadores, aunque representan una medida poco precisa y fiable del peligro de intoxicación alimentaria que otros indicadores. Los recuentos elevados de bacterias mesófilas, por ejemplo, en productos crudos o no tratados, a menudo están constituidos por la microflora normal o quizás indican una alteración incipiente del alimento y no un peligro potencial para la salud del consumidor.

Este estilo solo deberán utilizarlo si por error eliminan el título de una de las páginas preliminares.

#### **2.2.4.1. Coliforme**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de *coli*, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la Escherichiacoli, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor Von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como *bacteriumcoli* (“bacteria del intestino”, del griego *κολον*, *kolon*, “intestino”).

- Caracteres bioquímicos

El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas:

- Ser aerobias o anaerobias facultativas.
- Ser bacilos Gram negativos.
- No ser esporógenas.
- Fermentar la lactosa a 37 grados Centígrados en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas.

- Habitat del grupo coliforme

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también están ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al medioambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

- Los coliformes como indicadores

Tradicionalmente se les ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros:

- Escherichia
- Klebsiella
- Enterobacter
- Citrobacter

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprenden la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal.

#### **2.2.4.2. E. Coli**

Es un germen, cuyo hábitat natural es el tracto entérico del hombre y de los animales. La presencia de este microorganismo en un alimento indica generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal.

E. Coli es el indicador clásico de la posible presencia de patógenos entéricos en el agua, en los moluscos, en los productos lácteos y en los alimentos. Cifras sustanciales de E. Coli en un alimento sugieren una falta general de limpieza en el manejo del mismo y un almacenamiento inadecuado.

Figura 6. **E. Coli**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Escherichia\\_coli](http://es.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli). [Consulta: agosto de 2013].

#### **2.2.4.3. Salmonella**

El género Salmonella tiene varias especies que son patógenas del hombre y otros animales. Se diferencian de otros microorganismos entéricos y dentro de su género por reacciones bioquímicas, aspectos de las colonias en medios de cultivo, diferenciales y por tipificación serológica.

Los microorganismos son bacilos gram negativos que no forman esporas, de 0,5 a 0,7 por 1 a 3  $\mu$ m. Se mueven por flagelos peritricos. Aunque son anaerobias facultativas, se desarrollan bien en los medios de cultivo ordinarios en presencia de oxígeno.

La fiebre tifoidea es una enfermedad infecciosa aguda producida por *S. typhi*. Clínicamente se caracteriza por fiebre continua, inflamación de intestino, formación de úlceras intestinales (especialmente en las placas de Peyer) esplenomegalia, erupción de manchas rosas en el abdomen características y toxemia.

El período de incubación, por lo general es de 10 a 14 días. Esta se presenta en todos los países pero es infrecuente donde existen buenos controles de los desechos y de la purificación del agua. No existe inmunidad de sexo, racial o por edad.

### **2.3. Regulación nacional, Norma COGUANOR NGO 34 212:99**

“5 Definiciones y terminologías para el proceso

5.16 Refrigeración. Es la operación por la cual se almacenan los pollos listos para cocinar envasados o no, o sus cortes o sus menudos, a temperaturas comprendidas entre 4 y 0 grados Centígrados.

#### **8.3 Características organolépticas**

##### **8.3.1 Color y olor**

- La carne del producto deberá tener el color y olor característicos según su designación y no podrá tener color y olor extraños o anormales.
- La carne del producto no deberá haber sido coloreado durante el proceso.

8.3.2 Consistencia. La grasa y el tejido muscular de los productos frescos y congelados serán firmes y elásticos al tacto.

8.5 Criterios microbiológicos. Los pollos listos para cocinar, sus cortes y menudos, no deberán contener microorganismos en cantidades mayores a las indicadas en la tabla III y no deberán tener sustancias tóxicas producidas por microorganismos en cantidades que puedan presentar un riesgo para la salud.

Tabla III. **Criterios microbiológicos para pollo beneficiado listo para cocinar, sus cortes y menudos**

<b>Microorganismos</b>	<b>n(1)</b>	<b>C(2)</b>	<b>m(3)</b>	<b>M(4)</b>
Recuento de microorganismos(mesófilos) en placa, en unidades formadoras de colonias (UFC), por gramo	5	2	$5 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
Recuento de microorganismos aerobios (psicrófilos) en placa, en unidades formadoras de colonias (UFC), por gramo	5	2	$5 \times 10^3$	$10 \times 10^3$
Salmonella, en 25 g	5	-	Negativo	Negativo
Coliformes totales, en número más probable por gramo	5	2	$5 \times 10^2$	$1 \times 10^3$
Escherichiacoli, por gramo	5	2	$5 \times 10^2$	$1 \times 10^3$
Stafilococusaureus, por gramo	5	2	$5 \times 10^2$	$1 \times 10^3$
n= número de muestras que deben analizarse c = número de muestras que se permite que tengan un recuento mayor que m pero no mayor que M m = recuento aceptable M = recuento máximo permitido				

Fuente: COGUANOR NGO: 34 212:99 inciso 8.5



8.8 Condiciones de temperatura. La temperatura de enfriamiento y los procesos de refrigeración, congelación y descongelación utilizados, deberán asegurar y mantener la calidad del producto.

#### 8.8.1 Enfriamiento

8.8.1.1 Se enfría el pollo hasta lograr una temperatura interna entre 0 y 4 grados Centígrados.

#### 8.8.2 Refrigeración

8.8.2.1 La temperatura en la zona de almacenamiento del producto deberá mantenerse entre 0 y 4 grados Centígrados.

### 9.2 Número de unidades de muestreo

9.2.1 Muestra elemental. El número de unidades de producto, que se deben tomar para la verificación de las características generales y sensoriales, los requisitos de conformación y acabado y las tolerancias, de acuerdo al número de unidades que componen el lote o a la masa (peso) del lote, según sea el caso, se indica en la tabla IV.

Tabla IV. **Número de unidades de muestreo, según el número de unidades en el lote**

Número de unidades <sup>(1)</sup> en el lote (N)	Número de unidades <sup>(1)</sup> en la muestra elemental (n)
N 1 200	5
1 200 < N < 8 400	10
8 400 < N < 16 800	15
16 800 < N < 26 400	20
26 400 < N < 37 200	25
37 200 < N < 49 200	30
49 200 < N 62 400	35
N > 62 400	40

(1) Se entiende por “número de unidades”, las unidades de pollo listo para cocinar entero o las unidades de cortes en el lote o la muestra.

Fuente: COGUANOR NGO: 34 212:99 inciso 9.2.1

## 9.2.2 Muestras secundarias

### 9.2.2.1 Pollo entero

a) De las muestras elementales se toman cinco (5) unidades de producto para la verificación de los requisitos químicos y los microbiológicos.

b) Para la verificación de los requisitos químicos, de cada unidad se cortan aproximadamente 25 gramos de carne superficial y aproximadamente 25 gramos de carne de la parte interna del producto, se unen las dos porciones, se colocan dentro de un recipiente limpio y seco de vidrio o en una bolsa nueva de polietileno impermeable, se mezcla y se procede a realizar los análisis correspondientes.

11.2.2 El rótulo deberá cumplir con lo especificado en la norma COGUANOR NGO 34 039 y llevar como mínimo la información siguiente:

a) La designación del producto;

b) Con un tamaño de letra no menor de 2 mm:

\* El producto refrigerado llevará la advertencia siguiente: “Guárdese en refrigeración, a una temperatura no mayor de 4°C, durante un máximo de cuatro (4) días”.

#### **2.4. Regulación internacional *USDA***

381.66 Temperaturas y procedimientos de enfriamiento y congelamiento.

- a) General. Las temperaturas y procedimientos que son necesarios para el enfriamiento y congelamiento de pollo listo para cocinar, incluyendo todas las partes comestibles de los mismos, deben estar de acuerdo con los procedimientos operativos que aseguren la rápida eliminación del calor animal, preservar la condición y la salubridad de las aves de corral, y asegurar que los productos no están adulterados.
- b) Requisitos generales de enfriamiento, excepto por tasas. Todas las aves de corral que son sacrificadas y evisceradas en el establecimiento oficial deberán ser refrigeradas inmediatamente después del tratamiento para que la temperatura interna se reduzca a 40 °F (4,4 °C) o menos.

Tabla V. **Tiempo de enfriamiento de las carcasas de aves de corral en función de su peso**

<b>Pesos de la carcasa</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
Inferior a 4 libras	4
De 4 a 8 libras	6
Superior a 8 libras	8

Fuente: Norma internacional *USDA* numeral 381.66.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Parámetros de control de proceso

Las condiciones actuales de proceso antes y durante el enfriamiento actual del ave van de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla VI. Parámetros de control de proceso

Parámetros	Valores
Producción por día	2000 pollos
Concentración de cloro lavados previo al enfriamiento	20 mg/L
Concentración de cloro libre en tanque preenfriador	2 mg/L
Concentración de cloro libre en tanques enfriadores 1 y 2	2 mg/L
Agua de renovación en enfriadores 1 y 2	0.5 litros/pollo
Agitación por aire en los enfriadores 3 enfriadores	Activada
PH del agua de los enfriadores	7 - 8
Temperatura promedio del agua en preenfriador	13 °C
Temperatura promedio del agua en enfriadores 1 y 2	1 °C
Temperatura final del pollo	2 – 3 °C
Velocidad del tornillo transportador en enfriadores 1 y 2	3:10 minutos
Tiempo de residencia preenfriador	15 minutos
Tiempo de residencia enfriadores 1 y 2	35 minutos c/uno

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Selección de la muestra

Se analizaron dos tipos de muestras:

Tratamiento 1: pollos enfriados con los tres tanques (preenfriador, enfriadores 1 y 2)

Tratamiento 2: pollos enfriados con dos tanques (enfriadores 1 y 2)

Se analizaron cinco pollos por tratamiento debido a que son los que la norma establece tomar como muestra secundaria (ver página 30). Esto representa en realidad un 0,25 % de la producción diaria ( $5 / 2\,000 \times 100\%$ ).

Debido a que el rango del ave viva oscila entre 3,7 a 4,1 libras, se tomaron con la siguiente distribución:

Tabla VII. **Distribución de tratamientos de acuerdo con el peso del ave**

Tratamiento	Peso por pollo vivo (en libras)
1	3,7
2	3,8
3	3,9
4	4,0
5	4,1

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Procedimiento**

Se tomaron 11 pollos por cada tratamiento con el mismo peso en pie (en libras). Es decir, un día se tomaron 11 pollos de 3,7 libras promedio que se procesaron sin preenfriador y 11 pollos de 3,7 libras promedio que se procesaron con preenfriador.

Otro día se procesaron la misma cantidad de pollos de 3,8 libras y así sucesivamente hasta trabajar con pollos de 4,1 libras.

Antes de iniciar con el enfriamiento se tomó la primera muestra microbiológica del pollo para conocer cual es la carga microbiana en este punto.

Al salir los pollos del enfriamiento se tomó la segunda muestra microbiológica extraída del mismo pollo al que se le extrajo la primera muestra.

Se almacenaron 10 pollos restantes por tratamiento en cámara y se colocó un registrador de datos para monitorear la temperatura ambiente.

Se tomaron muestras para análisis microbiológicos cada 24 horas, extraídas cada vez de un pollo diferente hasta un máximo de diez días.

Cada vez que se extraía la muestra microbiológica, se realizó la prueba organoléptica.

### **3.4. Delimitación de campo de estudio**

Pollo entero hembra con un peso vivo promedio entre 3,7 a 4,1 libras (1,68 – 1,86 kilogramos), beneficiado, enfriado, no tenderizado y empacado en una planta procesadora de pollo, almacenado en cámaras frías con temperatura controlada no mayor a los 4,0 grados Centígrados.

Aves sometidas a análisis de muestras establecidas en la Norma COGUANOR 34 212:99; inciso 9.2.2.1 Pollo Entero, lo cual implica tener una cobertura para el pollo comercializado dentro del territorio de Guatemala, no para exportación. No aplica otros productos de procesos posteriores.

El almacenamiento es en un ambiente controlado a temperatura de refrigeración no mayor a 4,0 grados Centígrados.

Los análisis a realizarse serán sobre el recuento total, recuento de coliformes, E-coli y Salmonella.

### **3.5. Recursos humanos**

- Licenciada en Bioquímica
- Asistente técnico del laboratorio microbiológico
- Monitor HACCP de cámaras
- Monitor HACCP de enfriadores
- Monitor HACCP de área fría



### **3.6. Recursos materiales**

Comprende todo el equipo y cristalería utilizada para el proceso, almacenaje, la toma de muestras y el análisis de las mismas.

#### **3.6.1. Equipo**

- Tanques enfriadores
- Cámaras
- Cronómetro
- Registrador de datos
- Tabla Shanon
- Hielera
- Refrigeradora
- Autoclave
- Incubadora
- Campana de extracción
- Computadora
- Una pinza
- Una tijera
- Una bolsa plástica estéril
- Guantes clínicos

### **3.6.2. Cristalería**

- Frasco autoclaveable
- Licuadora
- Cajas de Petrí
- Pipeta de 5 mililitros
- Pipetorio
- Campana de extracción
- Termómetro digital

### **3.6.3. Reactivos**

- Agar Baird-Parker
- Agar PCA
- Hipoclorito de sodio al 10 %
- Agar BRB-MUG

### **3.7. Técnica cualitativa**

Análisis organoléptico: se anota un *check* “ ✓ ” si el producto es conforme porque no tiene cambios en sus características y se anota una “X” si el producto ya no está conforme porque se ha deteriorado en relación a sus parámetros iniciales.

### **3.8. Técnica cuantitativa**

Análisis microbiológico para conocer el desarrollo de los microorganismos en cada punto sujeto a este estudio.

### **3.8.1. Toma de muestra**

- Se toma el pollo seleccionado.
- Se coloca sobre una superficie limpia.
- Se lavan con agua clorada la tijera y la pinza.
- Se hacen varios cortes del pollo, para obtener 50 gramos de muestra que incluya tejido muscular y piel.
- Se introducen los 50 gramos de muestra en la bolsa plástica estéril.
- Se lavan nuevamente la tijera y la pinza y se colocan en un recipiente plástico conteniendo 900 mililitros de agua y 1 mlilitros de hipoclorito de sodio al 10 %.
- Se traslada la muestra en una hielera al laboratorio microbiológico.

### **3.8.2. Análisis microbiológico**

Se describe la metodología de análisis microbiológico en *Bacteriological Analytical Manual* (BAM), enero 2001 *U.S. Food and Drug Administration* (FDA).

Esta metodología es la practicada por la empresa para sus análisis de recuentos en pollo beneficiado, sus cortes y filetes. Validada por laboratorio externo certificado.

### **3.9. Recolección y ordenamiento de la información**

Es la forma en que se tabularon los datos ordenadamente registrando de forma objetiva los valores requeridos para el análisis de los resultados; para ello se han generado los siguientes formatos:

### 3.9.1. Registro de los resultados microbiológicos

El análisis de crecimiento microbiológico se realiza en función al tiempo iniciando desde el pollo antes de ingresar al enfriamiento, luego al salir de último enfriador y se continúa a cada 24 horas hasta completar los 10 días. Para ello se utiliza la siguiente tabla:

Tabla VIII. Formato del registro de los resultados microbiológicos

Fecha	Almacenaje en horas	Temperatura °C	Recuento Total Aerobio	Recuento Coliformes	E-coli	Salmonella (Presente/Ausente)
	0					
	24					
	48					
	72					
	96					
	120					
	144					
	168					
	192					
	216					
	240					

Fuente: elaboración propia.

### 3.9.2. Registro de los resultados organolépticos

Al mismo tiempo en que la muestra es tomada para el análisis microbiológico se realiza la evaluación organoléptica hasta completar los 10 días; para ello se utiliza la siguiente tabla:

Tabla IX. Formato del registro de los resultados organolépticos

						Conforme <input checked="" type="checkbox"/>	No conforme X
Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia	

Fuente: elaboración propia.

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

Para poder desarrollar los modelos gráficos relacionados a comportamiento microbiológico es necesario consolidar en la siguiente tabla los datos respectivos.

Tabla X. Ordenamiento de los datos

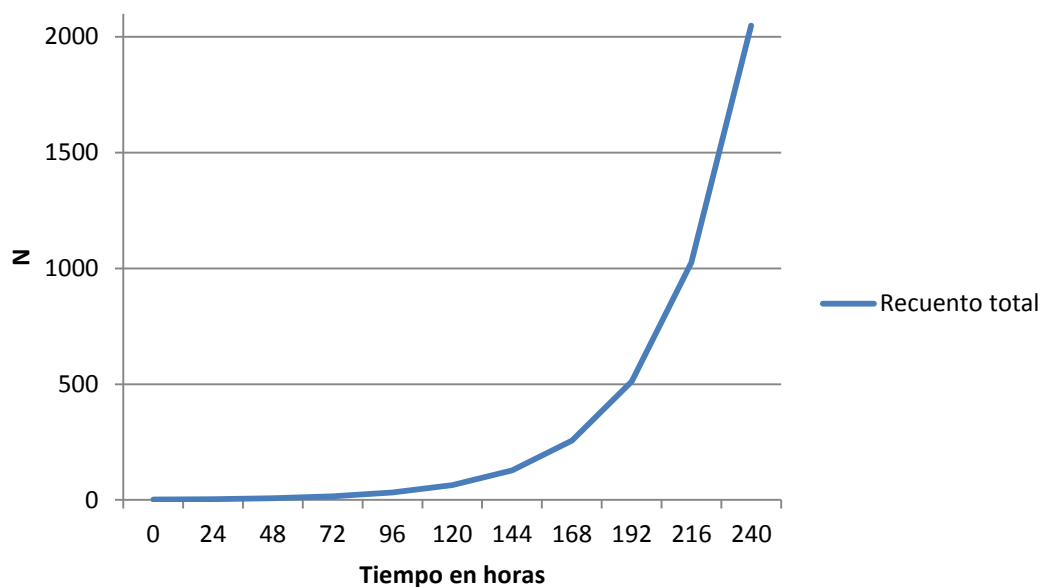
Horas de almacenaje	Min	Max	Población (UFC/g)	Log <sub>(10)</sub> ufc/g

Fuente: elaboración propia.

### 3.11. Análisis estadístico

La gráfica de  $N$  versus tiempo representa directamente el crecimiento exponencial de los microorganismos y servirá para encontrar la ecuación que lo defina, así como, para la duplicidad de la población en el tiempo.

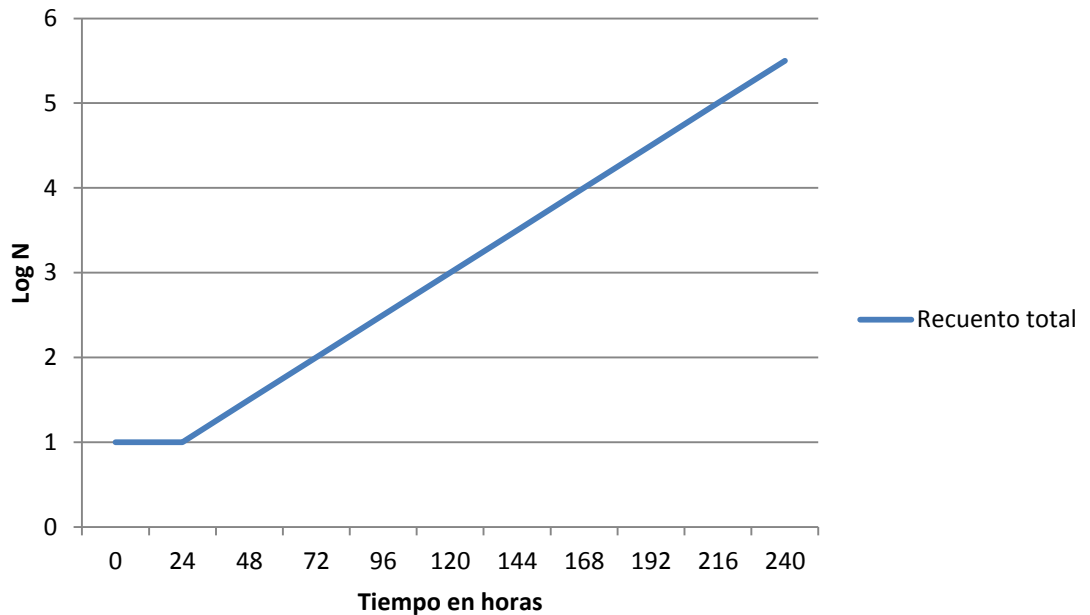
Figura 7. Crecimiento bacteriano  $N$  versus tiempo



Fuente: elaboración propia.

Los resultados también se analizarán por medio de la representación gráfica de la curva del crecimiento bacteriano " $\text{Log}_{(10)} N$  versus tiempo" donde podrá apreciarse las diferentes fases que puedan darse durante los diez días que se han establecido.

Figura 8. **Crecimiento bacteriano log N versus tiempo**



Fuente: elaboración propia.

Para encontrar la correlación de las gráficas deberán tomarse únicamente la fase de crecimiento por separado y llegar a establecer las variables de las ecuaciones 2 y 5.

### 3.12. Plan de análisis de los resultados

Comprobar si la muestra con un tiempo menor de enfriamiento también cumple con los días de vida estipulados para el producto. Esto se aprecia en la gráfica de crecimiento bacteriano y por las pruebas organolépticas respectivas.

Determinar el tiempo de la fase lag en ambos enfriamientos.

Determinar el tiempo en que se duplican los microorganismos durante su almacenamiento.

### **3.12.1. Variable de resultados microbiológicos y organolépticos**

Los datos microbiológicos aceptables serán aquellos cuyos valores sean mayores a los de la columna m pero menores a los de la columna M (Tabla II). En el momento en que estos valores sobrepasen los de la columna M significa que ya no es apto para el consumo humano y por tanto ha finalizado su vida en anaquel.

Los datos aceptables en términos organolépticos son aquellos que puedan evidenciar que no existe una variación bien definida de olor, textura, o color del producto que lo haga repulsivo a los sentidos.

### **3.12.2. Programas a utilizar para análisis de datos**

- Excel y Word  
Para la tabulación de los datos, realización de tablas y gráficas utilizadas en el análisis de los resultados.
- Temprecord  
Para el monitoreo y verificación de la temperatura en cámaras de almacenaje a fin de garantizar que el rango sea el establecido.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados organolépticos

Las tablas XI a la XX presentan la evaluación de los parámetros organolépticos en los diferentes tratamientos.

Tabla XI. **Características organolépticas en pollo de 3,70 libras sin preenfriador**

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
31-10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
01-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
09-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
10-11	✓	✓	✓	✓	X	✓

Conforme	✓
No conforme	X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Características organolépticas en pollo de 3,70 libras con preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
31-10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
01-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
09-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
10-11	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Características organolépticas en pollo de 3,80 libras sin preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
19-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
28-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
29-11	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Características organolépticas en pollo de 3,80 libras con preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
19-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
28-11	✓	✓	✓	✓	X	✓
29-11	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Características organolépticas en pollo de 3,90 libras sin preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
03-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11-12	✓	✓	✓	✓	X	✓
12-12	✓	✓	✓	✓	X	✓
13-12	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Características organolépticas en pollo de 3,90 libras con preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
03-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11-12	✓	✓	✓	✓	X	✓
12-12	✓	✓	✓	✓	X	✓
13-12	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Características organolépticas en pollo de 4,00 libras sin preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
15-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-01	✓	✓	✓	✓	X	✓
24-01	✓	✓	✓	✓	X	✓
25-01	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Características organolépticas en pollo de 4,00 libras con preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
15-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-01	✓	✓	✓	✓	X	✓
24-01	✓	✓	✓	✓	X	✓
25-01	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.



Tabla XIX. **Características organolépticas en pollo de 4,10 libras sin preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
30-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
31-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
01-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-02	✓	✓	✓	✓	X	✓
08-02	✓	✓	✓	✓	X	✓
09-02	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Características organolépticas en pollo de 4,10 libras con preenfriador**

Conforme	✓
No conforme	X

Fecha	Color característico	Olor característico	Apariencia	Textura	Piel no pegajosa	Consistencia
30-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
31-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓
01-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-02	✓	✓	✓	✓	X	✓
08-02	✓	✓	✓	✓	X	✓
09-02	✓	✓	✓	✓	X	✓

Fuente: elaboración propia.

Se pudo apreciar que en términos generales en el octavo día se empezó a sentir que la piel es más deslizante. Todos los demás aspectos estuvieron bien; no hubo mal olor, su aspecto visual fue aceptable, incluso dentro de la carcasa del ave.

#### 4.2. Resultados microbiológicos

Las tablas XXI a la XXX presentan los resultados microbiológicos de los diferentes tratamientos, conforme lo indica cada uno de los encabezados y en función del tiempo de almacenaje con una frecuencia de 24 horas.

Han sido analizados en forma paralela pollos de un mismo peso con preenfriador y sin él.

Tabla XXI. **Resultados en pollo de 3,70 libras sin preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
31-10		38,7	22 000	250	150	Negativo
31-10	0	2,7	2 700	30	<10	Negativo
01-11	24	2,1	4 000	15	<10	Negativo
02-11	48	1,9	1 200	20	10	Negativo
03-11	72	2,0	3 300	<10	<10	Negativo
04-11	96	1,8	23 000	45	45	Negativo
05-11	120	1,9	170 000	130	110	Negativo
06-11	144	2,1	1 400	15	15	Negativo
07-11	168	2,0	1 300	50	15	Negativo
08-11	192	2,0	19 000	25	<10	Negativo
09-11	216	1,8	5 100	10	<10	Positivo
10-11	240	1,9	1 500	<10	<10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados en pollo de 3,70 libras con preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
31-10		40,2	170 000	1000	700	Negativo
31-10	0	2,4	19 000	25	<10	Negativo
01-11	24	1,9	19 000	15	<10	Negativo
02-11	48	1,8	6 500	20	<10	Negativo
03-11	72	2,0	1 200	<10	<10	Negativo
04-11	96	2,1	6 500	10	10	Negativo
05-11	120	1,9	4 800	<10	<10	Negativo
06-11	144	1,7	1 600	<10	<10	Negativo
07-11	168	1,8	3 800	15	10	Negativo
08-11	192	2,0	1 800	15	<10	Negativo
09-11	216	1,8	5 400	<10	<10	Negativo
10-11	240	1,9	3 400	55	55	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Resultados en pollo de 3,80 libras sin preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
19-11		37,7	5 500	820	<10	Positivo
19-11	0	3,0	2 100	75	<10	Positivo
20-11	24	2,1	71 000	65	<10	Negativo
21-11	48	2,0	13 000	880	380	Negativo
22-11	72	2,0	2 300	35	<10	Negativo
23-11	96	1,8	2 900	15	<10	Negativo
24-11	120	2,1	7 700	30	30	Negativo
25-11	144	1,9	130 000	20	<10	Negativo
26-11	168	2,0	3 800	65	<10	Negativo
27-11	192	1,8	160 000	180	<10	Negativo
28-11	216	1,9	120 000	100	<10	Negativo
29-11	240	2,1	130 000	130	30	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resultados en pollo de 3,80 libras con preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
19-11		38,1	1 600	30	<10	Positivo
19-11	0	2,7	1 900	210	20	Negativo
20-11	24	1,8	4 400	30	<10	Negativo
21-11	48	1,6	9 500	25	<10	Negativo
22-11	72	2,2	3 800	<10	<10	Negativo
23-11	96	2,0	23 000	100	10	Negativo
24-11	120	2,1	5 700	230	130	Negativo
25-11	144	1,9	110 000	10	<10	Negativo
26-11	168	1,7	1 500	15	<10	Negativo
27-11	192	2,2	14 000	15	<10	Negativo
28-11	216	2,3	54 000	150	<10	Negativo
29-11	240	1,9	12 000	90	30	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Resultados en pollo de 3,90 libras sin preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
03-12		37,9	22 000	90	65	Negativo
03-12	0	3,0	37 000	30	20	Negativo
04-12	24	2,0	3 600	35	10	Negativo
05-12	48	2,1	1 800	20	<10	Negativo
06-12	72	1,9	5 200	30	20	Negativo
07-12	96	1,9	7 100	<10	<10	Positivo
08-12	120	1,8	450	10	<10	Negativo
09-12	144	2,0	3 600	<10	<10	Negativo
10-12	168	1,9	5 100	20	<10	Negativo
11-12	192	1,8	17 000	10	<10	Negativo
12-12	216	1,9	180 000	250	<10	Negativo
13-12	240	1,8	240 000	35	10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Resultados en pollo de 3,90 libras con preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
03-12		40,1	6 700	40	35	Negativo
03-12	0	2,6	2 600	55	35	Negativo
04-12	24	2,3	800	20	10	Negativo
05-12	48	2,1	700	15	<10	Negativo
06-12	72	1,9	400	10	10	Negativo
07-12	96	2,0	650	<10	<10	Negativo
08-12	120	1,8	1 400	20	<10	Negativo
09-12	144	2,1	1 500	25	<10	Negativo
10-12	168	1,9	4 500	690	300	Negativo
11-12	192	2,2	1 200	10	<10	Negativo
12-12	216	2,1	700	15	<10	Negativo
13-12	240	2,0	36 000	<10	<10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resultados en pollo de 4,00 libras sin preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
15-01		37,9	20 000	2 500	310	Positivo
15-01	0	2,9	1 700	280	20	Negativo
16-01	24	2,3	2 200	120	20	Negativo
17-01	48	2,2	3 100	230	50	Negativo
18-01	72	2,3	5 000	1 300	1300	Negativo
19-01	96	2,1	4 000	15	10	Negativo
20-01	120	2,0	100 000	65	30	Negativo
21-01	144	1,9	12 000	55	10	Negativo
22-01	168	2,0	78 000	10	10	Negativo
23-01	192	2,0	14 000	15	10	Negativo
24-01	216	2,1	147 000	780	190	Negativo
25-01	240	2,0	190 000	10	<10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Resultados en pollo de 4,00 libras con preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
15-01		38,8	20 000	250	35	Positivo
15-01	0	2,8	1 300	25	<10	Negativo
16-01	24	2,3	1 200	<10	<10	Negativo
17-01	48	2,2	600	10	<10	Negativo
18-01	72	2,0	700	10	10	Negativo
19-01	96	2,0	6 500	35	10	Negativo
20-01	120	1,9	53 000	10	<10	Negativo
21-01	144	1,9	4 000	<10	<10	Negativo
22-01	168	2,1	2 100	<10	<10	Negativo
23-01	192	2,0	3 000	<10	<10	Negativo
24-01	216	1,9	250 000	10	10	Negativo
25-01	240	2,0	250 000	<10	<10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Resultados en pollo de 4,10 libras sin preenfriador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
30-01		38,1	250 000	1900	1600	Negativo
30-01	0	3,1	1 800	10	10	Negativo
31-01	24	2,2	1 900	<10	<10	Negativo
01-02	48	2,1	8 600	<10	<10	Negativo
02-02	72	2,0	1 500	10	<10	Positivo
03-02	96	2,1	1 100	10	<10	Negativo
04-02	120	1,9	2 800	10	<10	Negativo
05-02	144	1,9	17 000	<10	<10	Negativo
06-02	168	1,9	3 400	<10	<10	Negativo
07-02	192	1,8	2 200	<10	<10	Negativo
08-02	216	1,8	4 800	<10	<10	Negativo
09-02	240	1,8	9 000	35	10	Negativo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Resultados en pollo de 4,10 libras con preenfiador**

Fecha	Almacenaje en horas	T (°C)	Recuento total	Coliformes	E.Coli	Salmonella
30-01		41,1	110 000	810	750	Negativo
30-01	0	2,9	2 000	<10	<10	Negativo
31-01	24	2,3	1 700	50	45	Negativo
01-02	48	2,2	4 800	10	<10	Negativo
02-02	72	2,0	600	15	10	Negativo
03-02	96	1,9	900	15	<10	Negativo
04-02	120	1,9	32 000	40	<10	Negativo
05-02	144	1,9	4 500	20	10	Negativo
06-02	168	2,0	7 000	<10	<10	Negativo
07-02	192	1,9	3 300	15	<10	Negativo
08-02	216	1,8	11 000	15	<10	Negativo
09-02	240	1,7	5 000	15	<10	Negativo

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.1. Recuentos totales para pollo que no utilizó preenfriador

En la siguiente tabla se consolidan los resultados microbiológicos del recuento total para obtener un promedio de los cinco tratamientos y así poder apreciar el comportamiento y la tendencia del desarrollo microbiológico.

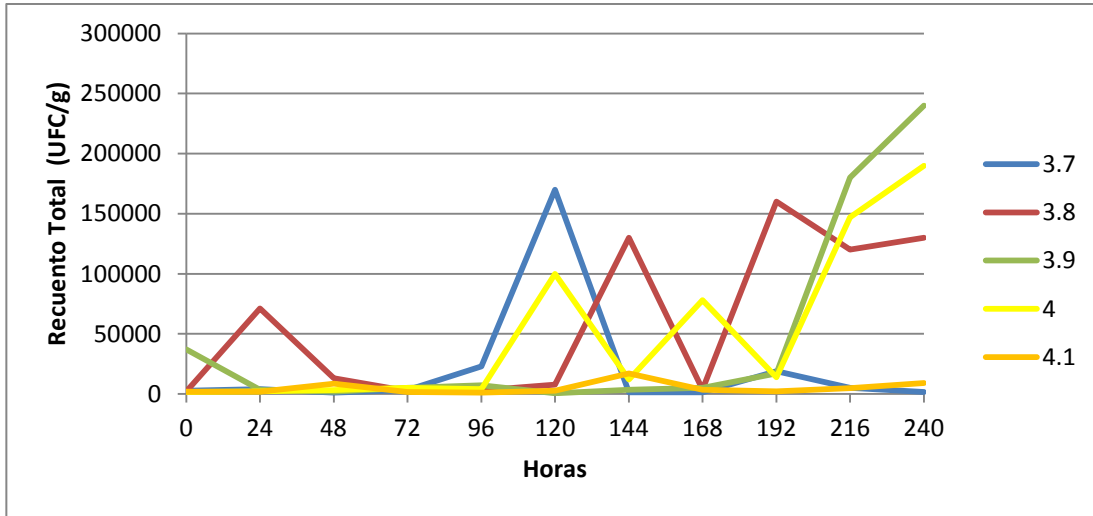
Tabla XXXI. **Recuentos totales (UFC/g) en aves con diferente peso en libras y en un proceso sin preenfriador**

Horas de almacenaje	3,7 libras	3,8 libras	3,9 libras	4,0 libras	4,1 libras
	22 000	5 500	22 000	20 000	250 000
0	2 700	2 100	37 000	1 700	1 800
24	4 000	71 000	3 600	2 200	1 900
48	1 200	13 000	1 800	3 100	8 600
72	3 300	2 300	5 200	5 000	1 500
96	23 000	2 900	7 100	4 000	1 100
120	170 000	7 700	450	100 000	2 800
144	1 400	130 000	3 600	12 000	17 000
168	1 300	3 800	5 100	78 000	3 400
192	19 000	160 000	17 000	14 000	2 200
216	5 100	120 000	180 000	147 000	4 800
240	1 500	130 000	240 000	190 000	9 000

Horas de almacenaje	Mínimo	Máximo	Promedio UFC/g	Log(10) Promedio
	5 500	250 000	63 900	4,81
0	1 700	37 000	9 060	3,96
24	1 900	71 000	16 540	4,22
48	1 200	13 000	5 540	3,74
72	1 500	5 200	3 460	3,54
96	1 100	23 000	7 620	3,88
120	450	170 000	56 190	4,75
144	1 400	130 000	32 800	4,52
168	1 300	78 000	18 320	4,26
192	2 200	160 000	42 440	4,63
216	4 800	180 000	91 380	4,96
240	1 500	240 000	114 100	5,06

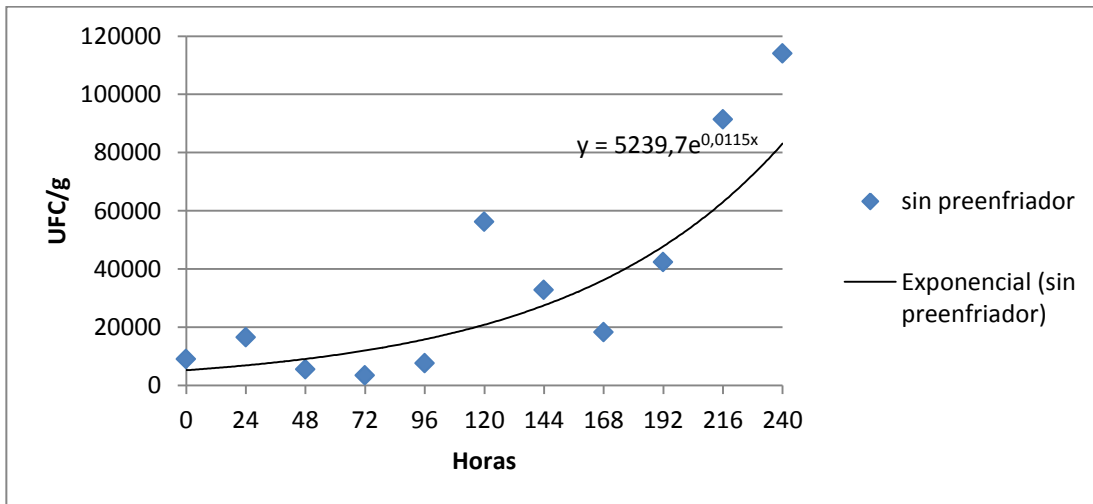
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Crecimiento bacteriano en proceso sin preenfriador en los cinco tratamientos**



Fuente: elaboración propia.

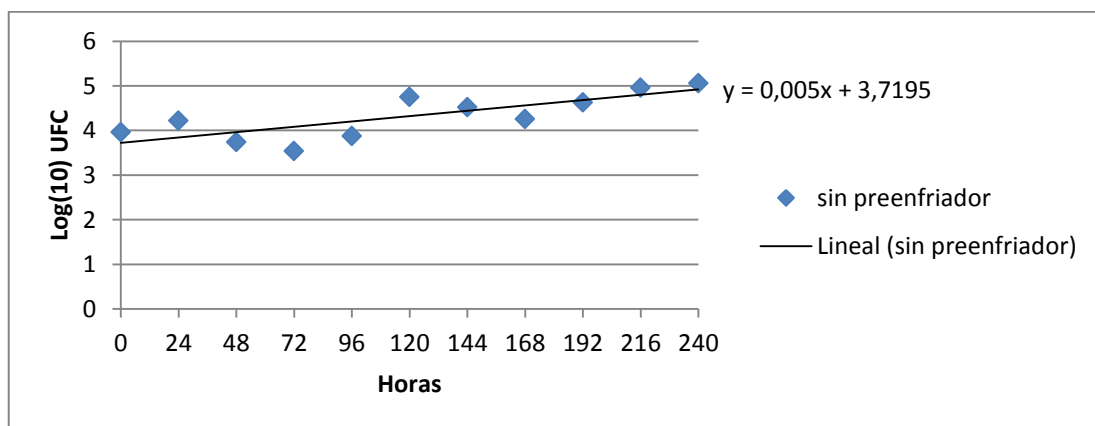
Figura 10. **Crecimiento bacteriano promedio proceso sin preenfriador**



Fuente: elaboración propia.

Debido a la dispersión de los puntos en los cinco tratamientos, se consideró hacer un promedio para consolidar la tendencia en este comportamiento. De esta forma se pudo encontrar la ecuación  $y = 5\,239e^{0,011x}$ , la cual al aplicarla da un tiempo de duplicidad de la población de 63 horas.

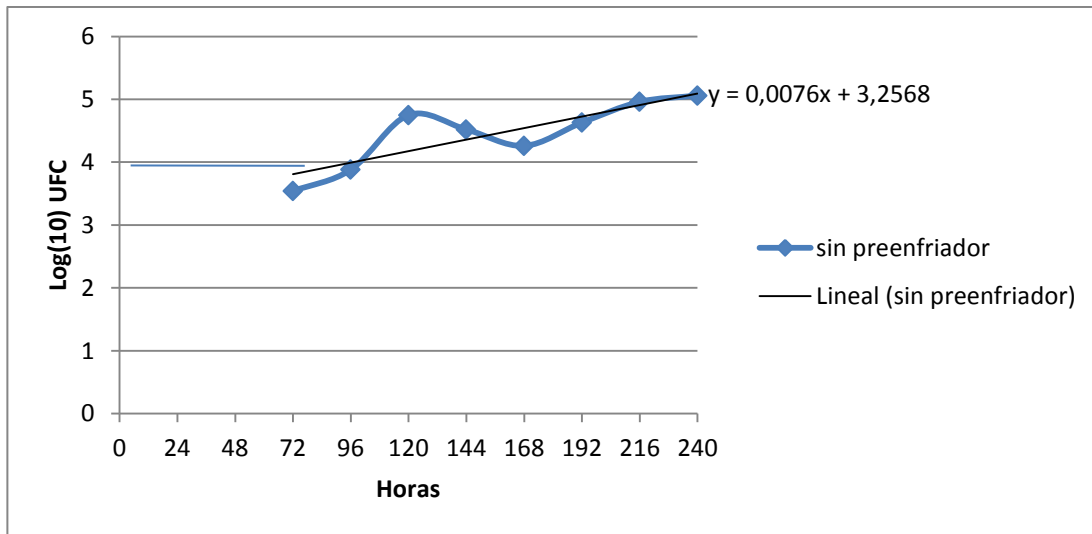
Figura 11. **Crecimiento bacteriano logarítmico proceso sin preenfriador**



Fuente: elaboración propia.

En esta gráfica se puede apreciar que a partir de las 72 horas el crecimiento es positivo, por lo que hasta ese tiempo se considera que dura la fase lag o de adaptación, luego de ella viene la fase exponencial. No se aprecia la fase estacionaria ni la de declinación.

Figura 12. **Crecimiento bacteriano logarítmico proceso sin preenfriador, fase exponencial**

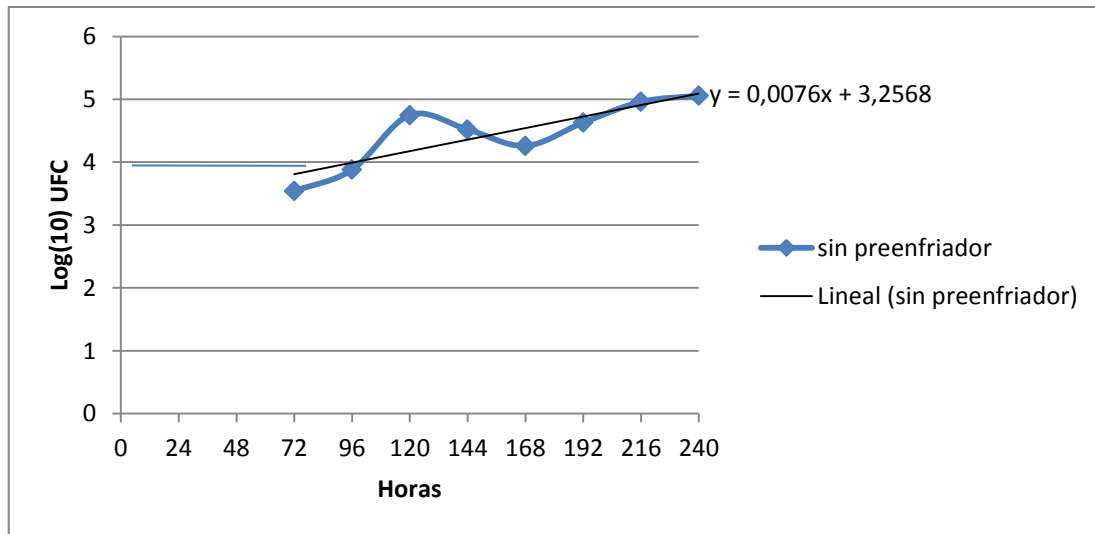


Fuente: elaboración propia.

Aislando la fase lag se puede apreciar en la gráfica anterior el crecimiento exponencial.

Esto modifica en la siguiente gráfica, el crecimiento poblacional en su correlación.

Figura 13. **Crecimiento bacteriano proceso sin preenfriador, fase exponencial**



Fuente: elaboración propia.

Con esta otra ecuación  $y = 1\,809e^{0,017x}$  da un tiempo de 40,77 horas para que la población se duplique.

La ecuación:  $b = B \times 2^n$  depende de n, donde

$n = t/G$  donde  $G = 40,77$  horas

Si  $t = 81,54$  horas, entonces  $n = 2$

$N = N_0 \times 2^2$  dando el mismo valor que el de la ecuación  $y = 1\,809e^{0,017x}$

#### 4.2.2. Recuentos totales para pollo que sí utilizó preenfriador

En la siguiente tabla se consolidan los resultados microbiológicos del recuento total para obtener un promedio de los cinco tratamientos y así poder apreciar el comportamiento y la tendencia del desarrollo microbiológico.

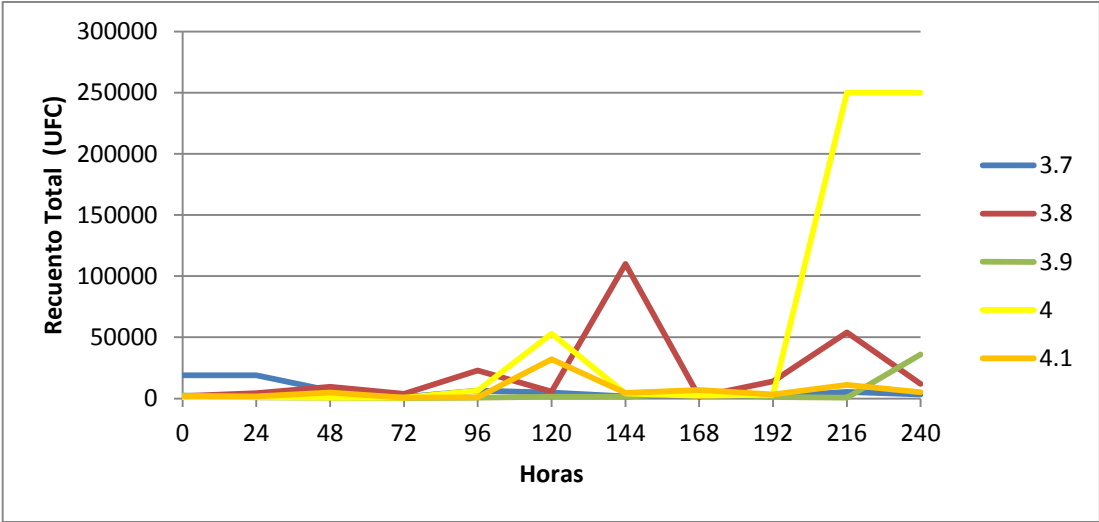
Tabla XXXII. **Recuentos totales (UFC/g) en aves con diferente peso en libras y en un proceso con preenfriador**

Horas de almacenaje	3,7 libras	3,8 libras	3,9 libras	4,0 libras	4,1 libras
	170 000	1 600	6 700	20 000	110 000
0	19 000	1 900	2 600	1 300	2 000
24	19 000	4 400	800	1 200	1 700
48	6 500	9 500	700	600	4 800
72	1 200	3 800	400	700	600
96	6 500	23 000	650	6 500	900
120	4 800	5 700	1 400	53 000	32 000
144	1 600	110 000	1 500	4 000	4 500
168	3 800	1 500	4 500	2 100	7 000
192	1 800	14 000	1 200	3 000	3 300
216	5 400	54 000	700	250 000	11 000
240	3 400	12 000	36 000	250 000	5 000

Horas de almacenaje	Mínimo	Máximo	Promedio UFC/g	Log(10) Promedio
	1 600	170 000	61 660	4,79
0	1 300	19 000	5 360	3,73
24	800	19 000	5 420	3,73
48	600	9 500	4 420	3,65
72	400	3 800	1 340	3,13
96	650	23 000	7 510	3,88
120	1 400	53 000	19 380	4,29
144	1 500	110 000	24 320	4,39
168	2 100	15 000	3 780	3,58
192	1 200	14 000	4 660	3,67
216	700	250 000	64 220	4,81
240	3 400	250 000	61 280	4,79

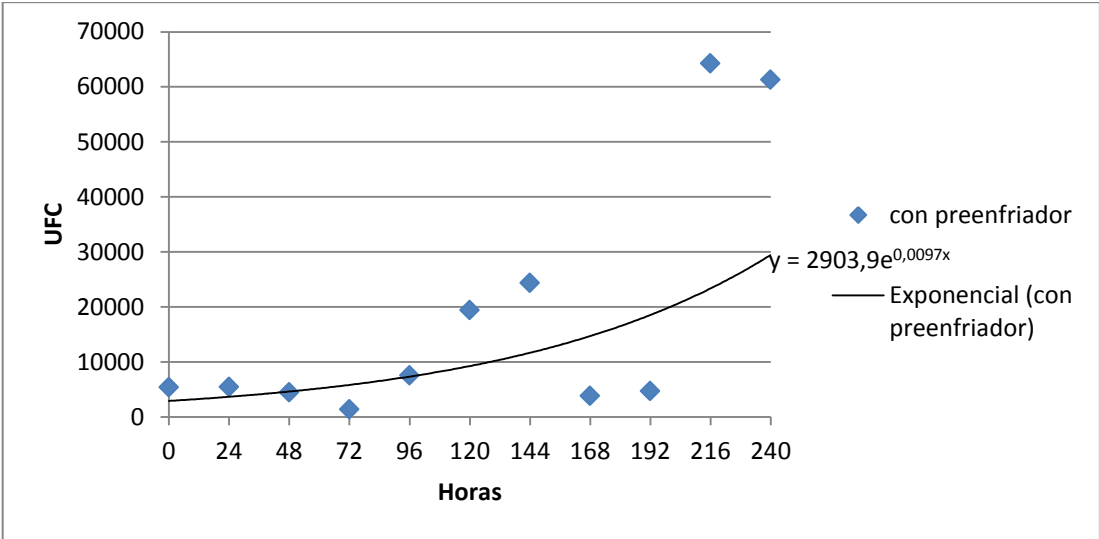
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Crecimiento bacteriano en proceso con preenfriador en los cinco tratamientos**



Fuente: elaboración propia.

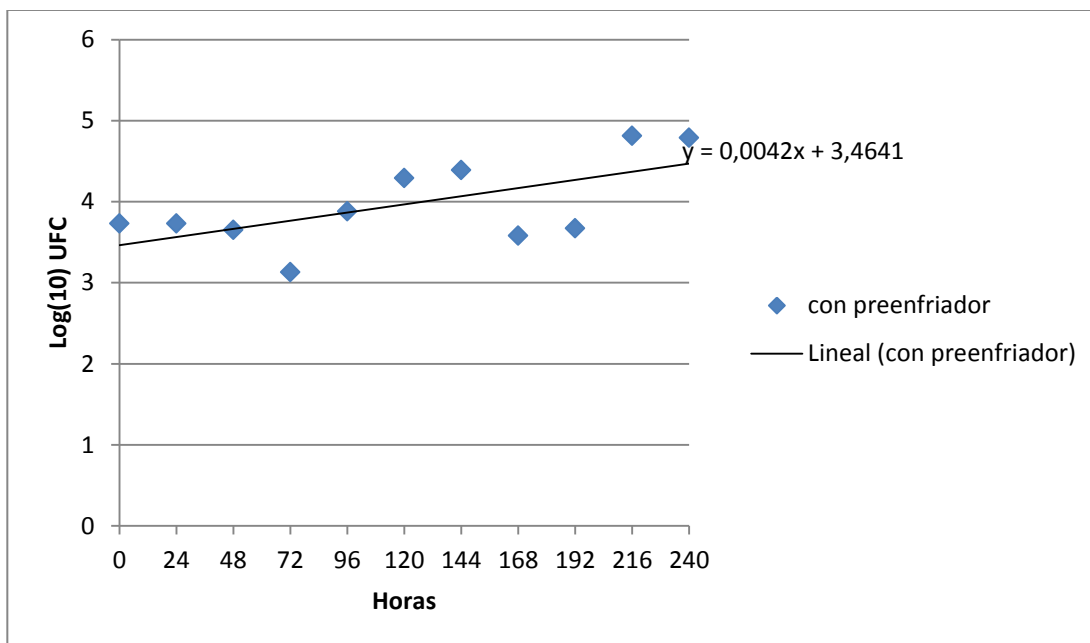
Figura 15. **Crecimiento bacteriano promedio proceso con preenfriador**



Fuente: elaboración propia.

Debido a la dispersión de los puntos en los cinco tratamientos, se consideró hacer un promedio para consolidar la tendencia en este comportamiento. De esta forma se pudo encontrar la ecuación  $y = 2\,903e^{0,009x}$ , la cual al aplicarla da un tiempo de duplicidad de la población de 77 horas.

Figura 16. **Crecimiento bacteriano logarítmico proceso con preenfriador**

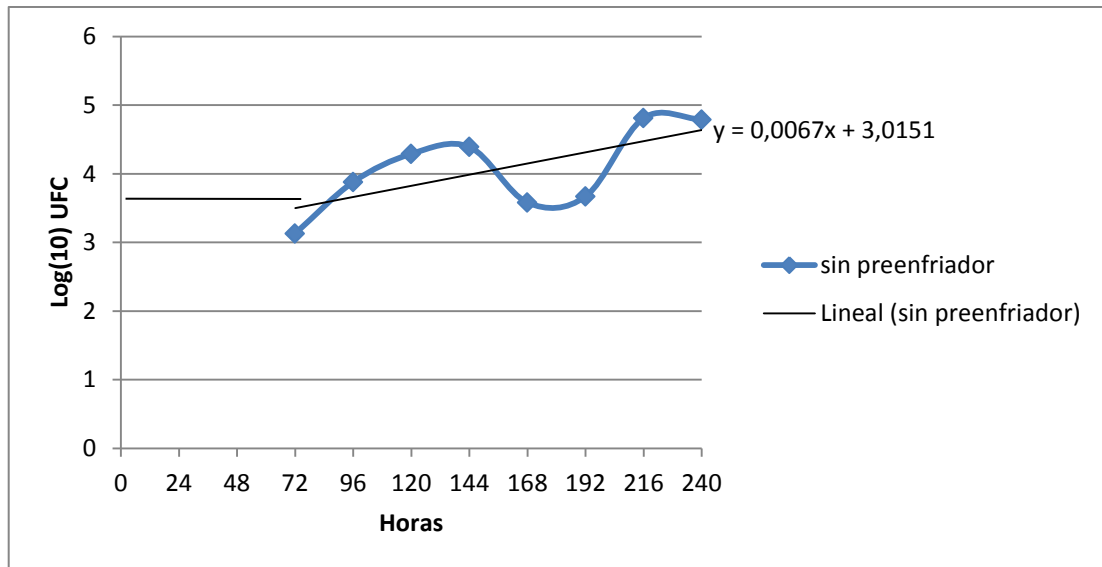


Fuente: elaboración propia.

En esta gráfica también se puede apreciar que a partir de las 72 horas el crecimiento es positivo, por lo que hasta ese tiempo se considera que dura la fase lag o de adaptación, luego de ella viene la fase exponencial. No se aprecia las dos fases restantes.



Figura 17. **Crecimiento bacteriano logarítmico proceso con preenfriador, fase exponencial**

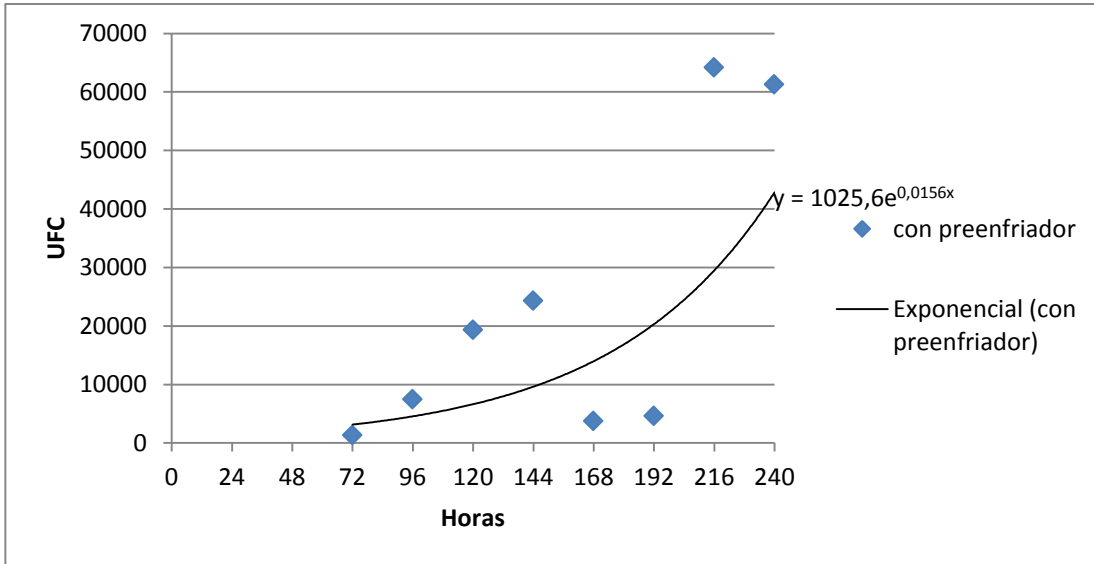


Fuente: elaboración propia.

Aislado la fase lag sólo se puede apreciar en la gráfica anterior el crecimiento exponencial.

Esto modifica en la siguiente gráfica, el crecimiento poblacional en su correlación.

Figura 18. **Crecimiento bacteriano proceso con preenfriador, fase exponencial**



Fuente: elaboración propia.

Con esta otra ecuación  $y = 1025e^{0,015x}$  da un tiempo de 46,2 horas para que la población se duplique.

La ecuación:  $b = B \times 2^n$  depende de n, donde

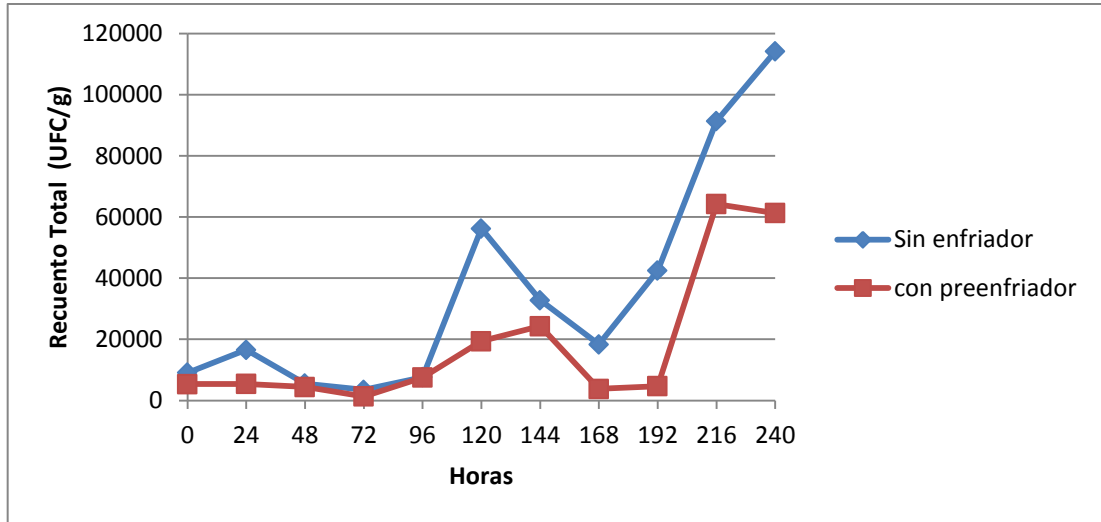
$n = t/G$  donde  $G = 46,2$  horas

Si  $t = 46,2$  horas, entonces  $n = 1$ , es decir 1 generación

#### 4.2.3. Comparación de los recuentos totales entre ambos enfriamientos

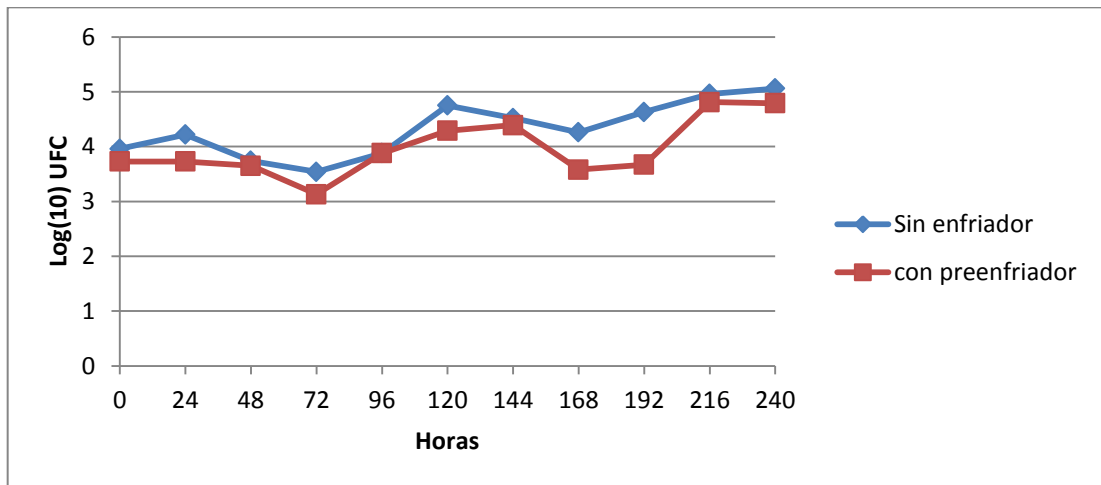
En las siguientes gráficas se puede observar que hubo mayor crecimiento microbiológico en un proceso sin preenfriador que en un proceso con él.

Figura 19. **Comparación del crecimiento bacteriano en ambos enfriamientos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Comparación del crecimiento logarítmico bacteriano en ambos enfriamientos**



Fuente: elaboración propia.

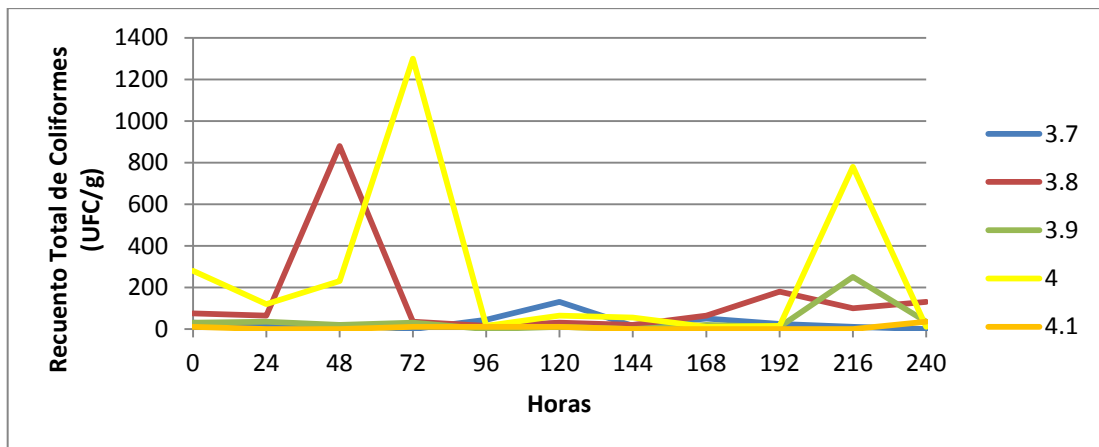


## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Recuentos totales de coliformes

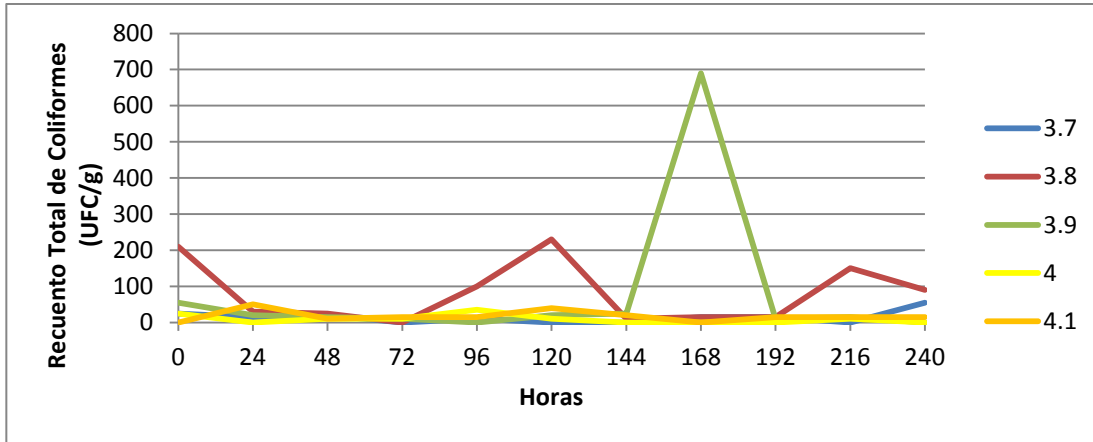
En el caso del resultado de los recuentos totales de coliformes, no se obtiene mayor información, por eso no se consideraron para el análisis respectivo.

Figura 21. **Crecimiento de coliformes *versus* tiempo en los cinco tratamientos, proceso sin preenfriador**



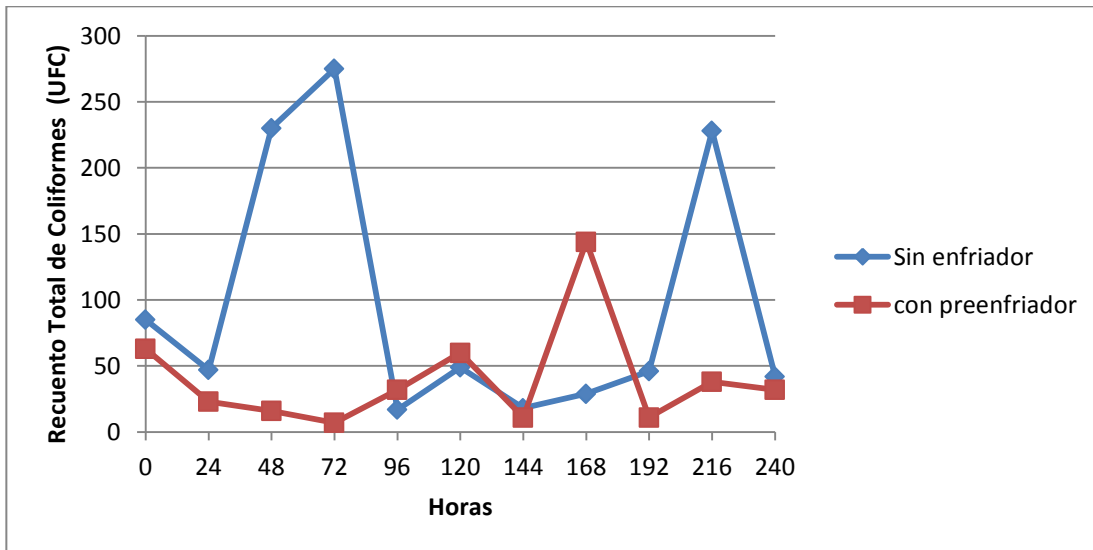
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Crecimiento de coliformes *versus* tiempo en los cinco tratamientos, proceso con preenfriador**



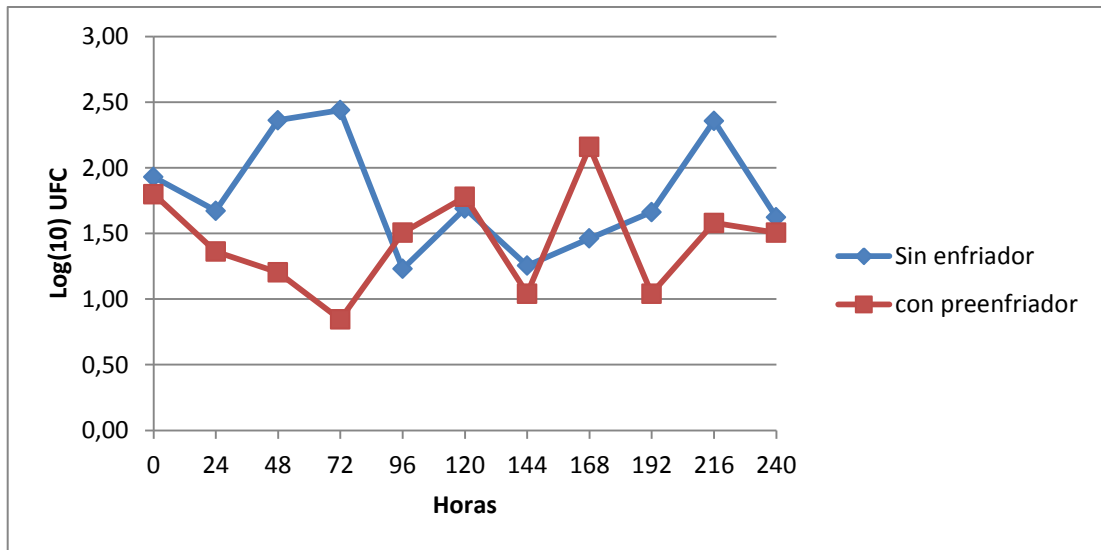
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Comparación del crecimiento de coliformes en ambos enfriamientos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Comparación del crecimiento logarítmico de coliformes en ambos enfriamientos**



Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Análisis de los resultados microbiológicos

Al ser tomadas las muestras en diferentes días de proceso, se observa que los resultados microbiológicos no tienen un mismo patrón, pues aunque son valores aceptables a la norma COGUANOR, es decir por debajo de  $5 \times 10^5$ , el rango es muy grande en diferentes pollos analizados en un mismo punto, pues existe una diferencia de casi hasta un cuarto de millón de UFC en algunos puntos. Ejemplos:

A la salida del último enfriador el rango es el siguiente:

Pollo que no utilizó preenfriador: 1 700 – 37 000 UFC/g

Pollo que sí utilizó preenfriador: 1 300 - 19 000 UFC/g

A las 96 horas el rango es el siguiente:

Pollo que no utilizó preenfriador: 1 100 – 23 000 UFC/g

Pollo que sí utilizó preenfriador: 650 - 23 000 UFC/g

La dispersión existente entre los puntos microbiológicos es bastante grande con respecto a la curva de correlación, mayor aún en el caso del proceso de enfriamiento con preenfriador. Sin embargo, esto puede deberse a que las muestras fueron extraídas de pollos distintos y aunque fueron sometidos a un mismo tipo de enfriamiento, debían permanecer almacenados en condiciones normales sin manipulación alguna.

En cambio, al extraer todas las muestras de un solo pollo, implica manipularlo cada vez que se realizarían los cortes y eso podría agregar algún factor de error que alteraría el crecimiento bacteriano. Además, podría llegar un punto en que sería escasa la muestra tomada de un pollo con muchos cortes.

Por ello y debido a que el peso del ave no es determinante en la carga microbiana, se tomó el promedio de los cinco tratamientos para establecer la curva en cada proceso de enfriamiento.

Solo fue posible visualizar en las cuatro fases del crecimiento bacteriano, la fase lag y la exponencial, ya que al establecer los 10 días de estudio no fue un tiempo suficiente para apreciar el ciclo completo.



Los resultados microbiológicos respecto al recuento total, recuento de coliformes y E-coli, todos se encuentran dentro del rango como lo establece la Norma COGUANOR en ambos procesos de enfriamiento y no se puede afirmar que al término de este tiempo el producto estaba evidentemente en descomposición, solo que con base en las pruebas organolépticas, al octavo día la piel del pollo empieza a sentirse más ligosa o deslizante lo cual es un indicador de un incipiente deterioro de la vida en anaquel del producto. el caso del resultado de los recuentos totales de coliformes, no se obtiene mayor información, por eso no se consideraron para el análisis respectivo.

### **5.3. Vida en anaquel del producto**

La Norma COGUANOR indica que deben ser cuatro (4) días el tiempo máximo en que debe permanecer almacenado el pollo a una temperatura no mayor a 4 grados Centígrados. Sin embargo, a una temperatura entre 0 y 2 grados Centígrados dio 10 días.

Esto puede ser influenciado por lo que la *USDA* indica en la tabla IV que un pollo inferior a 4 libras debe ser enfriado por 4 horas, mientras que el proceso realmente lleva entre 70 y 85 minutos (1:10 y 1:25 horas); es decir, el tiempo de enfriamiento es mucho menor a lo establecido por la norma internacional, permitiendo un choque térmico favorable.

Además el grado de desinfección en los tanques ayuda a bajar a niveles significativos la carga bacteriana y esto contribuye a tener 3 días de retardo.



## CONCLUSIONES

1. El peso de las aves no es significativo para el crecimiento bacteriano.
2. La fase lag en ambos enfriamientos tiene una duración de 72 horas.
3. El crecimiento bacteriano inicia a ser exponencial a partir de las 72 horas, y es mayor en las aves cuyo proceso de enfriado no contó con el preenfriador.
4. La población bacteriana se duplica a las 40,77 horas en un proceso sin preenfriador y a las 46,21 horas con preenfriador.
5. Con la temperatura ambiente de la cámara de almacenaje durante los 10 días de la prueba no hay diferencia organoléptica en el pollo en ambos procesos, no se aprecia una absoluta descomposición, pero al octavo día se empieza a sentir que la piel del pollo es más deslizante.
6. Todos los recuentos totales, en coliformes y E-coli se encuentran en los niveles aceptables por la Norma COGUANOR 34212:99, en ambos procesos la diferencia es mínima, por lo que el pollo almacenado durante 10 días a una temperatura entre 0 y 2 grados Centígrados es apto para el consumo humano.

7. La prevalencia de Salmonella es notoria en un proceso sin preenfriador con un 7,27 %, totalmente inaceptable con respecto a la Norma COGUANOR; mientras que en un proceso con preenfriador si se cumple con el 0%.
8. Debido a la prevalencia de Salmonella en el proceso del pollo sin preenfriador no es viable prescindir de este tanque hasta encontrar la forma de reducirla a niveles aceptables.
9. Los resultados microbiológicos no tienen un mismo patrón, el rango es muy grande en diferentes pollos analizados en un mismo punto.

## RECOMENDACIONES

1. Extender el tiempo de estudio para visualizar el ciclo completo del crecimiento bacteriano y determinar el deterioro de la vida en anaquel del producto con mayor precisión.
2. En el proceso sin preenfriador realizar ajustes que reduzcan la prevalencia de Salmonella a los niveles que demanda la Norma COGUANOR para que sea un proyecto viable el prescindir de este primer tanque de enfriamiento.
3. Considerar tomar una mayor cantidad de muestras para que esta sea más representativa y se pueda realizar una mejor interpretación estadística. Según la tabla militar estándar, para una población de pollos de 2 000 le corresponde en el muestreo normal, la toma de una muestra de 50.
4. Debido a los resultados obtenidos se recomienda que el proceso sea más uniforme, es decir, más estandarizado para que los resultados microbiológicos no tengan tanta dispersión de un pollo a otro en las mismas condiciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. B. MORENO, V. Diez. *Microorganismos de los alimentos 1*. 2ª ed. Zaragoza, España: Acribia, 5 - 118 p.
2. CENGEL, Yunus A. *Transferencia de calor y masa*. Pérez Castellanos, José Hernán (trad.). 3a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 10 p. ISBN – 13: 978-970-10-6173-2
3. Ministerio de Economía. *Pollo beneficiado listo para cocinar (pollo crudo) entero y en cortes, y sus menudos*. Norma COGUANOR NGO 34 212:99. 1999. 10 p.
4. *Modelo Matemático del crecimiento de bacterias*. [en línea] <http://www.monografias.com/trabajos27/crecimiento-bacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>. [Consulta: agosto 2013]
5. Oficina de Gobierno de Estados Unidos. *Productos animales. Código Federal de Regulaciones 9 CFR parte 200 al final*. 2002. 4 p.
6. PELCZAR, Michael J. Jr. *Microbiología*. 4a. ed. México: McGraw-Hill, 1995. 6 p.
7. PRANDL, Oscar; FISCHER, Albert; SCHMIDHOFER, Thomas; SINELL, Hans Jürgen. *Tecnología e Higiene de la carne*. Zaragoza, España. Acribia, 1994, 258 p.





## APÉNDICES

### 1. Datos originales

Los resultados microbiológicos fueron proporcionados por el laboratorio interno de la empresa.

### 2. Datos calculados

Cálculo de duplicidad de la población

Tomamos la gráfica de la correlación que tiene la forma:

$$Y = Ae^{bx} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

Y = número de bacterias al final de un período

A = número de bacterias en el tiempo cero

b = constante

x = número de horas transcurridas

Se evalúan las ecuaciones a un tiempo cualquiera, ejemplo 72 horas.

Sin pre-enfriador:  $y = 1\,809e^{0,017x}$  nos da 6 152,0

Con pre-enfriador:  $y = 1\,025e^{0,015x}$  nos da 3 018,3

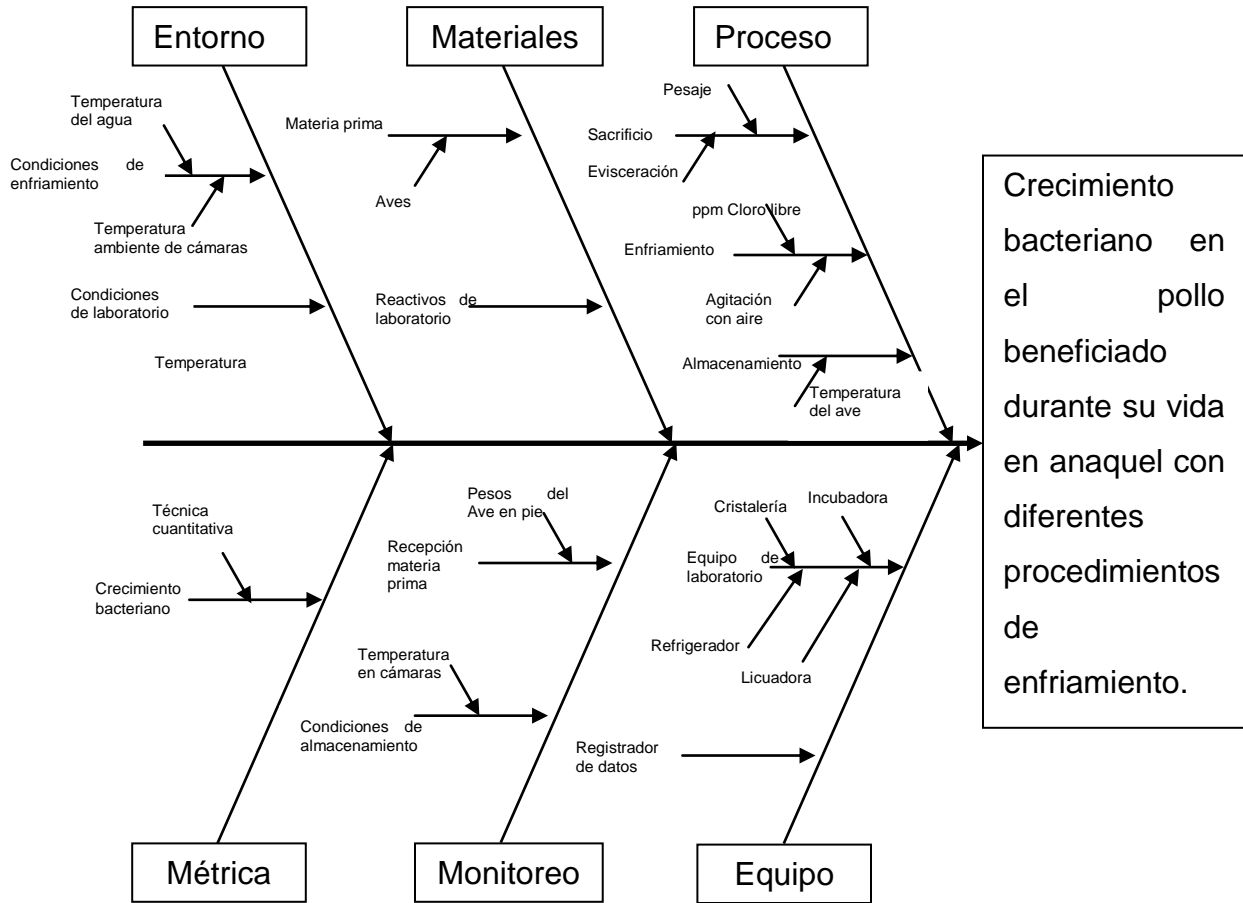
Se despeja x para encontrar el tiempo en que se duplica la población:

$$x = \ln (y/A)/b \quad (\text{Ecuación 7})$$

Sin preenfriador: para un  $y = 6\,152 \times 2 = 12\,304$ , da 112,77 horas  
Entonces  $112,77 - 72 = 40,77$  horas

Con preenfriador: para un  $y = 3\,018,3 \times 2 = 6\,036,6$ , da 118,21 horas  
Entonces  $118,21 - 72 = 46,2$  horas

### 3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA Y/O ÁRBOL DE PROBLEMAS



Fuente: elaboración propia.

#### 4. TABLA DE REQUISITOS ACADÉMICOS

1er paso	2do paso	3er paso	4to paso	5to paso	6to paso	7mo paso
Carrera	Area	Tema Genérico	Tema específico	Especificaciones	Problema a resolver	Hipótesis
Licenciatura en Ingeniería Química	Química	Análisis cualitativo	Equilibrio químico	Equilibrio ácido	Validar que la modificación en el procedimiento del pollo, consistente en la reducción del tiempo de enfriado al prescindir de uno de los tres tanques, sea viable desde el punto de vista de la inocuidad.	La no utilización del primer tanque llamado pre-enfriador, no afectará la temperatura final del pollo al momento de salir de los tanques enfriadores; por lo que se obtienen las mismas temperaturas del producto y la carga bacteriana será también la misma, factores que no alterarán la duración del producto al permanecer almacenado como producto fresco.
		Análisis cuantitativo	Técnicas analíticas	Volumétricas		
	Fisico-química	Principios fisicoquímicos				
	Operaciones unitarias	IQ-1 Transferencia de masa y Energía	Balances	Elaboración de diagramas		
		IQ-2 Flujo de fluidos	Flujo másico	Dimensionales		
		IQ-3 Transfencia de calor	Enfriamiento	Conceptos básicos		
	Áreas Complementarias	Estadística	Análisis estadístico	Logaritmos y gráficas		
	Área de especialización	Microbiología	Bacterias	Reproducción		
		Refrigeración y Aire Acondicionado	Refrigeración	Operación y Funcionamiento		

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**

### Anexo 1. Monitoreo de temperatura

Monitoreo de temperatura en cámaras con frecuencia de 30 minutos realizado con el programa *Temprecord* 5.27.0.1882

# Período de almacenaje: 31 de octubre al 10 de noviembre 2012

Logger G0033821

## Values (°C)

### Wednesday, 31 de October de 2012

11:27:44 a.m.	4.77	4.72	1.12	0.78	0.12	1.86	0.80	1.74	0.99	1.61	0.28	0.64	1.10	0.11	0.20	-0.81	-0.34	-0.77	-0.95	-0.52	-0.18
	-0.88	-0.45	-0.20	-0.02	-0.28																

### Thursday, 01 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-0.61	-0.95	0.43	0.36	0.24	1.16	0.72	0.15	1.18	0.82	0.43	0.66	1.24	1.19	1.77	1.54	0.52	0.70	0.76	1.98	1.01
10:57:44 a.m.	1.42	1.17	2.26	0.54	0.59	0.66	1.44	0.95	0.78	1.66	1.96	0.64	-0.55	-0.37	-0.13	-0.01	0.10	0.10	-1.01	-1.34	-0.68
09:27:44 p.m.	-0.27	-0.41	-0.61	-0.25	0.05	0.12															

### Friday, 02 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-0.29	-0.79	-0.25	0.39	0.39	0.30	0.07	0.10	0.83	0.24	1.19	1.41	1.61	1.52	0.94	1.29	0.08	0.03	0.42	1.96	1.09
10:57:44 a.m.	1.33	1.37	1.99	-0.04	-0.31	0.16	2.04	0.60	1.15	1.11	2.37	1.06	0.55	-1.56	0.06	-2.34	-0.27	0.07	-1.32	-0.68	-0.91
09:27:44 p.m.	-1.96	-0.62	-0.04	-0.23	-0.45	-1.53															

### Saturday, 03 de November de 2012

12:27:44 a.m.	0.29	-0.36	-1.18	0.15	-0.21	-0.38	0.59	0.69	0.18	1.04	0.28	0.24	-0.32	-0.83	0.33	1.06	0.76	1.10	1.22	2.58	1.82
10:57:44 a.m.	1.61	1.90	2.47	1.34	1.07	0.36	1.70	0.15	0.17	1.41	1.99	1.55	1.12	1.28	0.85	0.75	0.70	1.08	1.08	1.11	0.95
09:27:44 p.m.	1.20	1.35	1.50	1.80	1.05	0.98															

### Sunday, 04 de November de 2012

12:27:44 a.m.	0.20	0.00	-0.06	-0.09	-0.11	-0.09	-0.06	-0.15	-0.80	-1.00	-0.86	-0.84	-1.23	0.06	0.61	2.34	1.50	1.69	2.14	3.88	2.59
10:57:44 a.m.	2.75	2.95	3.89	3.52	3.42	3.51	4.09	3.97	4.02	4.02	5.52	4.45	4.54	4.66	2.95	0.01	-1.01	-0.76	-0.35	-1.00	-0.21
09:27:44 p.m.	-1.52	-0.52	-0.97	-0.92	-0.86	-0.27															

### Monday, 05 de November de 2012

12:27:44 a.m.	0.88	0.75	1.15	1.20	1.11	-2.22	-1.75	-0.50	-0.39	0.28	0.79	1.70	1.01	0.65	0.69	2.17	1.42	1.31	1.95	3.03	2.17
10:57:44 a.m.	2.55	2.20	3.32	2.16	2.14	1.86	2.98	2.09	1.66	2.21	2.80	1.91	1.90	2.51	2.98	1.52	0.28	-0.87	0.24	-1.09	-1.56
09:27:44 p.m.	-1.73	-0.65	-0.53	-0.80	-1.04	-0.94															

### Tuesday, 06 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-0.26	-0.17	-0.69	-0.67	-0.68	-1.10	-0.73	-0.09	0.15	0.79	0.87	0.45	1.00	0.24	-0.10	1.19	2.16	1.71	0.96	2.54	0.77
10:57:44 a.m.	1.29	1.32	2.68	2.15	1.95	1.41	2.88	2.80	2.59	2.41	3.01	1.97	1.84	1.51	2.92	0.77	-0.37	-0.83	0.96	-0.17	-1.16
09:27:44 p.m.	-1.10	-0.11	-1.00	-0.51	-0.62	-0.87															

### Wednesday, 07 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-1.31	-1.26	-1.07	-0.35	-0.31	-0.40	-0.45	-0.01	0.58	0.29	-0.56	0.42	0.49	-0.35	0.35	1.89	1.71	1.04	1.27	2.17	1.20
10:57:44 a.m.	1.18	1.81	2.67	2.12	1.58	0.97	2.08	0.94	1.43	1.08	2.05	0.82	0.48	-0.46	-0.61	-0.10	-0.76	-1.09	-0.41	-0.47	-0.92
09:27:44 p.m.	-1.39	0.29	-0.29	-1.25	0.25	-0.11															

### Thursday, 08 de November de 2012

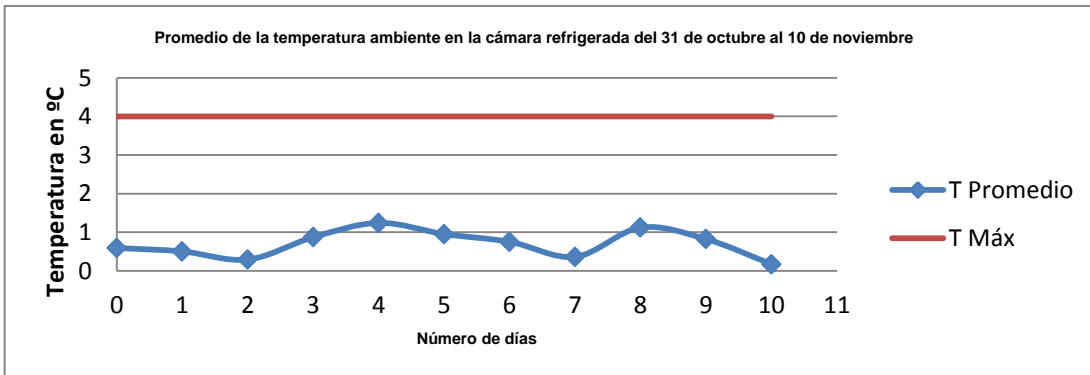
12:27:44 a.m.	-0.19	0.58	-0.36	0.12	-0.15	-1.14	0.30	1.13	1.58	-0.23	0.98	1.54	0.69	-0.25	0.56	1.89	1.43	0.83	0.15	1.83	0.98
10:57:44 a.m.	1.28	1.88	2.58	1.91	1.31	0.72	2.10	1.83	1.04	1.73	4.10	2.72	2.98	2.53	3.52	1.96	1.53	1.60	3.42	1.87	0.26
09:27:44 p.m.	-0.80	0.92	-0.39	-0.38	-0.26	-0.28															

### Friday, 09 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-0.19	-0.26	0.16	-0.15	-0.71	-0.10	0.18	0.01	0.06	0.08	0.50	0.52	0.47	-0.04	1.00	1.60	1.11	0.79	1.06	2.52	1.11
10:57:44 a.m.	1.18	1.40	2.81	1.45	2.12	1.69	3.04	1.79	1.99	1.43	2.95	1.70	1.86	1.77	3.52	0.94	1.41	0.66	1.85	-0.27	-0.86
09:27:44 p.m.	-1.24	-0.38	-0.88	-1.17	-0.61	-0.47															

### Saturday, 10 de November de 2012

12:27:44 a.m.	-0.95	-0.77	-0.67	-0.52	-1.34	-1.24	-0.80	0.35	0.06	-0.41	-0.23	1.17	0.05	1.50	1.22	1.26	1.32	1.73	1.83	2.37	0.96
10:57:44 a.m.	1.34	0.61	1.85	0.79	0.70	0.72	2.20	1.49	1.10	0.71	1.90	0.23	-0.38	-0.70	-0.05	-0.70	-1.14	-1.38	-0.80	-0.81	-1.34
09:27:44 p.m.	-1.52	-0.52	-0.97	-0.92	-0.86	-0.27															



Fuente: elaboración propia.

## Período de almacenaje: 19 de noviembre al 29 de noviembre 2012

Logger G0033821

### Values (°C)

#### Monday, 19 de November de 2012

10:25:17 a.m.	22.82	22.80	23.25	26.82	16.59	6.06	0.85	2.07	0.89	0.68	0.55	2.21	0.85	1.03	-1.22	-0.85	-0.51	-1.73	-0.92	-1.50	-1.51
08:55:17 p.m.	-0.84	-1.94	-1.30	0.09	0.92	1.27	-0.96														

#### Tuesday, 20 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-1.07	-0.92	-0.90	-1.01	-0.78	-1.20	-0.04	0.39	0.52	0.42	0.41	0.47	-0.02	0.60	1.49	1.27	0.73	0.20	0.32	1.99	0.66
10:55:17 a.m.	0.63	0.78	2.31	1.48	0.80	0.43	2.30	1.34	1.72	1.94	2.80	2.67	2.93	3.14	2.50	-0.85	-0.98	-1.15	0.13	-0.82	-0.25
09:25:17 p.m.	-0.13	-0.52	-1.18	-1.29	-0.85	-1.07															

#### Wednesday, 21 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-0.58	-0.27	-0.06	-0.18	-1.07	0.41	0.34	-0.01	0.24	0.88	0.72	-0.15	1.81	0.13	1.12	1.23	1.12	0.73	0.46	1.28	0.37
10:55:17 a.m.	1.00	0.75	1.60	0.75	1.16	0.84	1.14	-0.21	1.05	0.61	0.86	-0.07	-0.19	-0.24	-0.11	0.06	-0.49	-0.36	-0.59	-0.34	-0.76
09:25:17 p.m.	-0.14	-0.82	-0.38	0.00	-0.80	-0.91															

#### Thursday, 22 de November de 2012

12:25:17 a.m.	0.05	0.10	0.14	-0.68	-0.60	-0.28	-0.24	-0.13	0.05	0.81	0.68	0.65	1.56	0.46	0.14	1.26	1.12	1.39	1.94	2.14	0.96
10:55:17 a.m.	3.02	2.83	3.48	2.28	1.83	0.95	2.48	1.70	1.78	1.44	3.06	4.39	7.56	5.71	4.43	5.50	0.22	-0.97	-0.18	-1.14	-0.78
09:25:17 p.m.	-0.50	-0.78	-0.32	-0.69	-0.59	-0.91															

#### Friday, 23 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-0.36	-0.50	-1.04	-0.97	-0.47	-0.15	-0.11	0.34	0.40	0.21	0.14	0.46	0.48	0.35	0.06	1.22	0.57	0.28	0.41	1.75	0.60
10:55:17 a.m.	1.66	1.52	2.11	1.17	0.32	0.01	1.47	0.18	-0.29	-0.84	0.59	-0.10	0.10	-0.24	-0.57	-0.97	-0.71	-0.61	-0.57	-0.83	0.42
09:25:17 p.m.	-0.04	0.90	-0.70	-0.28	0.06	-0.93															

#### Saturday, 24 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-0.38	-0.31	-0.26	-1.52	-0.92	-0.59	-0.31	0.04	0.25	0.23	0.25	0.54	0.38	0.31	-0.44	0.12	-0.04	-0.22	0.30	0.25	0.38
10:55:17 a.m.	2.08	1.79	2.71	1.30	1.04	0.08	2.03	2.00	2.19	2.68	4.48	2.54	3.10	1.99	3.02	1.33	-1.74	-0.38	-0.12	0.11	0.07
09:25:17 p.m.	-0.23	-0.84	0.64	0.18	-0.71	0.82															

#### Sunday, 25 de November de 2012

12:25:17 a.m.	0.64	-0.29	0.84	0.24	-0.36	0.86	1.61	0.79	1.49	0.73	1.87	1.32	1.35	2.25	2.21	1.54	1.15	1.26	0.41	2.07	0.41
10:55:17 a.m.	0.24	0.60	1.70	0.47	0.81	1.34	0.86	0.29	0.49	-0.75	0.24	-0.36	2.29	-0.92	-0.65	-0.37	-0.59	-1.06	-0.68	-0.32	0.48
09:25:17 p.m.	0.64	0.64	0.38	0.79	0.97	0.55															

#### Monday, 26 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-0.60	0.99	0.66	1.41	1.34	2.08	-0.70	1.53	-1.91	-1.06	-0.82	2.07	0.70	-0.84	-0.68	1.32	1.08	1.18	1.66	3.23	2.03
10:55:17 a.m.	1.87	1.94	3.18	2.19	1.62	0.60	2.53	1.79	1.62	2.97	3.50	2.30	1.37	0.82	1.28	-0.28	0.08	-1.16	0.43	1.55	-0.43
09:25:17 p.m.	-0.47	-0.81	-0.25	-1.01	-0.18	-0.86															

#### Tuesday, 27 de November de 2012

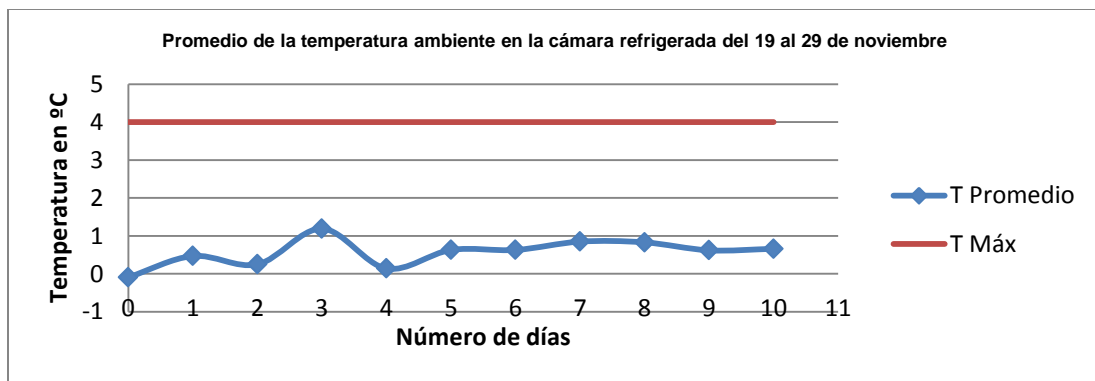
12:25:17 a.m.	-0.41	-0.22	-0.17	-0.68	-1.02	-0.66	-0.19	1.10	0.60	1.02	1.16	1.20	3.68	1.39	1.84	1.65	0.96	1.12	1.48	3.16	2.13
10:55:17 a.m.	2.20	2.58	3.52	2.49	1.53	0.67	2.40	2.14	1.65	2.16	3.02	1.90	1.73	1.44	1.52	-0.04	-0.81	-1.57	0.19	-1.01	-1.47
09:25:17 p.m.	-0.26	-0.44	-1.57	-1.45	-0.77	-1.07															

#### Wednesday, 28 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-1.57	0.54	0.53	-0.31	-1.30	-0.74	-0.50	-0.12	0.38	0.06	0.05	0.31	1.64	1.00	1.52	1.17	1.00	0.68	1.10	2.07	1.10
10:55:17 a.m.	1.14	0.97	2.15	1.22	0.61	0.79	2.32	2.02	1.42	1.93	2.53	1.66	1.46	1.24	1.78	1.28	0.70	-1.48	-0.32	-0.70	0.67
09:25:17 p.m.	1.28	-0.17	-1.24	-0.17	-1.13	-0.59															

#### Thursday, 29 de November de 2012

12:25:17 a.m.	-0.15	0.19	0.11	0.05	-0.05	-0.03	-0.60	0.63	0.43	0.09	-0.17	0.06	1.46	0.11	1.46	1.65	0.93	1.17	2.22	2.58	1.26
10:55:17 a.m.	1.65	1.24	2.61	2.21	2.28	1.68	2.68	0.97	0.44	0.22	1.56	1.51	0.40	-0.01	1.61	-0.14	-0.67	0.57	0.35	-0.71	-0.57
09:25:17 p.m.	0.25	0.07	-0.26	-0.40	-0.57	-0.73															



Fuente: elaboración propia.

## Período de almacenaje: 03 de diciembre al 13 de diciembre 2012.

Logger G0033821

### Values (°C)

#### Monday, 03 de December de 2012

10:55:17 a.m.	0.29	1.02	3.24	1.73	0.46	1.28	1.90	0.63	0.85	0.87	2.59	0.33	0.53	0.35	2.36	0.84	0.10	0.42	1.04	-0.17	0.02
09:25:17 a.m.	0.37	0.33	0.07	-0.14	-0.53	-0.10															

#### Tuesday, 04 de December de 2012

12:25:17 a.m.	0.07	-0.69	0.10	-0.14	-0.23	-0.76	0.43	0.19	0.53	0.76	0.68	1.18	0.37	1.25	1.20	1.52	2.01	1.50	2.46	1.50	0.34
10:55:17 a.m.	0.85	1.26	1.76	1.39	1.47	1.01	1.24	0.63	0.55	1.62	1.85	-0.11	0.47	1.10	0.97	-0.28	-0.77	-0.01	-0.19	-0.23	-0.61
09:25:17 p.m.	0.05	-0.50	-0.23	-0.93	-0.61	-0.95															

#### Wednesday, 05 de December de 2012

12:25:17 a.m.	-0.36	-0.28	-0.23	-1.22	-0.91	-0.51	0.12	0.22	0.13	1.00	1.06	0.41	1.23	1.20	1.03	0.91	1.66	1.56	0.62	1.64	1.72
10:55:17 a.m.	0.75	0.70	1.96	-0.23	-0.58	1.41	1.11	0.48	0.51	-0.23	1.81	1.42	0.84	1.00	0.60	-0.45	-0.14	0.15	-0.27	-0.74	-0.27
09:25:17 p.m.	-1.16	-0.05	-0.46	-0.10	0.12	-0.67															

#### Thursday, 06 de December de 2012

12:25:17 a.m.	0.40	0.35	-0.27	-0.12	-0.33	-0.10	0.41	0.62	0.80	0.74	0.42	1.46	1.32	0.81	0.78	0.95	0.71	0.62	1.12	1.84	1.00
10:55:17 a.m.	1.22	1.78	2.59	0.87	0.17	2.18	1.73	1.75	1.85	2.68	2.94	0.88	-0.43	0.41	1.61	0.38	-0.25	-0.68	0.97	-0.02	0.81
09:25:17 p.m.	0.08	0.54	0.98	0.40	0.39	1.06															

#### Friday, 07 de December de 2012

12:25:17 a.m.	0.70	1.24	0.48	1.21	0.41	1.21	0.22	1.17	1.56	1.83	1.93	1.38	1.53	0.19	1.53	1.45	1.63	1.35	1.64	2.72	1.60
10:55:17 a.m.	1.10	1.62	2.49	1.27	1.33	0.63	1.78	1.71	1.36	2.71	2.94	1.94	1.63	0.43	0.17	-0.55	0.97	0.37	-0.42	-0.98	-0.37
09:25:17 p.m.	-0.18	0.00	0.62	0.65	0.37	-1.02															

#### Saturday, 08 de December de 2012

12:25:17 a.m.	-0.41	0.86	0.62	-1.48	0.73	0.51	0.61	1.15	0.20	1.32	0.91	2.28	2.13	1.33	2.01	2.00	0.73	0.64	2.24	1.70	0.68
10:55:17 a.m.	0.67	1.73	1.85	1.07	1.11	0.39	3.53	4.58	3.40	2.01	2.57	-0.29	-1.82	0.15	-0.34	0.01	0.81	0.98	0.89	0.70	0.19
09:25:17 p.m.	-0.49	1.35	1.01	0.46	-0.45	1.38															

#### Sunday, 09 de December de 2012

12:25:17 a.m.	0.94	0.21	0.94	1.22	0.67	-0.42	1.41	0.93	-0.24	1.39	0.89	0.34	1.20	0.65	0.01	1.36	0.98	0.35	1.21	2.52	1.59
10:55:17 a.m.	1.87	1.23	1.77	0.66	-0.24	-0.90	0.64	0.38	0.76	0.72	0.76	0.76	0.67	0.59	-0.80	0.70	0.01	0.14	-0.10	0.67	0.72
09:25:17 p.m.	0.65	0.51	0.22	-0.12	-0.62	0.06															

#### Monday, 10 de December de 2012

12:25:17 a.m.	-0.31	0.12	0.78	1.01	0.93	0.85	0.25	1.50	1.04	1.09	1.67	1.39	1.36	1.03	0.82	1.58	1.16	0.91	0.85	2.32	1.61
10:55:17 a.m.	2.45	1.98	2.80	1.72	1.62	1.04	2.30	1.29	0.98	1.92	2.96	1.76	1.87	1.87	2.73	2.12	1.55	1.93	1.89	0.15	-0.25
09:25:17 p.m.	-0.33	0.23	-0.69	-0.16	0.14	-1.10															

#### Tuesday, 11 de December de 2012

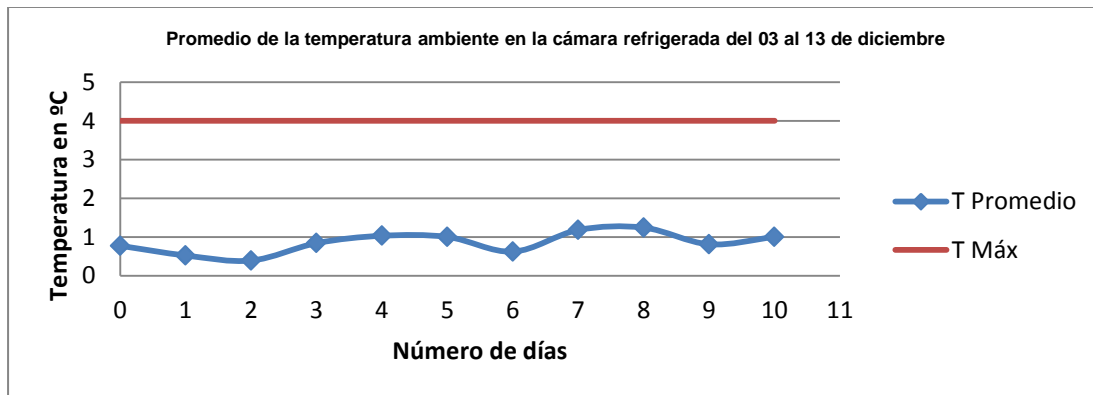
12:25:17 a.m.	-0.75	0.79	0.38	0.37	0.70	0.23	1.22	1.67	1.03	1.61	1.22	1.29	2.01	0.41	1.48	1.86	1.62	1.61	3.44	3.58	2.18
10:55:17 a.m.	2.65	2.32	2.99	1.95	1.14	1.15	3.06	2.77	2.82	2.61	3.33	1.93	1.66	1.51	2.60	1.47	0.94	-0.32	0.40	-1.21	-0.92
09:25:17 p.m.	-0.87	-0.15	-0.75	-0.06	-0.89	-0.51															

#### Wednesday, 12 de December de 2012

12:25:17 a.m.	-0.27	0.00	0.22	-0.25	-0.76	-0.18	0.17	1.03	0.96	0.80	1.30	1.17	2.75	1.67	1.40	1.64	1.83	1.70	3.82	2.39	1.98
10:55:17 a.m.	0.91	1.47	2.51	1.55	1.32	0.20	1.27	0.44	0.17	0.51	2.11	1.10	0.38	1.65	1.79	-0.42	0.33	0.00	0.18	0.18	-0.65
09:25:17 p.m.	-0.14	-0.29	0.00	-0.08	-0.51	-0.68															

#### Thursday, 13 de December de 2012

12:25:17 a.m.	0.02	0.32	-0.60	-0.53	-0.25	0.18	-0.21	0.60	0.67	0.23	0.49	0.41	1.79	1.68	1.06	1.18	1.20	1.03	1.28	2.54	1.86
10:55:17 a.m.	2.05	1.75	2.99	2.63	1.88	0.82	2.25	1.59	1.45	2.31	13.24										



Fuente: elaboración propia.



## Período de almacenaje: 15 de enero al 25 de enero 2013

Logger G0033821

### Values (°C)

#### Tuesday, 15 de January de 2013

08:58:13 a.m.	23.53	23.54	22.92	12.72	2.15	1.94	2.06	1.93	1.91	1.87	1.89	1.77	2.80	2.68	3.04	3.20	2.68	2.30	2.15	2.03	1.89
07:28:13 p.m.	1.77	1.75	1.29	1.11	0.95	1.12	0.66	0.51	0.27	0.53											

#### Wednesday, 16 de January de 2013

12:28:13 a.m.	0.41	0.39	0.34	0.67	0.55	0.42	0.55	0.55	0.47	0.39	0.48	0.49	0.42	0.28	0.27	0.34	0.19	-0.02	0.14	0.37	0.37
10:58:13 a.m.	0.37	0.65	0.98	0.76	0.67	0.63	0.70	0.88	1.01	1.32	1.62	1.75	1.68	1.66	1.58	1.62	1.66	1.69	1.75	1.64	1.47
09:28:13 p.m.	1.36	1.40	1.45	1.05	0.63	0.53															

#### Thursday, 17 de January de 2013

12:28:13 a.m.	0.37	0.48	0.52	0.54	0.39	0.28	0.17	0.43	0.28	0.57	0.46	0.57	0.61	0.20	0.32	0.72	0.76	0.57	0.61	0.74	0.90
10:58:13 a.m.	1.12	1.07	1.07	1.16	1.12	1.12	1.25	1.16	1.12	1.12	1.12	1.16	1.14	1.16	1.25	1.16	1.03	1.01	1.03	0.94	0.90
09:28:13 p.m.	0.81	0.65	0.52	0.32	0.39	0.41															

#### Friday, 18 de January de 2013

12:28:13 a.m.	0.34	0.18	0.34	0.25	0.20	0.32	0.17	0.08	0.15	0.17	0.23	0.32	0.23	0.00	0.10	0.15	0.23	-0.02	-0.06	0.32	0.30
10:58:13 a.m.	0.37	0.32	0.68	0.40	0.34	0.25	0.52	0.43	0.46	0.46	0.61	1.15	1.44	1.58	2.05	1.30	0.48	-0.71	-0.07	-0.06	-0.45
09:28:13 p.m.	-0.67	-0.60	-1.16	-0.98	-0.74	-0.63															

#### Saturday, 19 de January de 2013

12:28:13 a.m.	-1.15	-0.43	-0.07	-0.33	-0.59	-0.86	-0.89	0.18	-0.81	0.14	0.15	0.31	0.00	-0.47	-0.76	0.31	0.61	0.90	0.50	0.62	0.52
10:58:13 a.m.	0.54	0.61	1.40	0.67	0.73	0.89	1.52	1.06	1.27	1.18	1.21	1.27	1.39	1.23	1.27	0.88	0.84	0.38	-0.21	-0.52	-0.89
09:28:13 p.m.	-0.41	-0.40	-0.96	-0.70	-0.47	-0.74															

#### Sunday, 20 de January de 2013

12:28:13 a.m.	-0.29	-0.31	-0.31	-0.41	-0.31	-0.38	-0.47	-0.71	-0.57	-0.61	-0.40	-0.57	-0.36	-0.35	0.01	0.57	0.59	0.66	0.75	0.86	0.94
10:58:13 a.m.	0.98	1.04	1.41	1.28	1.29	1.33	1.54	1.46	1.50	1.58	2.05	1.82	1.84	1.88	2.40	0.46	-0.12	0.54	1.47	1.54	1.69
09:28:13 p.m.	0.91	0.49	-0.04	-0.19	-0.17	-0.28															

#### Monday, 21 de January de 2013

12:28:13 a.m.	-0.22	-0.07	-0.17	-0.28	-0.47	-0.43	-0.34	-0.59	-0.26	-0.15	-0.22	0.59	-0.22	-0.54	-0.13	0.58	-0.26	0.01	0.28	0.80	0.85
10:58:13 a.m.	0.88	0.93	2.30	1.21	1.04	1.08	1.35	1.26	1.54	1.52	1.87	1.73	1.87	2.12	2.79	2.00	1.34	0.92	1.40	1.06	1.00
09:28:13 p.m.	-0.04	0.06	-0.77	0.02	-0.11	-0.01															

#### Tuesday, 22 de January de 2013

12:28:13 a.m.	-0.83	-0.77	-0.46	-0.47	-0.61	-0.22	0.23	0.65	-0.15	0.59	0.17	0.63	0.01	-0.31	-0.05	0.31	-0.01	-0.07	-0.16	0.77	0.82
10:58:13 a.m.	0.85	0.90	1.30	0.67	0.35	0.27	0.58	0.77	0.97	1.18	1.28	1.67	2.42	1.88	1.72	1.78	1.61	0.22	1.47	0.94	0.38
09:28:13 p.m.	0.38	0.68	0.79	0.60	0.09	0.43															

#### Wednesday, 23 de January de 2013

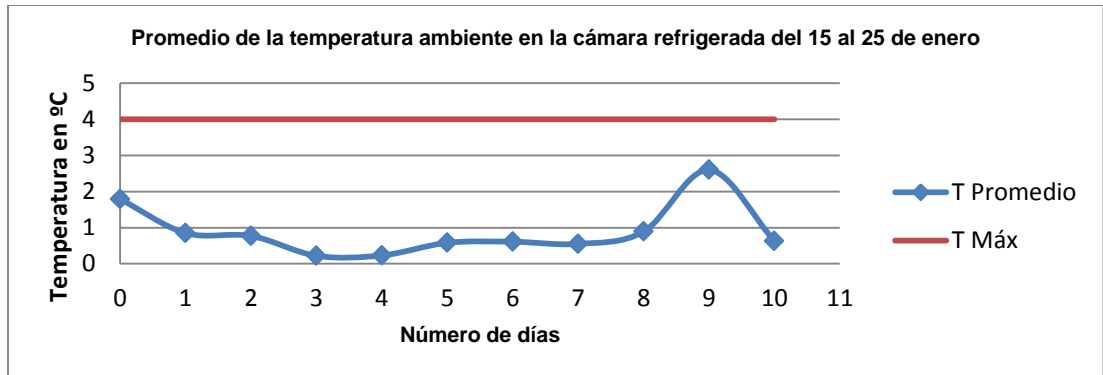
12:28:13 a.m.	-0.71	-0.46	-0.28	-0.16	-0.42	-0.05	-0.24	0.25	-0.01	0.28	-0.01	0.40	0.29	0.15	-0.52	0.71	0.15	0.51	0.66	0.91	1.00
10:58:13 a.m.	0.93	1.28	2.46	1.33	1.44	1.39	1.92	1.30	0.89	0.91	1.63	1.65	1.56	1.73	2.27	1.82	1.84	1.78	2.33	1.47	1.24
09:28:13 p.m.	0.08	0.02	1.27	1.49	1.89	2.51															

#### Thursday, 24 de January de 2013

12:28:13 a.m.	2.76	2.66	2.70	2.78	2.87	2.91	2.97	2.99	3.04	3.07	3.24	3.64	4.61	3.07	1.32	1.35	1.28	1.30	2.05	1.85	2.32
10:58:13 a.m.	4.26	2.66	2.24	1.88	1.65	1.05	1.06	1.78	2.00	2.60	2.59	2.68	2.70	3.08	3.10	2.93	2.96	3.36	3.38	3.40	3.36
09:28:13 p.m.	3.28	2.99	2.93	2.63	1.88	1.49															

#### Friday, 25 de January de 2013

12:28:13 a.m.	1.35	1.17	1.09	1.37	1.20	1.04	0.64	0.51	0.41	0.95	0.76	0.97	0.98	0.57	-0.34	0.41	0.29	0.27	0.49	0.66	0.58
10:58:13 a.m.	0.44	0.40	0.75	0.47	0.15	-0.10	0.12	0.41	0.44	0.51	0.70	0.78	0.91								



Fuente: elaboración propia.

# Período de almacenaje: 30 de enero al 09 de febrero 2013

Logger G0033821

## Values (°C)

### Wednesday, 30 de January de 2013

02:57:46 a.m. 29.50 29.52 31.80 31.06 20.63 10.38 3.37 2.52 2.50 2.74 3.29 2.30 2.32 2.37 2.15 2.17 1.70 1.10 0.95

### Thursday, 31 de January de 2013

12:27:46 a.m. 0.51 0.49 0.70 0.96 0.17 -0.28 -0.63 0.22 0.64 0.61 0.37 0.85 0.23 -0.08 0.05 0.51 0.24 0.49 1.60 2.05 2.01  
 10:57:46 a.m. 1.92 2.11 2.59 1.99 1.80 1.56 2.11 1.84 1.88 1.81 2.24 2.09 2.17 2.25 2.15 2.11 2.21 2.29 2.25 1.11 0.54  
 09:27:46 p.m. 0.18 0.71 -0.29 -0.76 -1.11 -0.85

### Friday, 01 de February de 2013

12:27:46 a.m. -0.74 -0.32 -0.43 -0.41 -1.06 -1.05 -0.60 -0.03 -0.32 -0.41 -0.32 0.15 -0.45 -0.89 -0.32 0.68 0.20 0.10 0.30 0.82 0.54  
 10:57:46 a.m. 0.88 1.27 2.08 1.88 1.73 1.80 3.04 1.75 1.27 1.21 1.60 1.40 0.96 0.75 0.57 0.44 -0.33 -0.43 0.20 -1.13 -1.58  
 09:27:46 p.m. -1.67 -0.59 -1.67 -1.00 -1.78 -0.51

### Saturday, 02 de February de 2013

12:27:46 a.m. -1.82 -0.81 -1.01 -0.55 -2.03 -1.14 -0.46 -0.29 -0.54 -0.11 -0.47 -0.36 -0.65 -0.32 0.08 0.54 -0.10 0.08 0.48 1.71 1.44  
 10:57:46 a.m. 1.60 1.90 2.27 1.80 1.41 0.97 1.35 0.65 1.11 0.88 1.40 0.71 0.46 -0.28 -0.24 -0.52 -0.11 0.04 -0.22 -0.29 -0.26  
 09:27:46 p.m. -0.13 -0.13 -0.28 -0.28 0.14 0.97

### Sunday, 03 de February de 2013

12:27:46 a.m. 0.05 -0.13 -0.04 0.01 -0.06 -0.17 -0.22 -0.83 -0.54 -0.74 -0.89 -0.84 -0.82 -0.41 -0.59 -0.63 -0.74 -0.77 -0.68 -1.05 -0.73  
 10:57:46 a.m. 0.17 0.67 -0.70 -0.57 -0.57 -0.66 -0.68 -0.74 -0.74 -0.61 -0.59 -0.74 -0.74 -0.86 -0.04 -1.00 -0.97 -0.89 -0.95 -0.57 0.13  
 09:27:46 p.m. 0.21 1.16 -0.76 -0.96 -0.84 -1.05

### Monday, 04 de February de 2013

12:27:46 a.m. -1.07 -0.93 -0.86 -1.10 -1.12 -1.02 -0.91 -1.10 -0.76 -0.57 -0.61 -0.22 -0.45 -0.18 0.19 0.15 0.57 -0.05 0.59 0.77 0.64  
 10:57:46 a.m. 0.81 1.08 1.41 0.85 0.66 0.60 0.55 0.35 0.62 0.84 1.32 1.55 1.54 1.48 1.56 0.07 -0.36 0.18 1.38 0.96 0.88  
 09:27:46 p.m. 0.68 0.77 0.18 -0.32 -0.78 -0.63

### Tuesday, 05 de February de 2013

12:27:46 a.m. -0.91 -0.84 -0.76 -1.07 -0.51 -0.31 -0.19 -0.81 -0.28 -0.13 -0.07 0.15 0.10 -0.17 0.23 0.67 -0.03 0.14 0.80 0.97 0.97  
 10:57:46 a.m. 1.41 1.41 1.90 1.48 1.71 1.37 1.35 1.94 1.41 0.91 1.41 1.21 1.04 0.31 0.68 0.33 -0.10 -0.17 0.44 -1.04 -0.89  
 09:27:46 p.m. -1.09 -0.68 -0.50 -0.82 -0.70

### Wednesday, 06 de February de 2013

12:27:46 a.m. -0.75 -0.63 -0.47 -0.84 -0.93 -0.76 -0.54 -0.06 -0.13 -0.19 0.25 1.08 -0.27 0.01 0.06 2.01 0.34 0.31 0.70 1.30 1.37  
 10:57:46 a.m. 1.33 1.50 2.15 1.38 1.37 1.12 1.18 1.26 1.37 1.14 0.53 0.55 0.62 0.42 0.55 0.84 0.93 0.51 0.88 0.41 0.18  
 09:27:46 p.m. 0.24 0.35 0.31 0.01 -0.33 -0.37

### Thursday, 07 de February de 2013

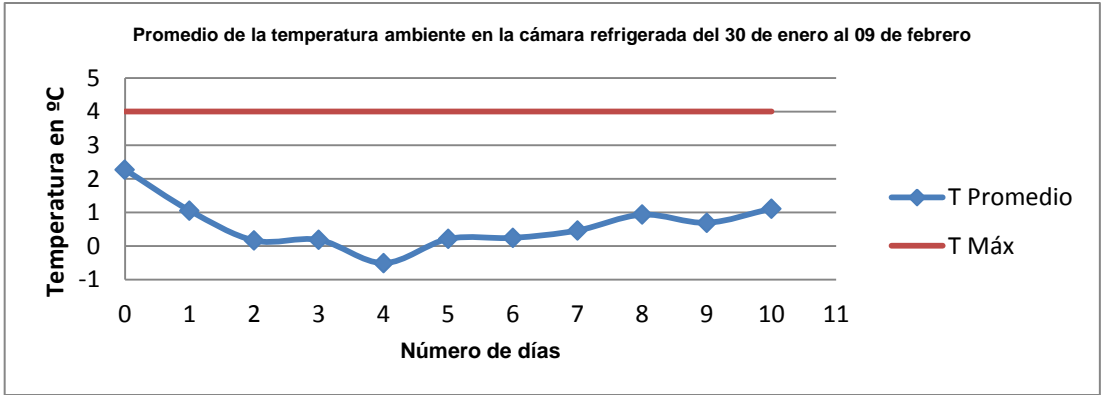
12:27:46 a.m. -0.76 -0.47 -0.73 -0.35 -0.81 -0.31 -0.61 -0.24 -0.01 0.05 -0.22 1.29 0.05 -0.47 -0.42 0.67 0.27 0.81 0.82 2.05 1.37  
 10:57:46 a.m. 1.51 1.65 2.00 1.67 1.61 1.13 1.39 1.08 1.04 1.00 1.04 1.10 1.15 1.26 1.73 1.61 1.61 1.63 2.50 1.54 1.69  
 09:27:46 p.m. 1.59 2.04 2.24 2.04 1.69 2.27

### Friday, 08 de February de 2013

12:27:46 a.m. 1.47 0.94 0.64 0.15 -1.13 -0.61 -0.40 -0.05 -0.10 0.11 0.31 0.90 0.33 0.14 0.27 1.55 0.35 0.29 0.68 1.95 1.55  
 10:57:46 a.m. 1.35 0.76 0.91 0.62 0.55 0.46 0.68 0.58 0.55 0.68 1.21 0.97 1.28 1.26 1.61 1.35 1.42 1.15 1.17 1.06 1.02  
 09:27:46 p.m. 0.84 0.80 0.77 0.58 0.21 0.13

### Saturday, 09 de February de 2013

12:27:46 a.m. 0.07 -0.33 -0.73 -0.40 -1.29 -1.66 -1.64 -0.67 -0.16 -0.33 -0.94 -0.49 -0.03 -0.21 -0.23 0.94 0.43 0.73 1.00 2.09 1.66  
 10:57:46 a.m. 2.02 1.49 0.84 0.62 0.62 0.55 0.64 0.71 1.47 1.35 1.12 1.47 41.35 1.24 0.82 0.82 0.55 0.38 0.07 -1.32 -1.57  
 09:27:46 p.m. -1.66 -0.76 -0.95 -1.25 0.35 1.17



Fuente: elaboración propia.