

**MODELO MATEMATICO PARA LA DETERMINACION DE LA VIDA UTIL DE  
LOS PRODUCTOS CARNICOS COCIDOS ELABORADOS EN LA PLANTA  
FRIGOANDES-AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**LISBETH JOHANNA RODRIGUEZ RINCON**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA  
PAMPLONA**

**2017**

**MODELO MATEMATICO PARA LA DETERMINACION DE LA VIDA UTIL DE  
LOS PRODUCTOS CARNICOS COCIDOS ELABORADOS EN LA PLANTA  
FRIGOANDES-AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**LISBETH JOHANNA RODRIGUEZ RINCON  
COD: 1094266380**

**Trabajo de Grado para optar el título de Microbióloga**

**Asesor**

**JOSE FELIX ORTIZ LAMUS.  
PhD Biología Molecular y Biotecnología**

**Asesores externos**

**ELSA BEATRIZ GELVEZ AROCHA  
Directora Aseguramiento de Calidad**

**ADRIANA SOFIA CUELLAR CANO  
Coordinadora Aseguramiento de Calidad**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA  
PAMPLONA  
2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----

**Firma Del Jurado**

-----

**Firma Del Jurado**

**Pamplona, diciembre 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, la sabiduría y la posibilidad de llegar a este momento inolvidable y trascendente para mí.

A mis abuelos, ya que sin su ayuda no habría sido posible alcanzar este logro; sé que desde el cielo siempre tendré su bendición.

A mis padres Mauricio Rodríguez y Elcy Rincón por su apoyo, sus consejos, paciencia y por creer en mis capacidades; ya que gracias a ellos pude superar los obstáculos que se me presentaron y así culminar de manera satisfactoria mis estudios.

A Carlos Mantilla y sus padres, agradezco su compañía y por acogerme como parte de su familia, dándome amor y buen ejemplo.

A los demás integrantes de mi familia por su colaboración brindada en este proceso de formación profesional, enseñándome que con amor y respeto se pueden alcanzar todas las metas propuestas.

A la Universidad de Pamplona y a mis docentes, en especial a Félix Ortiz mi tutor y a Enrique Cabeza quienes compartieron sus conocimientos y sabiduría siendo una guía fundamental para desarrollar de forma correcta este trabajo e hicieron parte de mi proceso integral de formación.

Doy mis más sinceros agradecimientos a la empresa Avidesa Mac Pollo y al departamento de Aseguramiento de Calidad dirigido por la doctora Elsa Gelvez quien me permitió realizar mi práctica depositando su confianza y permitiéndome demostrar mis capacidades como Microbióloga en formación.

A mi jefe inmediata, Ingeniera Adriana Cuellar por enriquecer mis conocimientos, permitiéndome ser parte de su equipo de trabajo y contribuyendo a mi formación no solo profesional sino personal, enseñándome a través de su ejemplo que con compromiso y perseverancia se mantiene un agradable ambiente laboral.

A mi compañera Sandra Tovar, quien además de colega se convirtió en la persona guía y amiga, compartiendo a diario en esta práctica considerada para mí como un gran inicio laboral.

A mis compañeras y amigas: Yenny, Vivians, Leidy, Yazmin y Mileidy, porque desde el inicio de la carrera hemos cultivado una amistad, reflejada en la unión, lealtad y sinceridad, apoyándonos en los momentos buenos y malos, por eso hoy sentimos que este logro alcanzado es uno solo, gracias por tanto “mis chinis”.

Y a todas las personas que de una u otra manera pudieron contribuir con mi desarrollo profesional.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar con todo mi amor este trabajo a Dios, a mis padres y a mis abuelos quienes a través de su esfuerzo y formación me inculcaron valores, como el respeto, la perseverancia y la dedicación, los cuales hoy me permiten culminar esta etapa de estudiante en la que pude conocer grandes personas, que hoy ocupan un lugar importante en mi corazón.

Siendo cada uno de ustedes mi motivación para cumplir este anhelo y ver reflejado en él, el fruto de mis esfuerzos.

Con la gracia de Dios inicio una nueva etapa como Microbióloga, en la que pondré en práctica mis conocimientos para el servicio de los demás.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
<b>3. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>19</b>
3.1 RESEÑA HISTORICA	19
3.2 MISIÓN	20
3.3 VISIÓN	20
<b>4. MARCO TEORICO .....</b>	<b>21</b>
4.1 ANTECEDENTES	21
4.2 MODELOS PREDICTIVOS	23
4.3 VIDA ANAQUEL DE LA CARNE.	28
4.4 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LA CARNE	30
4.5 DERIVADOS CÁRNICOS	36
4.6 BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS (BAL)	41
4.7 PSICRÓFILOS	42
4.8 MARCO LEGAL	43
<b>5. ACTIVIDADES.....</b>	<b>44</b>
5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	44
5.2 MATERIALES Y METODOS	44
5.3 DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS EN AVIDESA MAC POLLO S.A.	47
5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
5.5 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO	52
5.6 AJUSTE DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS PSICROFILOS Y LAS BAL CON UN MODELO PRIMARIO	52

<b>6. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>53</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>107</b>



## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1. Cronograma de Actividades .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2. Cuadro de temperaturas según su ubicación .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 3. Parámetros cinéticos de BAL en salchicha clásica, obtenidos con el software DMFit .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4. Parámetros cinéticos de BAL en salchicha manguera, obtenidos con el software DMFit. ....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 5. Parámetros cinéticos de BAL en mortadela, obtenidos con el software DMFit. ....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 6. Parámetros cinéticos de los microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica, obtenidos con el software DMFit.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 7. Parámetros cinéticos de los microorganismos Psicrófilos en salchicha manguera, obtenidos con el software DMFit. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 8. Parámetros cinéticos de los microorganismos psicrófilos en mortadela, obtenidos con el software DMFit.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Modelo Primario</b> .....	<b>24</b>
<b>Figura 2. Modelo secundario</b> .....	<b>26</b>
<b>Figura 3. Ejemplos de algunos de los modelos terciarios.</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 4. Procedimiento para la elaboración de salchicha clásica y salchicha manguera.</b> .....	<b>38</b>
<b>Figura 5. Procedimiento para elaboración de Mortadela</b> .....	<b>40</b>
<b>Figura 6. Bacterias ácido lácticas</b> .....	<b>49</b>
<b>Figura 7. Microorganismos psicrófilos</b> .....	<b>50</b>
<b>Figura 8. Recuentos de BAL en salchicha clásica almacenada a diferentes temperaturas.</b> .....	<b>53</b>
<b>Figura 9. Recuentos de BAL en salchicha clásica almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.</b> .....	<b>54</b>
<b>Figura 10. Recuentos de BAL en salchicha manguera almacenada a diferentes temperaturas.</b> .....	<b>54</b>
<b>Figura 11. Recuentos de BAL en salchicha clásica almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.</b> .....	<b>55</b>
<b>Figura 12. Recuentos de BAL en mortadela almacenada a diferentes temperaturas.</b> .....	<b>55</b>
<b>Figura 13. Recuentos de BAL en salchicha clásica almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.</b> .....	<b>56</b>
<b>Figura 14. Recuentos de microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica almacenada a diferentes temperaturas.</b> .....	<b>60</b>
<b>Figura 15. Recuentos de Psicrófilos en salchicha clásica almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.</b> .....	<b>61</b>
<b>Figura 16. Recuentos de microorganismos Psicrófilos en salchicha manguera almacenada a diferentes temperaturas.</b> .....	<b>61</b>

<b>Figura 17. Recuentos de Psicrófilos en salchicha manguera almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts. ....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 18. Recuentos de microorganismos Psicrófilos en mortadela almacenada a diferentes temperaturas.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 19. Recuentos de BAL en mortadela almacenada en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts. ....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Modelo matemático de bacterias ácido lácticas en salchicha clásica en statgraphics centurión. ....	77
Anexo 2. Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha clásica en statgraphics centurión.....	77
Anexo 3. Modelo matemático de bacterias ácido lácticas en salchicha manguera en statgraphics centurión. ....	78
Anexo 4. Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha manguera en statgraphics centurión. ....	78
Anexo 5. Modelo matemático de bacterias ácido lácticas en mortadela en statgraphics centurión. ....	79
Anexo 6. Grafica modelo ajustado de BAL en mortadela en statgraphics centurión.....	79
Anexo 7. Modelo matemático de Psicrófilos en salchicha clásica en statgraphics centurión. ....	80
Anexo 8. Grafica modelo ajustado de Psicrófilos en salchicha clásica en statgraphics centurión. ....	80
Anexo 9. Modelo matemático de psicrófilos en salchicha manguera en statgraphics centurión. ....	81
Anexo 10. Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha manguera en statgraphics centurión. ....	81
Anexo 11. Modelo matemático de psicrófilos en mortadela en statgraphics centurión.....	82
Anexo 12. Grafica modelo ajustado de psicrófilos en mortadela en statgraphics centurión.....	82
Anexo 13. Cambios organolépticos en los productos cárnicos, salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela.....	105

## INTRODUCCIÓN

El notable aumento en la demanda de productos alimentarios mínimamente procesados y cuyo consumo debe ser rápido, pero manteniendo óptimas sus condiciones de calidad y seguridad, genera una serie de retos a los que la industria alimentaria ha de adaptarse. De esta forma, el desarrollo de alternativas, como es la microbiología predictiva, ha permitido la evolución de este sector durante los últimos años. La microbiología predictiva investiga los procesos mediante los cuales los microorganismos crecen o son inactivados, y de qué forma afectarán la seguridad de los alimentos. Estas predicciones son elaboradas por modelos que simplifican los complejos procesos bioquímicos que rigen el crecimiento de los microorganismos en el alimento, permitiendo estimar la calidad e inocuidad de los productos en diferentes condiciones, tanto por las propias propiedades intrínsecas del alimento como por los factores ambientales. El modelo predictivo del crecimiento e inactivación bacteriana es un importante tema de investigación entre los microbiólogos, especialmente en los relacionados con la industria cárnica, los estudios acelerados de vida útil permiten predecir el comportamiento de los productos y anticiparse por lo tanto a su evolución en las condiciones habituales de almacenamiento y distribución.

Dentro de los derivados cárnicos se encuentran alimentos altamente perecederos, dado que su estabilidad depende de factores como el pH,  $A_w$ , composición y carga microbiana inicial, denominados factores intrínsecos; el empaque y la temperatura de almacenamiento, conocidos como factores extrínsecos, que, en últimas, se establecen como las condiciones más importantes en su deterioro.

El uso industrial de embutidos refrigerados tiene varios beneficios, entre los que se destacan ahorros energéticos en frío y reducción de los desgastes por descongelación. Aunque la mayoría de países han establecido regulaciones con

límites máximos de temperatura para almacenamiento en refrigeración, en la práctica, estos valores muchas veces son superados en cualquier etapa de la cadena de frío, dando lugar a una inesperada pérdida de calidad y una disminución significativa en su vida útil. La vida útil de alimentos, puede definirse como el tiempo máximo en el que los mismos mantienen sus cualidades nutricionales, sensoriales, microbiológicas y de inocuidad alimentaria por encima de un nivel considerado como aceptable por los consumidores.

La mayoría de las empresas del mundo que trabajan con productos cárnicos procesados y almacenados en refrigeración manejan la vida útil de este tipo de alimentos por los cambios en los recuentos de los grupos microbianos existentes mediante procedimientos costosos tanto tecnológica como económicamente, por ello se han buscado soluciones en el sector cárnico para desarrollar ecuaciones matemáticas que permitan augurar o adelantarse a conocer cuál sería el comportamiento de los recuentos microbianos permitiendo reducir dichos costos y tiempos para la estimación de la vida útil de estos productos.

Un ejemplo de este tipo de industria es la empresa AVIDESA MAC POLLO S.A, la cual busca garantizar que los productos elaborados allí cumplan con los parámetros o requisitos microbiológicos establecidos para sus productos avícolas según la normatividad vigente; ejecutan el plan HACCP como una herramienta básica para el aseguramiento de la inocuidad de la carne de pollo, dado que al aplicar este mismo, sea posibilita que las etapas que experimenta el alimento durante el ciclo de producción cuenten con las medidas de seguridad, salubridad y calidad.

Es alto el interés que se despierta en la empresa en la implementación de un modelo predictivo matemático, parte de tener el conocimiento suficiente acerca del crecimiento y/o supervivencia de los microorganismos alterantes o patógenos en los alimentos por el personal implicado en la cadena de producción alimentaria, desde la producción primaria, a los procesadores, distribuidores, vendedores y finalmente

los consumidores. En aspectos tanto sanitario como económico, se deben tener las medidas y precauciones necesarias que mitiguen el crecimiento de dichos microorganismos, además de ser necesario calcular la vida media para cubrir totalmente lo referente a la seguridad microbiológica de cualquier producto cárnico, en todas las etapas que componen cadena alimentaria.

## 1. JUSTIFICACIÓN

~~El proceso natural de descomposición de muchas comidas especialmente carnes frescas y procesadas es atribuido al crecimiento de microorganismos como bacterias y hongos en presencia de oxígeno. Las bacterias son las responsables de la acidez, los malos olores, la exudación de líquidos, gasificación (dióxido de carbono) y una degradación general en la textura y color de los productos.~~



El interés de la empresa por desarrollar un modelo matemático es con el fin de describir bajo condiciones reales de procesamiento los efectos de la temperatura sobre el deterioro microbiológico, fisicoquímico y sensorial de los derivados cárnicos elaborados en la empresa y con esto, determinar la vida útil de estos productos disminuyendo costos y tiempo.

Establecer las causas que inciden en la pérdida de vacío de la salsamentaría, es importante ya que para la empresa uno de sus objetivos es cumplir con el producto terminado de manera concertada con las distribuidoras, los puntos de venta y el cliente, siguiendo los parámetros de control de calidad que aseguren la inocuidad del producto durante la elaboración, el transporte y el almacenamiento.

La manipulación de los alimentos en el momento de transformarlos en productos listos para el consumo involucra riesgos microbiológicos, mucho más que los productos que no requieren manipulación, debido a esta situación actualmente en la empresa se aplican una serie de procedimientos para determinar la vida útil de los derivados cárnicos, como: métodos convencionales mediante recuentos microbiológicos y herramientas moleculares (3M), desafortunadamente en el caso de los análisis microbiológicos se invierte mucho tiempo para obtener resultados, y los métodos moleculares aunque son más rápidos requieren de personal capacitado para su ejecución, elevados costos en cuanto a equipos de alta tecnología para su ejecución.



Una de las formas de responder ante estos incrementos es desarrollando modelos predictivos, siendo una herramienta de gran utilidad, capaz de predecir mediante modelos matemáticos el comportamiento microbiano bajo ciertas condiciones, el cual permite obtener resultados en menor tiempo para la determinación objetiva de la calidad de los productos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar modelos matemáticos predictivos del comportamiento de los microorganismos psicrófilos y bacterias ácido lácticas, para estimar la vida útil de los productos cárnicos, salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer la concentración de bacterias psicrófilas y ácido lácticas, durante la vida útil de los productos cárnicos analizados, empleando la técnica de Petrifilm.
- Determinar el efecto que tiene la temperatura de conservación en la vida útil de los productos cárnicos analizados sobre su vida útil en anaquel.
- Realizar un estudio predictivo en búsqueda del mejor modelo matemático que determine la vida útil de los productos cárnicos analizados.
- Ajustar los modelos matemáticos en función de estimar el efecto de la temperatura de refrigeración sobre la velocidad de crecimiento de los microorganismos psicrófilos y las bacterias ácido-lácticas en los productos salchicha clásica, manguera y mortadela.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 RESEÑA HISTORICA

Hace cincuenta años la producción avícola en el país era apenas una industria naciente, se consideraba una actividad marginal y complementaria con una escasa o casi nula tecnificación de procesos. La gran parte de la carne de pollo, gallina y los huevos consumidos en el país eran producidos en los solares de las fincas familiares. Los orígenes de Mac Pollo se remontan a esa época con una pequeña planta de alimentos que con la llegada de Purina de los Estados Unidos se transformó en Distribuidora Cosandi Ltda., operando como distribuidor en la zona, en donde impulsó la producción de huevo comercial y las primeras producciones de pollo. En marzo de 1.969 se constituye la sociedad comercial Avidesa Ltda., siendo Distribuidora Cosandi Ltda., su principal socio, como distribuidora de alimentos concentrados para todo tipo de animales. Algunos años más tarde, Avidesa Ltda.

Inicia una producción incipiente de pollo de engorde con un proceso artesanal que después se industrializa en una planta de proceso en el año de 1.979 conocidas como PROAVESAN. Su marca original “Mac Pollo su pollo rico” se remonta al año 1976, a la cual se le han sumado otras como “Mac Pollo” en 1982, cuando se abandona la distribución de concentrados y se focaliza en la producción, procesamiento y distribución de carne de pollo<sup>1</sup>.

La Planta de Beneficio, AVIDESAS MAC POLLO, es una empresa que cuenta con la última tecnología de proceso, garantizando un pollo libre de contaminación y altos índices de calidad, la planta cuenta con evisceración del 100%, desprese automático en corte anatómico y con sistema de enfriamiento IQF (Congelación

---

<sup>1</sup> NAVAS BAUTISTA, Luisa Fernanda. Gestión de las actividades de bienestar y salud ocupacional en las granjas reproductoras y de engorde de la empresa Avidesa Mac Pollo SA. 2014. p.19

rápida individual), además una maquinaria, infraestructura y personal capacitado convirtiéndose en la empresa número uno a nivel nacional.

### **3.2 MISIÓN**

“Satisfacer necesidades nutricionales de los consumidores con la mejor calidad, servicio, variedad y precio, de manera eficiente y rentable, comprometidos con el bienestar y el desarrollo de nuestra gente, con responsabilidad con la comunidad y el medio ambiente”<sup>2</sup>.

### **3.3 VISIÓN**

Avidesa Mac Pollo busca mantener a la empresa como líder en Latinoamérica, con buenos precios y servicios, donde mejoran constantemente todos los procesos en la calidad de los productos alimenticios<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Ibid., p. 20.

<sup>3</sup> Mac Pollo. Nuestra Misión, Visión y Valores Disponible en: <http://www.macpollo.com.co/content/quienes-somos-0>

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 ANTECEDENTES

Son pocos los estudios realizados a la determinación de la vida útil de los derivados cárnicos en función de la temperatura, y que donde se prevea evaluar el comportamiento de las bacterias ácido lácticas (BAL) y de los microorganismos psicotrópicos, de esta forma un estudio realizado por Buelvas Salgado en el 2014 evaluó la vida útil de material cárnico de cerdo y res, en función de la temperatura, el tiempo de almacenamiento y su contenido graso, demostrándose que los cambios más significativos se presentaban a nivel microbiológico y sensorial, usándole como indicadores para estimar su vida útil. Concluyéndose: “que los abusos de temperatura (por encima de 4°C) disminuyen considerablemente la vida útil de la carne deshuesada; a bajas temperaturas de refrigeración (entre 0 y -4°C) es posible alcanzar tiempos de vida útil mayores, incluso superiores a 50 días de almacenamiento”<sup>4</sup>.

En el año 2007 Cayre publicó su artículo “Selección de un modelo primario para describir la curva de crecimiento de bacterias lácticas y *Brochothrix thermosphacta* sobre emulsiones cárnicas cocidas” el cual aplicó emulsiones cárnicas cocidas y estimó parámetros cinéticos de crecimiento, aplicando modelos Logístico Gompertz y Baranyi, sin diferencias significativas entre los modelos, relacionados a la incertidumbre y precisión de estimaciones entre la máxima densidad bacteriana y la máxima velocidad específica de crecimiento<sup>5</sup>.

Cinco años posteriores al anterior estudio se encuentra la investigación realizada por Salgado sobre el Desarrollo y validación de modelos matemáticos predictivos

---

<sup>4</sup> Ibid., p. 1

<sup>5</sup> CAYRÉ, María E.; VIGNOLO, Graciela M.; GARRO, Oscar A. Selección de un modelo primario para describir la curva de crecimiento de bacterias lácticas y *Brochothrix thermosphacta* sobre emulsiones cárnicas cocidas. Información tecnológica, 2007, vol. 18, no 3, p.1.

del crecimiento microbiano para estimación de la vida útil en jamón lonchado empacado al vacío, desarrollada en la ciudad de Medellín. El objetivo de dicha investigación era evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento en refrigeración de tiendas de barrio, minimercados y supermercados sobre la calidad fisicoquímica y el deterioro sensorial visible de JCLEV, producto del metabolismo de bacterias ácido lácticas (BAL). El investigador tomo 6 marcas comerciales de JCLEV, con dos tiempos de muestreo, el primero fue de 25 días antes de fecha de vencimiento y el segundo después de 15 días de vencido, donde se estudiaron criterios microbiológicos de calidad establecidos en la norma (NTC 1325 de 2008), los recuentos de BAL y los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez,  $a_w$ , humedad y cloruros), donde los resultados arrojaron que los jamones con recuentos de BAL estaban fisicoquímicamente deteriorados por acidificación esto antes de 25 días de vencimiento y no se identificaron cambios sensoriales visibles. El estudio permitió concluir que debido a que los JCLEV no son productos fermentados, las BAL pueden ser empleadas como un indicativo del deterioro fisicoquímico, la calidad de los procesos de elaboración e inadecuadas condiciones de almacenamiento, que influyen negativamente sobre la estabilidad sensorial y fisicoquímica de los JCLEV<sup>6</sup>.

Entrando en materia frente a los modelos predictivos, las aplicaciones de la microbiología predictiva, la Vida anaquel de la carne, los métodos de conservación de la carne, la vida útil de los productos cárnicos, entre otros aspectos relevantes en esta investigación, son contemplados en el siguiente capítulo.

---

<sup>6</sup> BUELVAS SALGADO, Gustavo Andrés. Desarrollo y validación de modelos matemáticos predictivos del crecimiento microbiano para estimación de la vida útil en jamón lonchado empacado al vacío, Medellín, 2013, 121 p. Trabajo de grado (Doctora en Veterinaria) Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería y Alimentos.p.1.

## **4.2 MODELOS PREDICTIVOS**

Apoyados en Gutiérrez Barberena, quien desarrolló en el 2011 un trabajo de investigación sobre los Modelos sugeridos como herramientas para la microbiología predictiva en la industria de los alimentos, donde menciona:

Para elaborar estos modelos se cultivan los microorganismos en medios sintéticos, que se preparan a base de ingredientes de composición química conocida que puede consistir sólo de sales inorgánicas o de éstas además de uno o varios productos orgánicos, como carbohidratos y factores de crecimiento, cuya complejidad está determinada por la capacidad biosintética del microorganismo en cuestión.

Los modelos predictivos no reemplazan a los análisis de laboratorio o a la capacitación y al juicio de los microbiólogos experimentados. Los modelos predictivos deben ser utilizados con mucha precaución y sólo por personal capacitado y con experiencia, que comprenda las posibilidades y las limitaciones de su uso.

Durante varios años en Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Francia, Australia y otros países se han tomado iniciativas para el desarrollo de programas de modelos microbiológicos. Estos programas han resultado en la disponibilidad de una gran variedad de paquetes de software de modelos microbiológicos, los cuales se encuentran en Internet<sup>7</sup>.

### **4.2.1 Tipos de modelos predictivos.**

Basados en Martínez García, en el estudio realizado en el 2016, donde trata de las Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria considera los siguientes tipos de Modelos Predictivos:

---

<sup>7</sup> GUTIÉRREZ BARBERE, Myriam Evelyn. Modelos sugeridos como herramientas para la microbiología predictiva en la industria de los alimentos". Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Maestría en Gestión de la Calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos. Guatemala, 2011, p. 13.

Los modelos predictivos pueden ser clasificados según su fundamento matemático (empíricas o mecanicistas, Roels y Kossen, 1978), según modelos probabilísticos y cinéticos (Roberts, 1989) y, según modelos primarios, secundarios y terciarios, siendo ésta última clasificación propuesta por Whiting y Buchanan (1993) la más utilizada por la comunidad científica, Lo anterior, ya que incluye, complementa y unifica las anteriores (Gerard et al. 2004)<sup>8</sup>.

Se detallarán a continuación los modelos predictivos acabados de mencionar.

#### **4.2.1.1 Modelos primarios.**

Martínez considera que estos son los modelos predictivos más sencillos, además:

Se basan en una descripción del número de unidades formadoras de colonias en función del tiempo, y valoradas en distintas condiciones experimentales. Su principal objetivo es averiguar la cinética de crecimiento de los distintos microorganismos con el mínimo de parámetros posibles, evitando así la pérdida de exactitud de los valores con cálculos muy elaborados. Este primer modelo nos proporciona información específica de los microorganismos a estudio, como son el tiempo de generación ( $t_0$ ), la duración de la fase de latencia o fase lag ( $\lambda$ ), la velocidad máxima de crecimiento ( $\mu_{max}$ ), o el tiempo de formación de toxinas. Dos ejemplos para la elaboración de estos modelos podrían ser de la Ecuación de Gompertz o la Ecuación Baranyi representados en la figura 1 (Forsythe, 2002; Baranyi y Roberts, 1994)<sup>9</sup>.

#### **Figura 1. Modelo Primario**

---

<sup>8</sup> MARTÍNEZ GARCÍA, Katherine. Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria. 2016. Disponible en <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/3186/Aplicaciones%20de%20la%20Microbiologia%20Predictiva%20en%20la%20Industria%20Alimentaria.pdf?sequence=1> p.3.

<sup>9</sup> Ibid., p. 3.



Nombre	Expresión matemática
Ecuación modificada de Gompertz	$\text{Log}(N_t) = \text{Log}(N_o) + \left[ \frac{A \times e^{\left( -e^{\left[ \frac{\mu_{max} \times e^1}{A} \times (\text{lag} - \text{time}) + 1 \right]} \right)}}{\text{Ln}(10)} \right]$
Ecuación de Baranyi y Roberts	$\text{Log}(N_t) = \text{Log}(N_o) + \frac{1}{\mu_{max}} \times \left[ t + \frac{1}{\mu_{max}} \times \text{Ln} \left( \frac{\exp(\mu_{max} \times \text{time}) + q_o}{1 + q_o} \right) \right] - \frac{1}{\text{Log}(10)} \times \text{Ln} \left( 1 + \frac{\exp \left( \mu_{max} \times \left[ \text{time} + \frac{1}{\mu_{max}} \times \text{Ln} \left( \frac{\exp(-\mu_{max} \times \text{time}) + q_o}{1 + q_o} \right) \right] \right) - 1}{\exp(\text{Log}(N_{max}) - \text{Log}(N_o))} \right)$

**Tabla1:** Ejemplos de modelos primarios que muestran la respuesta de los microorganismos  $N_t$ : densidad de población ( $\text{ufc} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) en tiempo  $t$  (horas),  $N_o$ : población inicial,  $A$ : valor asintótico cuando el tiempo decrece indefinidamente,  $\mu_{max}$ : velocidad máxima de crecimiento,  $q_o$ : Concentración inicial del sustrato limitante.

**Fuente:** MARTÍNEZ GARCÍA, Katherine. Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria. 2016. p.4.

#### 4.2.1.2 Modelos secundarios.

Continuamos basándonos en Martínez, respecto a este tipo de modelos predictivos, donde los modelos secundarios:

Una vez obtenidos los parámetros cinéticos de crecimiento del microorganismo proporcionados por los modelos primarios, se elaboran expresiones matemáticas que describen la respuesta de éstos frente a cambios en los parámetros ambientales, que afectan tanto a factores intrínsecos del producto (pH, [sales], [NO<sub>2</sub>-], etc.), como a factores extrínsecos (temperatura de almacenamiento, humedad relativa, interacción con otros microorganismos, etc.). Ejemplos de estos modelos son los basados en ecuaciones polinómicas, redes neuronales artificiales, modelos de raíz cuadrada, superficie-respuesta o la ecuación de Arrhenius (Lebert et al. 2000, Zurera et al. 2006, Gerard et al. 1998, Buchanan y Klawitter, 1991, Davey, 1993)<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Ibid., p. 4.

**Figura 2. Modelo secundario**

Nombre	Expresión matemática
Ecuación de Arrhenius	$Lnk = C_0 + \sum_{i=1}^j (C_{2i-1} V_i + C_{2i} V_i^2)$
Modelo de raíz cuadrada	$\sqrt{k} = b(T - T_{min})$
<p>k: tasa de crecimiento (tiempo<sup>-1</sup>), V= factores ambientales (temperatura, [sal], pH, etc.), C<sub>0</sub>-C<sub>2i</sub> son los coeficientes que son determinados con j factores ambientales en combinación, b: la pendiente de la recta de regresión entre <math>\sqrt{k}</math> y T, T: temperatura (°C), T<sub>min</sub>: temperatura hipotética de crecimiento donde la recta de regresión corta eje T cuando <math>\sqrt{k} = 0</math>.</p>	

**Fuente:** Fuente: MARTÍNEZ GARCÍA, Katherine. Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria. 2016. p.4-5.

#### 4.2.1.3 Modelos terciarios.

Este tipo de modelos incorporan los dos tipos anteriores, simplificándolos de forma específica mediante software, el cual permite determinar la extensión y tasa de crecimiento del microorganismo, así como comparar los efectos producidos en diferentes condiciones. Con este tipo de tecnología se puede estimar la vida útil del producto alimentario o minimizar el riesgo de pérdida de calidad e inocuidad del alimento. En este nivel se incluyen algoritmos para calcular los cambios producidos en el alimento, la comparación del comportamiento del microorganismo bajo distintas condiciones, o gráficos del crecimiento simultáneo de varios microorganismos. Muchos de estos softwares se encuentran disponibles de forma gratuita y pueden ser fácilmente manejables por los usuarios<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Ibid., p. 45

**Figura 3. Ejemplos de algunos de los modelos terciarios.**

Software de predicción	Enlace	Institución	Referencias
ComBase	<a href="http://www.combase.cc">http://www.combase.cc</a>	Institute of Food Reseach (IFR, UK)	Baranyi y Tamplin. 2004
Pathogen Modeling Program	<a href="http://pmp.erro.ars.usda.gov/PMPOne.aspx">http://pmp.erro.ars.usda.gov/PMPOne.aspx</a>	United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service (EEUU)	Buchanan <i>et al.</i> , 1993, Buchanan y Klawitter, 1991
Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)	<a href="http://fssp.food.dtu.dk">http://fssp.food.dtu.dk</a>	Danish Institute for Fisheries Researchs y la Universidad Técnica de Dinamarca	Dalgaard <i>et al.</i> 2002
Listeria Meat Model	<a href="http://www.cpmf2.be">www.cpmf2.be</a>	Jan van Impe (KU Leuven, Bélgica)	
MicroHibro	<a href="http://www.microhibro.com">www.microhibro.com</a>	Universidad de Córdoba	
Prediction of Microbial Safety in Meat Products	<a href="http://dmripredict.dk/">http://dmripredict.dk/</a>	Danish Meat Research Institute (Dinamarca)	
Refrigeration Index Calculator	<a href="http://ricalculator.mla.com.au/">http://ricalculator.mla.com.au/</a>	Universidad de Tasmania	Ross <i>et al.</i> 2003
Sym'Previous	<a href="http://www.symprevious.org">www.symprevious.org</a>	ADRIA Développement (Francia)	

**Fuente:** MARTÍNEZ GARCÍA, Katherine. Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria. 2016. p.5

#### 4.2.2 Aplicaciones de la Microbiología predictiva.

- Desarrollo e innovación de nuevos productos. Capaz de crear el desarrollo alternativo de productos alimentarios con la evaluación del impacto del crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro, lo que proporciona unas condiciones de mayor seguridad en las cadenas de producción alimentarias. A su vez, provoca el aumento de la vida útil del producto, valorando los efectos del procesado en la calidad y seguridad alimentaria.

- Ayuda operativa. Ofrece una ayuda en la toma de decisiones referidas a la seguridad alimentaria, cuando se llevan a cabo operaciones en la cadena de producción generando un análisis de riesgo preliminar y evaluando la exposición a un patógeno específico. Por otro lado, identifica y establece los puntos críticos de control (PCC) en sistemas APPCC, evaluando el impacto en caso de pérdida de calidad o seguridad microbiológica de los productos alimentarios, estimando la dinámica de las poblaciones a lo largo de la cadena alimentaria.
- Ayuda en incidentes. Estima el impacto sobre la calidad del producto o la seguridad de los consumidores en caso que se encuentren problemas con los productos del mercado, evaluando las variables y proporcionando medidas correctoras.

Estos modelos predictivos permitieron que se realizará un estudio de vida útil de productos del mercado determinados, donde se observa que se da un crecimiento de microorganismos patógenos o degradadores, facilitando investigar aquellos efectos decisivos en los cambios inmersos en su vida útil.

#### **4.3 VIDA ANAQUEL DE LA CARNE.**

López, Braña y Hernández, en el 2013 realizaron una investigación con el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal de México sobre la: estimación de la vida de anaquel de la carne, quienes consideran que corresponde al deterioro de los alimentos y se produce por diversos cambios: Principalmente; en respuesta al crecimiento y metabolismo de microorganismos, la exposición, la cantidad y tipo de luz que recibe la carne, la oxidación de lípidos y pigmentos, etc. Lo interesante es que la gran mayoría de los cambios son normalmente percibidos por el consumidor, mediante el uso de sus sentidos (vista,

olfato, gusto, tacto y oído). Cuando el consumidor rechaza el producto, porque considera que sus características lo hacen inaceptable, o porque se pone en riesgo la salud del mismo, se dice que ha llegado al final de su vida de anaquel o vida útil<sup>12</sup>.

Para lograr una larga vida de anaquel se debe tener especial énfasis en los siguientes procesos<sup>13</sup>:

1) **Selección inicial del producto o materia prima:** una vez muerto el animal del que provienen los productos cárnicos, la calidad sensorial de sus derivados frescos, solo tenderá a reducirse, ya que no se puede mejorar durante su almacenaje. Por lo que iniciar con un producto de buena calidad, es el primer paso para lograr una adecuada vida de anaquel.

2) **Formulación:** seleccionando las materias primas más apropiadas, con cargas microbianas específicas (mínimas) y dentro de normativas, así como del uso de ingredientes funcionales que aseguren la integridad del alimento.

3) **Procesamiento:** asegurando la disminución de operaciones alimentarias que modifiquen las propiedades inherentes de la materia prima o producto terminado, teniendo especial énfasis en evitar contaminaciones microbianas cruzadas.

4) **Empaque:** considerando la forma y destino final del producto, se seleccionará el empaque adecuado, particularmente que logre reducir el impacto negativo del ambiente (cambios bruscos de temperatura o humedad), así como las diferentes contaminaciones fisicoquímicas (por ejemplo, de olores o sustancias ajenas), y microbiológicas.

5) **Condiciones de transporte y almacenamiento:** considerando el adecuado seguimiento de la cadena de frío desde almacén de materias primas, almacén de

---

<sup>12</sup> LÓPEZ HERNÁNDEZ, Luis Humberto; BRAÑA VARELA, Diego; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Isabel. Estimación de la vida de anaquel de la carne. 2013. Disponible en [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4131/FISIO\\_010106304500050127.pdf;sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4131/FISIO_010106304500050127.pdf;sequence=1)

<sup>13</sup> Ibid., p. 10.

producto terminado, distribución, venta, e incluso las condiciones a las que será expuesto durante el transporte y el almacenamiento en el hogar.

Es fundamental contemplar que en la comercialización de productos perecederos no puede faltar la estimación de la vida anaquel, que como mínimo debe tener en cuenta el tiempo mínimo requerido de distribución del productor al consumidor, esto asegura que las industrias no tengan pérdidas por devoluciones, además de establecer un correcto y acertado procedimiento para el manejo cárnico siempre atendiendo la calidad del producto.

#### **4.4 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LA CARNE**

A medida que ha pasado el tiempo y dada la importancia que tiene para los hogares el sector cárnico, se han venido desarrollando métodos de conservación de las diferentes clases de carnes y alimentos, permitiendo su evolución tecnológica, por lo tanto, se detallan los diferentes métodos físicos y químicos que se debe asegurar en el proceso para conservar este producto<sup>14</sup>.

##### **4.4.1. Métodos Físicos.**

###### **4.4.4.1. Escaldado.**

Conocido como blanqueo, este método destruye enzimas, da cierto cocimiento al alimento, destruye algunos microorganismos, pero también vitaminas, hay dos formas de llevar a cabo este método: vapor y agua hervida, a una temperatura de 75°C durante un tiempo que depende de la cantidad de la carne, es utilizado industrialmente.

---

<sup>14</sup> CARRANZA Arturo. Métodos de conservación en carne. [En línea]. 2015 Disponible en <http://conservacionfisicayquimicaencarne.blogspot.com.co/2015/03/metodos-fisicos-y-quimicos-de-la-carne.html>

#### **4.4.4.2 Esterilización**

Método en el cual se utiliza una temperatura de 100°C en el centro de su masa. En la cual se logra la reducción remanente de esporas del (*Clostridium botulinum*) para que sea 10<sup>-9</sup>, para lograr la destrucción de microorganismos esto permite estabilizar el producto en condiciones normales de manejo y lograr una conservación de 2 a 3 años.

#### **4.4.4.3 Desecación**

Se refiere a conseguir la eliminación de agua en el alimento, la humedad se puede eliminar mediante varios procedimientos que van desde exponer la carne al sol hasta los procedimientos artificiales que se utilizan en la actualidad en productos cárnicos, el secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de algunos alimentos.

#### **4.4.4.4 Refrigeración**

Se entiende por refrigeración al proceso termodinámico donde se extrae el calor del alimento bajando su temperatura. El objetivo principal de la refrigeración es conservar el alimento durante un tiempo prolongado. Existen varios métodos por refrigeración: La convección, conducción y la radiación las condiciones para una buena refrigeración son la velocidad y circulación del aire, temperatura y el tiempo.

**4.4.2 Métodos Químicos Los métodos químicos se encuentran clasificados así<sup>15</sup>:**

#### **4.4.2.1 Curado**

Su objetivo es prolongar la vida útil de la carne mediante la adición de sal común, nitrato sódico, sal curante con nitrito y uso de sustancias coadyuvantes (azúcar, por

---

<sup>15</sup> *Ibíd.*, Disponible en <http://conservacionfisicayquimicaencarne.blogspot.com.co/2015/03/metodos-fisicos-y-quimicos-de-la-carne.html>

ejemplo). Con este método se conserva el color, se mejora el olor y sabor y se genera el aroma a curado.

#### **4.4.2.2 Salazonado**

Se trata de un método antiguo que consiste en agregar sal junto con otros ingredientes y que está acompañado de otros métodos como el secado y la cocción, puede ser agregados antes de la preparación (salazón seco) o se inyecta salmuera (salazón húmeda) las funciones de este método son bacteriostáticas se inhiben el crecimiento de microorganismos, mejoran su sabor, tiene gran poder de retención de agua, sobre las grasas, favorece la oxidación y el enrancia miento.

#### **4.4.2.3 Ahumado**

Se puede considerar como una fase del tratamiento de la carne que persigue su desecación y maduración o como un proceso genuino de ahumado que le imparte un aroma característico. Otros efectos deseables logrados con el ahumado son: que mejoran el color de la carne, se obtiene brillo en la parte externa, y ablanda ligeramente la carne.

#### **4.4.2.4 Acidificación**

Este método se utiliza fundamentalmente vinagre el cual impide el desarrollo de algunos microorganismos al modificar el pH de manera directa e indirecta. (También podría utilizarse vino o limón)

#### **4.4.2.5 Fermentación.**

Como todo método, la fermentación altera el producto por medio de microorganismos, normalmente se realiza en carnes inoculadas, estas aseguran una actividad microbiana, y modifica las características del producto. Depende de tres factores los cuales son: la temperatura, la humedad y la ventilación.



#### **4.4.2.6 Radiación.**

En este método se utiliza energía radiante la cual produce ionizantes rupturas y pérdida de la “estabilidad” de los átomos y/o moléculas del alimento con el que interaccionan. Suele denominarse a este proceso, “efecto primario”. Como consecuencia de este efecto primario “desestabilización” aparecen iones y radicales libres que se combinan entre sí o con otras moléculas para formar sustancias ajenas a la composición inicial del producto.

#### **4.4.3 Vida útil de los productos cárnicos.**

A continuación, se presenta el concepto y las diferentes variables a tener presente en la definición de la vida útil de los productos cárnicos<sup>16</sup>:

La carne fresca y los productos cárnicos son alimentos bastante perecederos que presentan una elevada actividad de agua y un alto contenido en nutrientes. Ambas características contribuyen a su deterioro porque favorecen el desarrollo de microorganismos indeseables y la aparición de otras modificaciones de origen físico- químico y enzimático. La oxidación lipídica es un proceso de degradación que afecta a los derivados cárnicos y origina sabores y olores desagradables. Otros fenómenos implicados en su deterioro son la deshidratación y las alteraciones de los pigmentos responsables del color.

Los elaborados cárnicos suelen envasarse al vacío o en atmósfera modificada para preservarlos del deterioro microbiano y oxidativo. A diferencia de las carnes rojas, los productos curados y cocidos mantienen sus colores característicos si se elimina el oxígeno del espacio. En presencia de este gas los pigmentos responsables del color se oxidan dando lugar a compuestos verdes, amarillos o incoloros.

---

<sup>16</sup> GARCÍA IGLESIAS, Esther; GAGO CABEZAS, Lara; FERNÁNDEZ NUEVO, José Luis. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. J. de la Sota. Madrid, CEIM, 2006, p. 53-55. Disponible en <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001697.pdf>

Según el informe de vigilancia tecnológica, afirma que: “la carne y sus derivados se envasan con materiales de baja permeabilidad al oxígeno y a la humedad para evitar las reacciones de oxidación y los problemas de deshidratación. Además, se recomiendan materiales de alta resistencia mecánica frente a las perforaciones y la rotura que pueden ocasionar los huesos presentes en algunas piezas”<sup>17</sup>.

#### **4.4.3.1 Variables que afectan la vida útil de los derivados cárnicos.**

Avidesa Mac Pollo S.A se basa en pruebas de estabilidad microbiológica, organolépticas y sensoriales, como variables que afectan la vida útil, además de observar cambios de color, sabor, textura o rancidez de todos sus productos. Lo referente a los procedimientos microbiológicos se tienen en cuenta aspectos en cuanto a la calidad higiénico sanitaria, estando directamente relacionada con el nivel de seguridad alimentaria.

Estos aspectos hacen parte de los procesos de deterioro de los productos cárnicos, que son físicos, químicos y microbiológicos, en caso de incumplimiento de los parámetros de calidad como inaceptables, dichos productos habrían cumplido con fin de su vida útil. Para el caso de la salchicha clásica y la salchicha manguera tienen una vida útil de 45 días y la mortadela una vida útil de 35 días.

Otro de los factores aplicados que hacen parte del proceso es tener los análisis respectivos frente a la velocidad de los procesos de reacción que se encuentran asociados con las variables mencionadas anteriormente, después de encontrarse en condiciones de almacenamiento controladas como es la congelación, con el fin de cumplir los parámetros de calidad definidos en el interior de la industria avícola.

La vida útil de almacenamiento de un producto en congelación o refrigeración es el período de tiempo entre su proceso de enfriamiento hasta el momento en que se

---

<sup>17</sup> *Ibíd.*, p. 55

detecten los primeros cambios de sabor, color, olor. Este tiempo de vida útil disminuye a medida que los productos recorren la cadena de frío, en la cual, cada eslabón consume una parte, que está en función del tiempo de almacenamiento y el manejo de temperaturas en las diferentes etapas del recorrido. La empresa cuenta con un cronograma anual para aplicar periódicamente las pruebas de estabilidad por medio de un plan de muestreo.

Como parte de la microbiología de los alimentos, la cual trata de los procesos en los que los microorganismos influyen en las características de los productos de consumo alimenticio humano o animal, donde se consideran que los alimentos deteriorados que presenten daño por agentes microbianos, químicos o físicos de tal forma que el alimento se vuelve inaceptable para el consumo, por lo tanto se debe tener mayor cuidado siendo que las carnes son los alimentos que se encuentran más expuestos debido en sus características de composición como son el alto contenido en proteínas, grasas y cofactores que favorecen el crecimiento bacteriano. Como parte de los agentes causantes de su deterioro están las bacterias, mohos, levaduras entre otro tipo de bacterias. Existen diversos factores que influyen en la vida útil como son<sup>18</sup>:

**Factores intrínsecos:** Constituyen los derivados de la composición del alimento: actividad de agua (aw), pH, potencial redox, nutrientes, estructura del alimento, agentes antimicrobianos presentes, etc.

**Tratamientos tecnológicos:** Factores que modifican flora inicial como consecuencia del procesado del alimento.

**Factores extrínsecos:** Derivados de la condición física del ambiente en el que se almacena el alimento.

---

<sup>18</sup> MICROBIOLOGÍA DE Los Alimentos. Disponible en [agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/.../04/Material-extra-Teórico-11.docx](http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/.../04/Material-extra-Teórico-11.docx)

**Factores implícitos:** Comprenden las relaciones entre los microorganismos establecidas como consecuencia de los factores a, b y c.

En cuanto al **pH**, ya que es un producto que se almacena al vacío es más común que el microorganismo alterante sean las bacterias lácticas. La presencia de estas bacterias depende del pH, es decir a bajos pH presencia de bacterias ácido lácticas (BAL). El deterioro de estos productos puede producirse de tres formas distintas: Producción de Limo, Agriado y Cambio de Color<sup>19</sup>.

## **4.5 DERIVADOS CÁRNICOS**

Entre las ventajas de la carne de pollo se caracteriza por presentar un adecuado porcentaje de proteínas de buena calidad. El alto contenido proteico (14,5%) y proporción balanceada de los aminoácidos esenciales que presenta permiten predecir su elevado valor biológico, lo que, aunado a su relativo bajo costo en comparación con otras fuentes proteicas, ha incrementado su consumo por parte de la población<sup>20</sup>.

### **4.4.1 La Salchicha.**

Fue una de las primeras formas que el hombre concibió, en su intento de optimizar la conservación de los alimentos, cuando había excedentes. La elaboración de embutidos fue considerada en la antigüedad como un arte plebeyo. Hoy en día, es ya un complejo proceso técnico-científico. Los avances en la elaboración de la salchicha, constituyen ahora uno de los rubros más dinámicos en la industria cárnica

---

<sup>19</sup> CARNES ROJAS. Disponible en [www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/10%20carnes%20rojas.pdf](http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/10%20carnes%20rojas.pdf)

<sup>20</sup> AGUIAR NOVILLO, Emilio Javier. *Evaluación de Diferentes Niveles de Jugo de Pimiento, como Antioxidante Natural en la Elaboración de Salchicha de Pollo*. 2012. Tesis de Licenciatura. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2091/1/27T0137.pdf>

y es de complejidad si se tiene en cuenta que en la actualidad se elaboran de 1.500 tipos de salchichas para el mercado mundial.<sup>21</sup>

La salchicha clásica y la salchicha manguera son elaboradas a base de carne de pollo beneficiado automatizado, seleccionado mediante su olor y sabor suis generis, textura suave, libre en 98% de hueso perceptible al tacto, con un alto valor proteico, la salchicha manguera está cubierta por una fibra de celulosa no comestible, luego en una bolsa de polietileno de baja densidad.

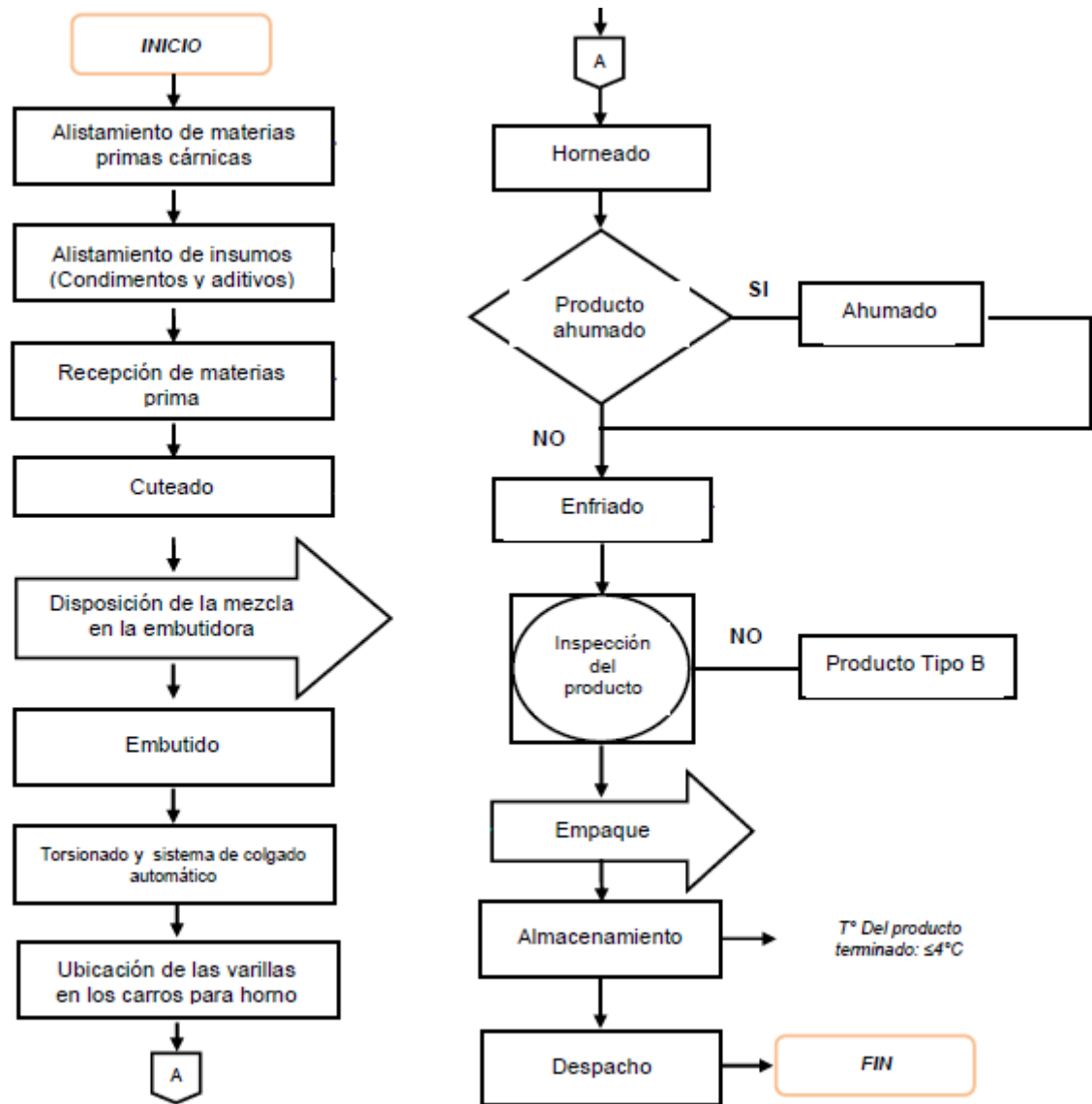
La salchicha clásica se diferencia de la salchicha manguera por ser sometida a un proceso de ahumado y por ser empacada al vacío en material multicapa laminado de Poliéster / Coextrusión HBA con alta barrera al oxígeno para generar un producto de excelente calidad y sabor con el fin de obtener un alimento de alto valor proteico compuesto principalmente de carne de perrnil. La mezcla de los ingredientes es totalmente homogénea.

#### **4.4.2 Elaboración de salchicha clásica y salchicha manguera.**

---

<sup>21</sup> Ibíd., p.16

**Figura 4. Procedimiento para la elaboración de salchicha clásica y salchicha manguera.**



**Fuente:** COORDINADORA ASEGURAMIENTO de Calidad, Mac Pollo. Sistema H.A.C.C.P. Planta Productos Cárnicos. 2017

#### **4.4.3 Mortadela.**

La mortadela al igual que las salchichas son embutidos escaldados elaborados a partir de carne fresca no completamente madura. Se utilizan como materias primas carne, grasa, hielo, y condimentos, reciben un tratamiento térmico posterior que coagula las proteínas y le dan una estructura firme y elástica al producto. Empacado al vacío en material multicapa laminado de poliéster / coextrusión HBA con alta barrera al oxígeno. Presentación en paquete.

En cuanto a la higiene, los peligros más importantes son las bacterias que pueden contaminar el producto cuando no se mantienen condiciones adecuadas de almacenamiento. Todo el proceso debe realizarse con estricta higiene ya que los productos solo se pasteurizan, además el hielo debe ser de buena calidad microbiológica. También el control de la materia prima que se utiliza en la elaboración de éste tipo de embutidos debe tener una elevada capacidad fijadora del agua. Es preciso emplear carnes de animales jóvenes y magros, recién matados y no completamente madurados. No se debe emplear carne congelada, de animales viejos, ni carne veteada de grasa.

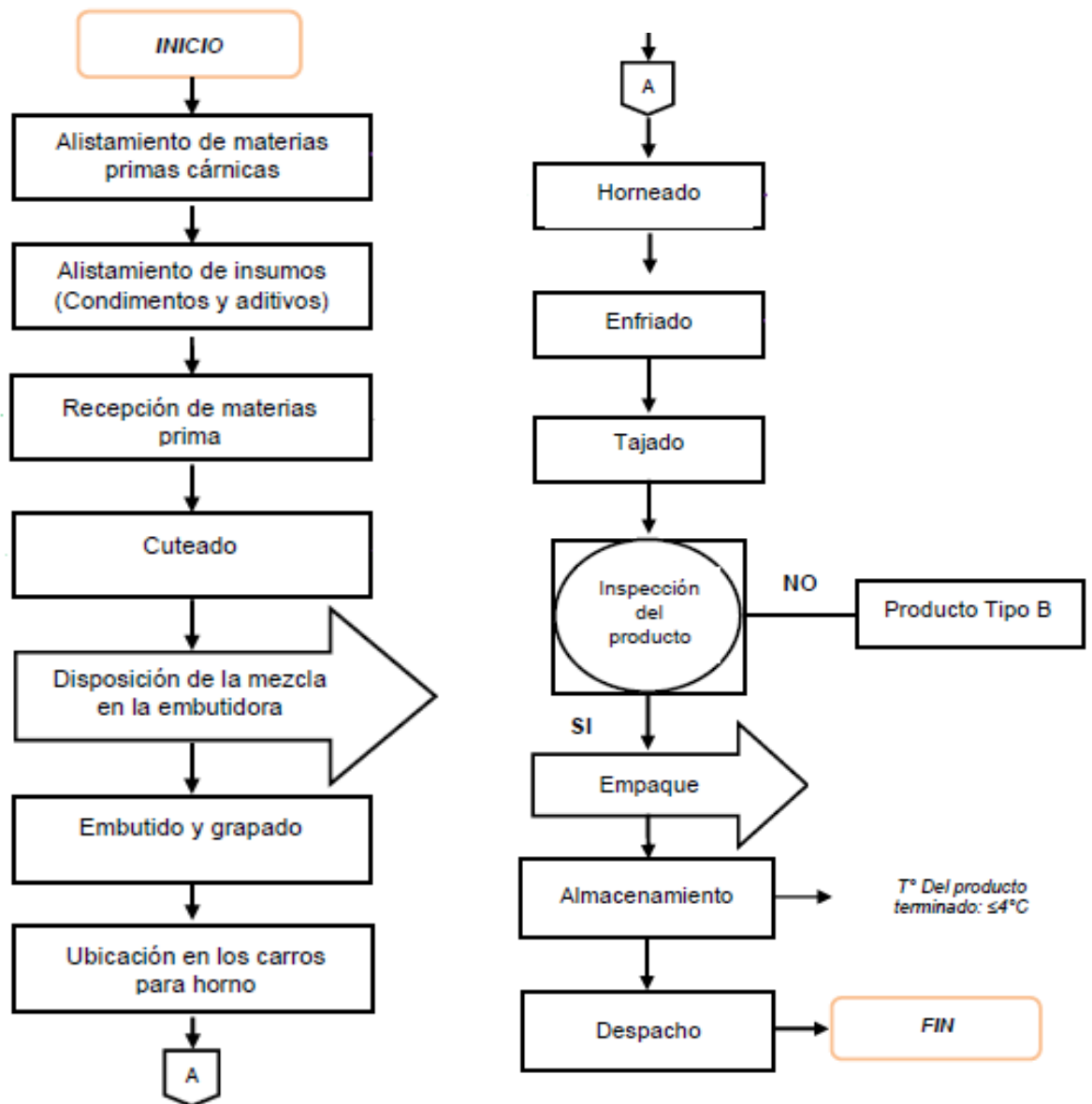
La diferencia entre la mortadela y los otros tipos de embutidos escaldados es su formulación y su presentación, ya que son embutidos gruesos similares a los jamones. El proceso de elaboración consiste en refrigerar las carnes, luego éstas se trocean y curan, se pican y mezclan y finalmente se embuten en tripas y se escaldan.<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Fichas Técnicas. Procesados de Carnes. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-au165s.pdf>

#### 4.4.4 Elaboración de mortadela.

Figura 5. Procedimiento para elaboración de Mortadela



Fuente: COORDINADORA ASEGURAMIENTO de Calidad, Mac Pollo. Sistema H.A.C.C.P. Planta Productos Cárnicos. 2017.



#### 4.6 BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS (BAL)

“Las bacterias ácido lácticas son un grupo de microorganismos que para su desarrollo requieren de azúcares como glucosa y lactosa, además de aminoácidos, vitaminas; estas se encuentran aisladas en diversos alimentos, como vegetales, frutas, etc”<sup>23</sup>. Este tipo de bacterias está compuesto por varios géneros como: *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*.

Las bacterias ácido lácticas están conformadas por varios géneros con características morfológicas, fisiológicas y metabólicas en común. Poseen la forma de cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles; son microaerófilas y anaerobias facultativas. Debido a la síntesis de una variedad de compuestos inhibitorios evitan el desarrollo de bacterias patógenas en los alimentos (Ramírez, Rosas, Velázquez, Ulloa & Arce, 2011; Hidalgo, 2002)<sup>24</sup>

Otro aspecto importante es que son ácidos tolerantes puesto que tienen la capacidad de crecer a valores tan bajos de pH como 3,2 y a valores de 9.6. Estas bacterias están ampliamente distribuidas y son aisladas en diversos alimentos, tierra, tracto digestivo, entre otros. Para el crecimiento requieren de azúcares y lactosa, también algunos aminoácidos y vitaminas. A pesar de que la leche es el medio ideal para su proliferación no es el único existen también los cereales, vegetales y la carne. Además, este tipo de bacterias BAL crecen y se desarrollan en temperaturas entre los 5° C-45°C.

---

<sup>23</sup> PAZMIÑO, Diana; ESCUDERO, Micaela; GRIJALVA, Nubia. Diversidad microbiana asociada a la chicha de arroz: una bebida tradicional de Bolívar-Ecuador. *Enfoque UTE*, 2014, vol. 5, no 3, p. pp. 1-14.

Disponible en [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5045/1/54283\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5045/1/54283_1.pdf)

<sup>24</sup> *Ibíd.*, p.3

## 4.7 PSICRÓFILOS

Los microorganismos psicrófilos son todos aquellos microorganismos que tienen la capacidad de desarrollarse a bajas temperaturas, comprendidas entre 4 a 20°C. Los psicrófilos se pueden clasificar en obligados y facultativos, el primer grupo tienen temperatura óptima de 15-18°C, los psicrófilos extremos pueden crecer en temperaturas de 4°C, mientras que los **psicrófilos facultativos crecen entre 20-30°C**. Sin embargo, se acelera su crecimiento cuando hay incremento en la temperatura, esto sucede cuando hay rompimiento de la cadena de frío. En este grupo es importante mencionar a *Pseudomonas* spp ya que es un género predominante de alteración y crece en temperaturas de refrigeración agrediendo diversos tejidos como por ejemplo: carnes, pescados y mariscos y además de esto producen compuesto los cuales se asocian a malos olores y sabores.

Las principales adaptaciones bioquímicas a medios fríos exhibidas por estos microorganismos psicrófilos son:

- Enzimas más resistentes al frío.
- Sistemas de transporte adaptados a bajas temperaturas.
- Los fosfolípidos de la membrana celular aumentan la proporción de ácidos grasos insaturados (y en algunas bacterias, poliinsaturados, con entre 4 y 9 dobles enlaces); ello supone que la membrana sigue en su estado semifluido, evitándose su congelación.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> RUBIANO, C, Aislamiento y caracterización de microorganismos termofílicos anaerobios lipolíticos, proteolíticos y amilolíticos de manantiales terminerales de Paipa e Iza, Bogotá, 2006, 5 p. Trabajo de grado (Microbiología Industrial) Universidad pontificia Javeriana.

#### **4.8 MARCO LEGAL**

Los siguientes decretos, normas que se presentan a continuación son extractadas de la referencia de investigación<sup>26</sup>:

**Decreto 1500 de 2007.** Ministerio de la Protección Social, Colombia. Mediante este decreto, se estableció un reglamento técnico por el cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación.

**RESOLUCION 0719:** Por la cual se establece la clasificación de alimentos para consumo humano de acuerdo con el riesgo en salud pública.

**NTC 1325 de 2008:** establece los requisitos que deben cumplir los productos cárnicos procesados no enlatados.

**NTC 5034:2002:** (Microbiología de alimentos y alimentos para animales) establece el método horizontal para el recuento de bacterias mesofílicas de ácido láctico, mediante la técnica de recuento de colonias en placa profunda incubadas a 30°C.

**Norma ISO 17410:2001:** (Microbiología de alimentos y alimentos para animales) especifica el método para la enumeración de microorganismos psicotrópicos por medio de la técnica de recuento de colonias en placa profunda incubadas a 6,5°C. Este método es aplicable a los productos alimenticios para consumo humano o animal

---

<sup>28</sup> CAICEDO LIZETH, desarrollo de modelos matemáticos predictivos, para la estimación de vida útil en derivados cárnicos procesados de la cooperativa Colanta, Pamplona, 2016, 80 p. Trabajo de grado (Microbiología) Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Básicas.

## 5. ACTIVIDADES

### 5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cronograma de Actividades

Nº	Etapas	Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		(Duración de semanas)																								
1	Revisión bibliográfica.		■	■	■	■																				
2	planteamiento previo del proyecto.						■	■	■	■																
3	Recolección y procesamiento de datos.										■	■	■	■												
4	Diseño experimental y Redacción de Metodología														■	■	■	■								
5	Análisis estadístico selección modelo																		■	■	■	■				
6	Redacción del trabajo de grado.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
7	Entrega y sustentación final.																						■	■	■	■

### 5.2 MATERIALES Y METODOS

**5.2.1 Material.** Se relaciona el material que se usó:

- Balanza analítica
- Cavas con pilas de hielo
- Tubos estériles
- Agua peptona tamponada (ISO)
- Placas de PetriFilm para Psicrófilos
- Placas de PetriFilm para Bacterias acido lácticas
- Empaques con tiosulfato

- Micropipetas (P1000)
- Puntas azules
- Tijeras estériles
- Cámara UV
- Homogenizador Stomacher
- Incubadoras 37°C y 4°C

### 5.2.2 Muestra

~~Avidesa Mac pollo S.A. cuenta con una gran variedad de productos de salsamentaría a base de carne de pollo seleccionada. Los productos son fabricados con alto proceso tecnológico en la planta Frigoandes área de Procesos Cárnicos, la cual está diseñada para obtener embutidos de excelente sabor, textura y calidad.~~

En la empresa, la fabricación de la salchicha clásica, la salchicha manguera y la mortadela se elaboran cumpliendo una serie de condiciones higiénico-sanitarias con el fin de que la vida en anaquel de estos productos se mantenga con una excelente calidad manteniendo sus características sensoriales y funcionales, o mejor aún que cada uno de ellos se conserve óptimo para el consumidor.

Para la conservación de los productos cárnicos se emplea la refrigeración, la cual consiste en almacenar el producto a temperaturas que oscilan en el límite comprendido entre 0°C y 4°C. El mantenimiento de una cadena **de frío logrando que tanto los productos empacados al vacío como los que no, se conserve** en adecuadas condiciones.

La vida útil en anaquel de estos productos es un importante aspecto y para su determinación la empresa exige tener un buen nivel de conocimiento del proceso de elaboración (incluyendo análisis de riesgos para la seguridad) y una adecuada manipulación. Esto incluye aditivos (especificación y análisis de ingredientes y materiales de empaques), proceso de manufactura, transporte, almacenamiento y

~~distribución, para conseguir una aproximación a la calidad total cubriendo todos los aspectos del producto desde la concepción hasta el consumo, atravesando todo el proceso de producción.~~

Dentro de los productos de salsamentaría se encuentran tres: la salchicha manguera, salchicha clásica y mortadela, elaborados en la planta de cárnicos de Avidesa Mac Pollo y fueron seleccionados para determinar en ellos el desarrollo de los microorganismos psicrófilos y las bacterias ácido lácticas expuestos a diferentes condiciones de almacenamiento. Se usaron en total 108 paquetes de la salchicha manguera Lote 82, 99 paquetes de la salchicha clásica Lote 83 y 99 paquetes de mortadela Lote 85. Diferentes lotes de referencia distribuidos en diferentes neveras y cuarto de salsamentaría. Se llevó control de la temperatura en un periodo de 50 días para la mortadela y para la salchicha manguera y 45 días para la salchicha clásica. Las temperaturas y ubicación de ellas se relacionan en el siguiente cuadro:

**Tabla 2. Cuadro de temperaturas según su ubicación**

<b>UBICACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>Cuarto frío salsamentaría</b>	4°C (2° - 5°C)
<b>Cuarto salsamentaría</b>	8°C (8° - 10°C)
<b>Nevera</b>	14°C (12.5 - 15.5 °C)

El crecimiento microbiano se evaluará en función de la temperatura previamente establecida: 4°C ((2° - 5°C), (refrigeración adecuada), 8°C (8°C– 10°C), (abuso moderado de temperatura), 14°C (12.5-15.5, grave abuso de temperatura). Para llevar control de esta temperatura se usaron termoregistros facilitados por Avidesa Mac Pollo, en cada una de las neveras y cuarto frío por lo que se podrá llevar control

de temperatura con el fin de que sea estable, se realizó una lectura de la base de datos de los termoregistros diariamente.

### **5.3 DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS EN AVIDESA MAC POLLO S.A.**

El crecimiento microbiano, es la principal causa del deterioro de la carne almacenada a temperaturas de refrigeración; el tipo y el número de microorganismos, son factores importantes que inciden en la velocidad de alteración. Como consecuencia de ello, se presentan cambios sensoriales indeseables en el olor y la apariencia, que son determinantes en la aceptación y vida útil.

En este estudio se evaluó el crecimiento de las BAL siendo estas capaz de transformar las características físicas y sensoriales de estos productos, por su capacidad para crecer en condiciones reducidas de oxígeno, acortando el periodo de vida útil de los productos cárnicos cocidos. De igual forma los microorganismos psicrófilos por su capacidad para desarrollarse en ambientes similares a los que son sometidos los derivados cárnicos durante la distribución y posterior comercialización, esto se hizo mediante el método microbiológico, placas de Petrifilm™ que consiste en una familia de placas listas para usarse diseñadas para ofrecer ahorro de tiempo, incremento de productividad, fiabilidad y eficiencia. Su diseño consta de una película rehidratable cubierta con nutrientes y agentes gelificantes, proporcionando resultados en 3 pasos: inoculación, incubación y recuento.

El recuento de microorganismos alterantes en productos cárnicos procesados (Salchicha Manguera, Salchicha Clásica y Mortadela) Se realizó cada 5 días, 3 muestras por producto de cada temperatura (4°C, 8°C, 14°C,), en total 9 muestras.

Para la preparación de las muestras y obtención de las diluciones decimales necesarios para la medición del crecimiento microbiano se siguió el método descrito en la norma ISO 6887-2 (ISO, 2003a). Se pesaron asépticamente con una precisión de  $\pm 0,01$ g, 25 g de cada muestra en una bolsa estéril, se diluyeron con 225 ml de una solución estéril de agua peptona al 0,1%, se homogenizó en un equipo Stomacher modelo 400 (marca SEWARD) durante uno a dos minutos para obtener la primera dilución ( $10^{-1}$ ); a partir de esta dilución se realizó la siguiente dilución decimal, diluyendo 1 ml de la dilución anterior en 9 ml de la solución estéril de agua peptona (dilución  $10^{-2}$ ). Este procedimiento se repitió cuantas veces fuese necesario para poder realizar los respectivos recuentos microbianos en el tiempo de almacenamiento para cada temperatura evaluada.

**5.3.1 Recuento de bacterias ácido lácticas (BAL).** La enumeración de las BAL se realizó de acuerdo a lo descrito en el inserto de Placas 3M Petrifilm.

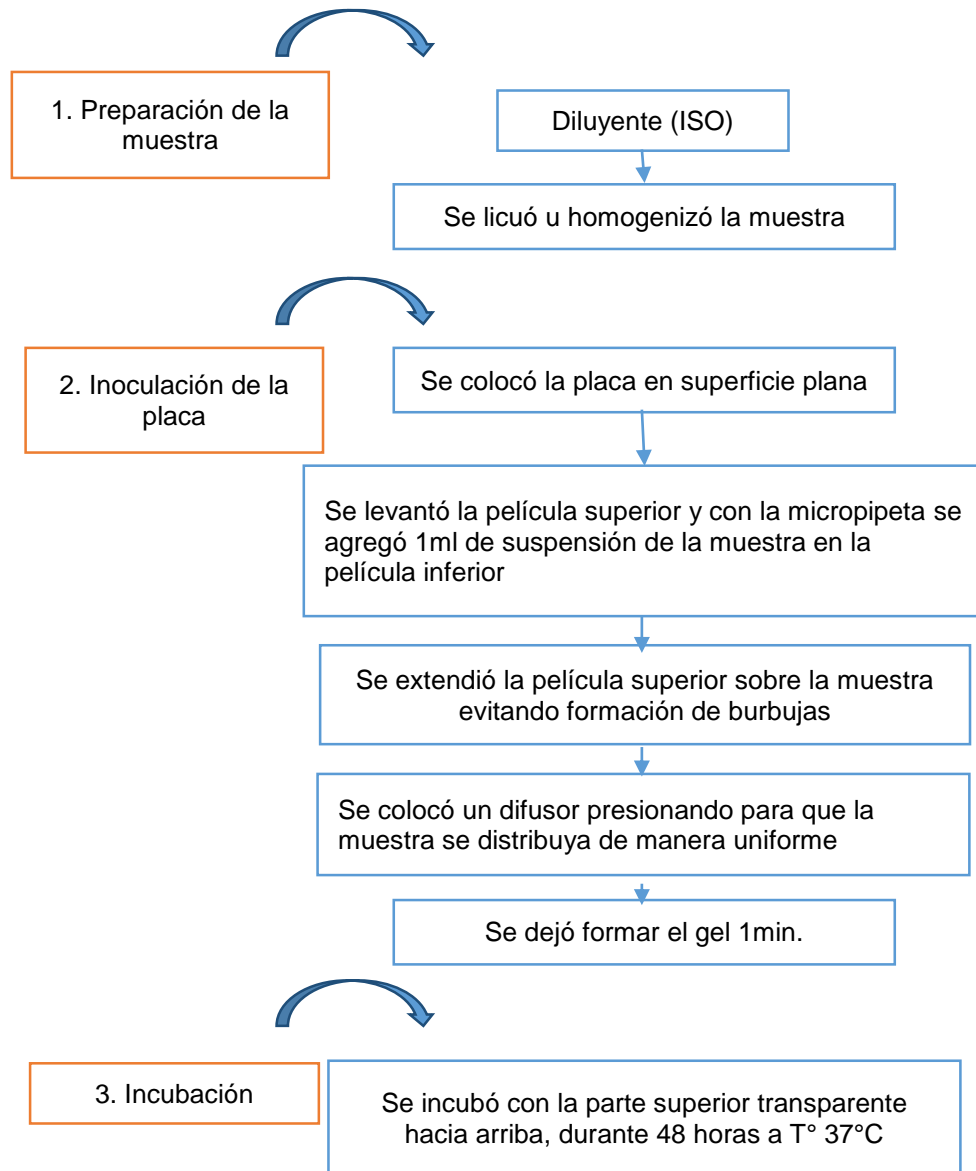
**Fundamento:** Se realiza con placas de Petrifilm, contiene un medio de cultivo ya listo para las muestras el cual consta de nutrientes, agentes selectivos y un agente gelificante que se disuelve en agua fría y un indicador de tetrazolio que facilita la enumeración de colonias. Contiene compuestos que recogen el oxígeno, creando un medio anaeróbico recuperando BAL homofermentativas y heterofermentativas,<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> 3M Microbiología - Micronoticias. (2006). Placas Petrifilm® en Norma Mexicana para la Industria Láctea, Bacterias Ácido lácticas, Ficha coleccionable: Placa Petrifilm® para recuento de Aerobios. Disponible en [file:///C:/Users/Owner/Box%20Sync/Cientes/21\\_Lisbeth%20Rodriguez\\_ok/Bibliografia/BAL%20-%20Petrifilm.pdf](file:///C:/Users/Owner/Box%20Sync/Cientes/21_Lisbeth%20Rodriguez_ok/Bibliografia/BAL%20-%20Petrifilm.pdf)



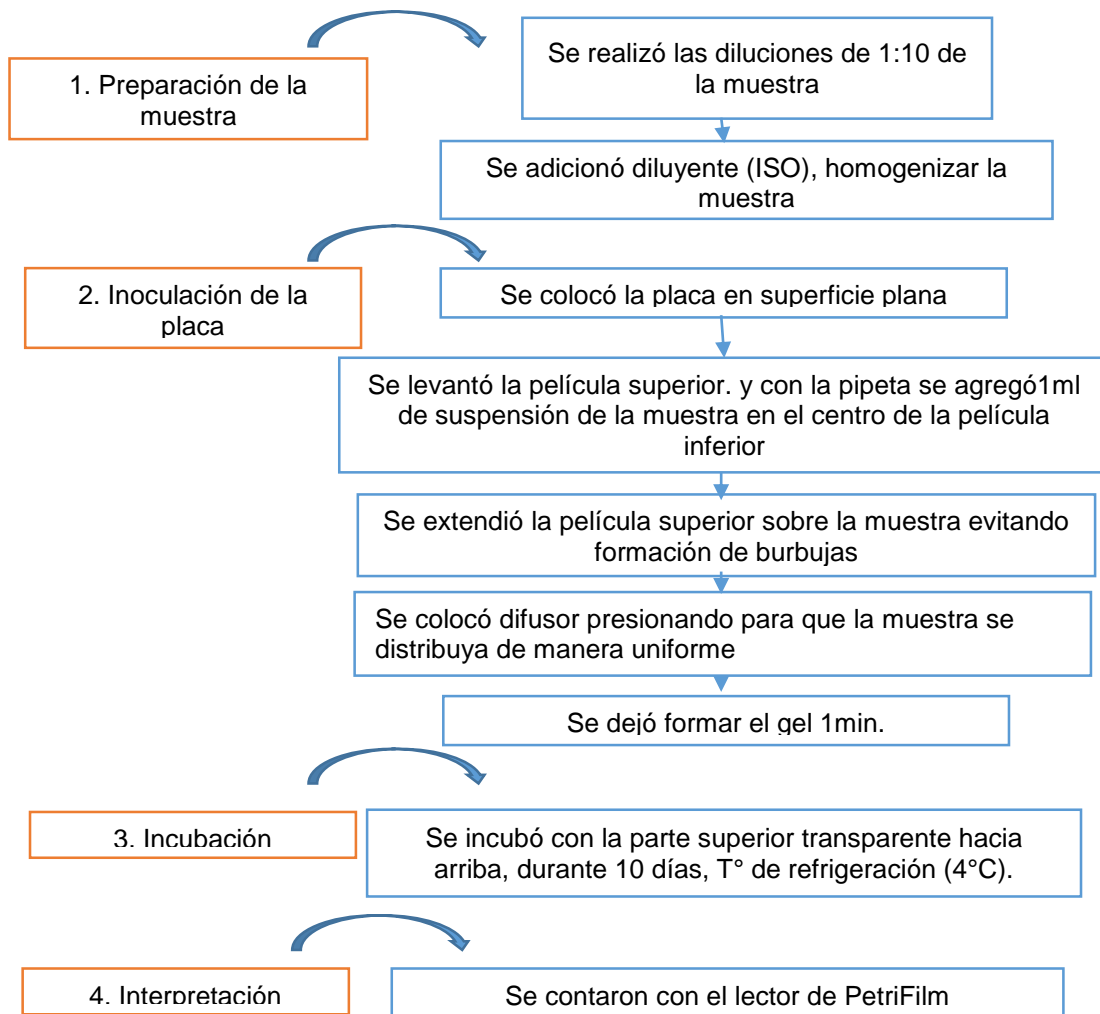
**Figura 6. Bacterias ácido lácticas**



**Fuente:** 3M Microbiología - Micronoticias. (2006). Placas Petrifilm® en Norma Mexicana para la Industria Láctea, Bacterias Ácido lácticas, Ficha coleccionable: Placa Petrifilm® para recuento de Aerobios.

**5.3.2 Recuento de microorganismos psicrófilos.** El recuento de los microorganismos psicrófilos se llevó a cabo siguiendo lo descrito en el inserto de Placas 3M Petrifilm para aerobios (Aerobic Count AC).

**Figura 7. Microorganismos psicrófilos**



**Fuente: 3M.** Petrifilm™ Placas para el recuento de Aerobios AC: Guía de interpretación. s.f.

**Fundamento:** Es un medio listo para usar, contiene nutrientes del Agar Standard Method, un agente gelificante soluble en agua fría, el cual tiene un indicador de color rojo, lo que facilita el recuento de colonias. Estas placas de Petrifilm se usan para el recuento de la población total existente de bacterias aerobias en el producto<sup>28</sup>.

**5.3.3 Evaluación de características organolépticas.** De acuerdo a cada temperatura se evidenció las alteraciones que se presentaron con respecto a: alteraciones en color, olor y vacío del empaque; en todos los muestreos, y en todos los productos siendo reportados en el anexo 1, donde se evidencia los cambios tanto organolépticos como la toma de temperatura a diario y junto a ellos los días de muestreos, el seguimiento a cada muestra en el lugar de exposición.

#### **5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos fueron obtenidos a partir de experimentos independientes con repetición, y las medias fueron obtenidas por los triplicados. El diseño experimental es 3x3x2 que hace referencia a los 3 productos cárnicos (salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela), a 3 temperaturas diferentes (cuarto pequeño a 4°C, cuarto salsamentaría a 8°C y nevera a 14°C), y evaluando el desarrollo de 2 grupos de microorganismos (Bacterias ácido lácticas y Psicrófilos). Los datos observados fueron ajustados usando el software DMFit on-line y posteriormente fueron sujetos a análisis usando el paquete estadístico StatGraphics Centurion XV (StatPoint, Inc. 1982-2007, versión 15.2.05, U.S.A.) para comparación de los parámetros obtenidos a partir de cada tratamiento para todos los experimentos realizados mediante un módulo de análisis de regresión de un factor. Los modelos matemáticos fueron generados mediante análisis de regresión simple, previa transformación de variables para estabilizar la variación, y posteriormente fueron sometidos a análisis de varianza para evaluar el nivel de significancia y ajuste del modelo.

---

<sup>28</sup> 3M. Petrifilm™ Placas para el recuento de Aerobios AC: Guía de interpretación. s.f.

## **5.5 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO**

Los resultados obtenidos en términos de unidades formadoras de colonias por gramo de producto fueron transformados a unidades logarítmicas ( $\text{Log}_{10}$  UFC/g) y posteriormente graficados frente al tiempo (días), tanto para calcular el desarrollo de las bacterias ácido lácticas como de los microorganismos psicrófilos en las tres temperaturas propuestas, empleando el programa Microsoft Office Excel 2016®, con el objeto de obtener el comportamiento de estos dos grupos.

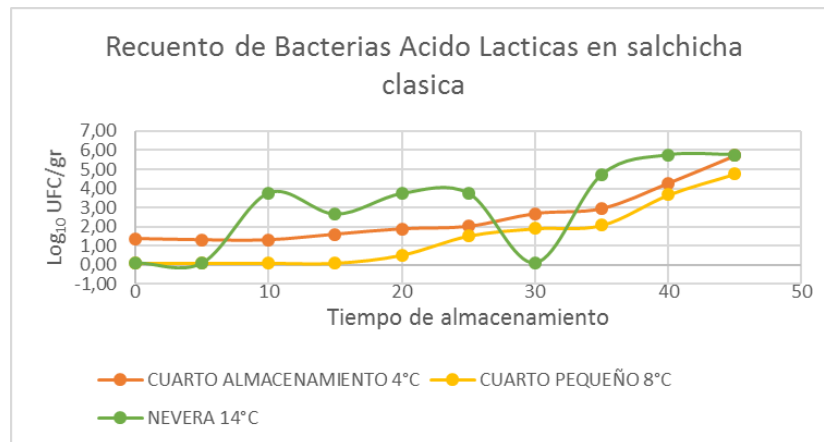
## **5.6 AJUSTE DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS PSICROFILOS Y LAS BAL CON UN MODELO PRIMARIO**

Los datos de crecimiento obtenidos en el numeral anterior, se ajustaron con el modelo primario de Baranyi (Baranyi y Roberts, 1994) (figura 1) con ayuda del software DMFit; a partir del cual se obtuvo los diferentes parámetros cinéticos con sus desviaciones estándar para cada microorganismo a las diferentes temperaturas evaluadas: población inicial y final ( $y_0$  y  $y_{\text{máx}} = \text{Log}_{10}$  UFC/g), duración de la fase de latencia ( $\lambda =$  horas), tiempo de generación (TG= horas) y la velocidad máxima de crecimiento específico ( $\mu_{\text{máx}} = \text{Log}_{10}$  UFC/g\*ml). Así mismo, se obtuvo el índice de ajuste de los datos al modelo ( $R^2$ ) y su respectiva desviación estándar.

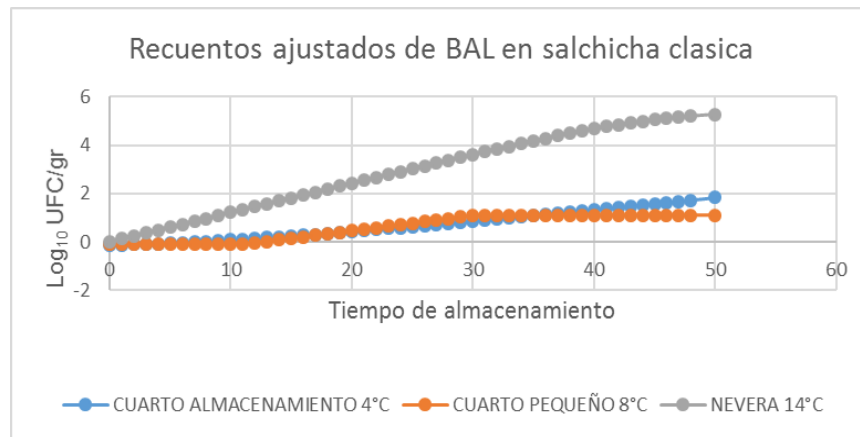
## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

En las figuras 8,10 y 12 se observa el comportamiento de las bacterias ácido lácticas en los diferentes productos sometidos a las 3 temperaturas, graficando en unidades logarítmicas los recuentos obtenidos durante los 45 días para la salchicha clásica y la salchicha manguera por intervalos de 5 días para cada muestreo y durante 50 días para la mortadela. Intercalados por las figuras 9, 11 y 13 correspondientes a las gráficas de ajuste realizadas por el software DMFit con el fin de modelar la variación del logaritmo del número de células bacterianas de un cultivo en función del tiempo de almacenamiento de cada producto observando el comportamiento de los microorganismos psicrófilos en la temperatura de 4°C, 8°C y 14°C.

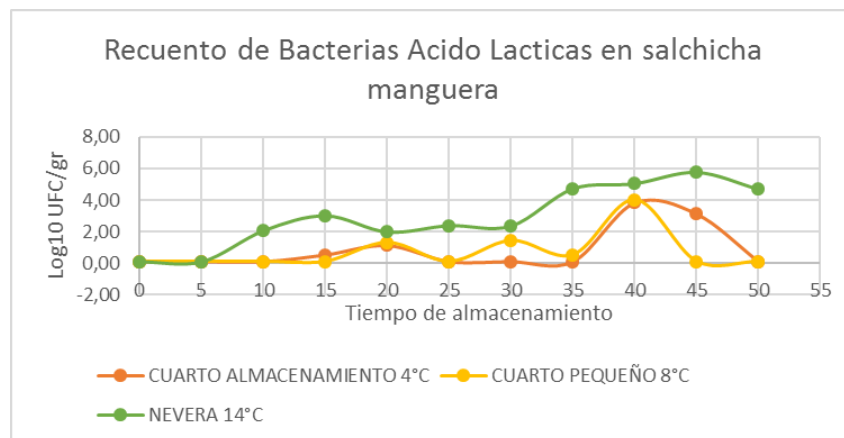
**6.1. Recuento de bacterias ácido lácticas en salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela.**



**Figura 8.**Recuentos de BAL en salchicha clásica almacenada a diferentes temperaturas.



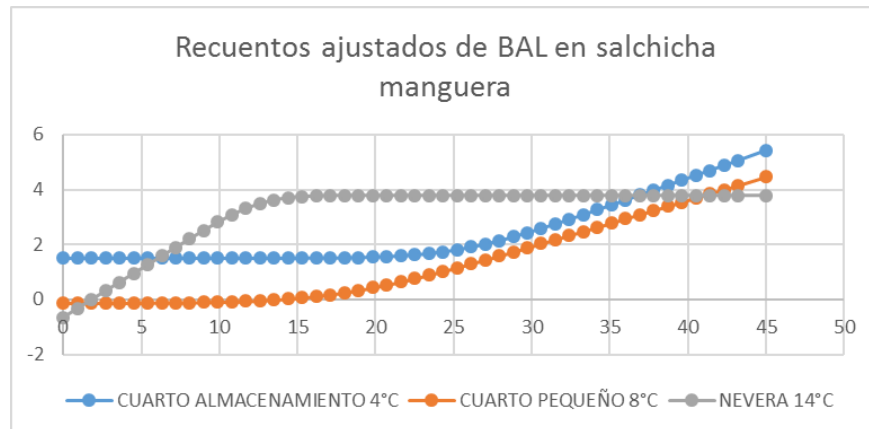
**Figura 9.** Recuentos de BAL en ~~salchicha manguera~~ almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.



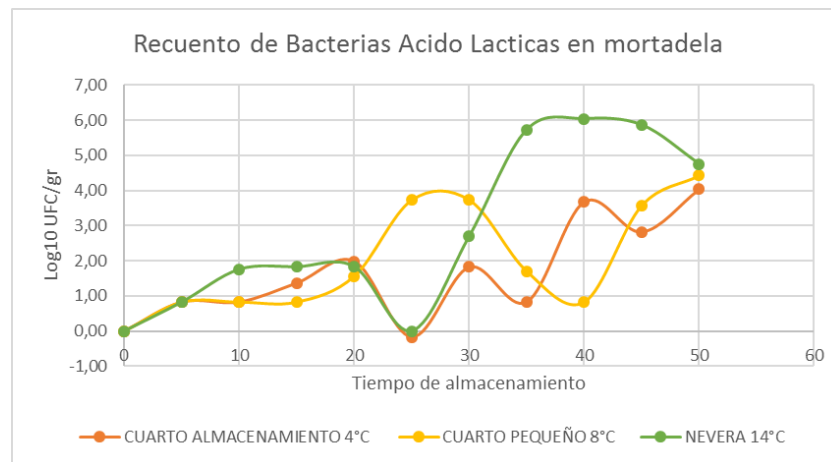
**Figura 10.** Recuentos de BAL en salchicha manguera almacenada a diferentes temperaturas.

Se evidencia que en los 3 productos el comportamiento de las BAL a 4°C es muy similar, a medida que transcurren los días el aumento en los recuentos de este grupo microbiano es notable a aunque se observa que al inicio de los muestreos es nulo el crecimiento, sin embargo, al compararlo con los recuentos obtenidos para las demás temperaturas (8°C y 14°C), en la temperatura de 4°C fue donde se evidencio valores más bajos para los 3 productos, posiblemente esto se debe a que esta

temperatura no es óptima para el desarrollo de estos microorganismos, es decir, que pueden desarrollarse algunos géneros, pero otros son inhibidos, atribuido a que la mayoría de las BAL son mesofílicas aunque pueden desarrollarse a temperaturas de 5°C y 45°C pero no son sus temperaturas óptimas de crecimiento<sup>29</sup>.

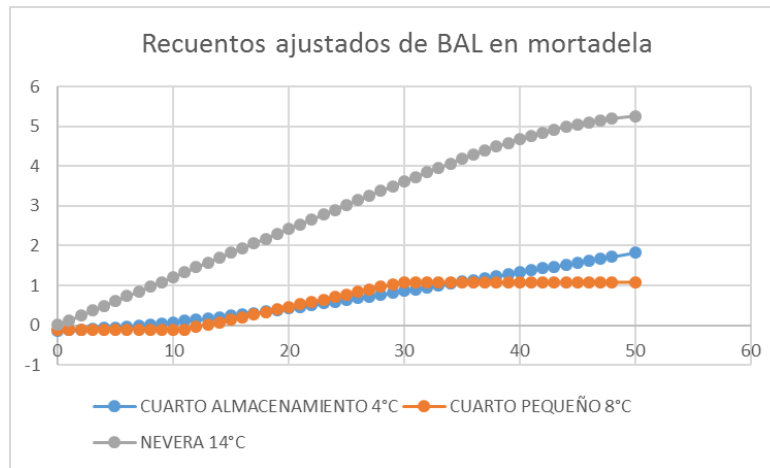


**Figura 11.** Recuentos de BAL en mortadela almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.



**Figura 12.** Recuentos de BAL en mortadela almacenada a diferentes temperaturas.

<sup>29</sup> MORA PEÑAFLO, Nancy; GARCÍA GUERRERO, Andrés. susceptibilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos. 2007.



**Figura 13.** Recuentos de BAL en mortadela almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.

Como se aprecia en las figuras 9, 11 y 13, los recuentos en unidades logarítmicas junto con los días de muestreos son ajustados con el software DMFit con el fin de realizar un análisis más objetivo y con mayor claridad, permitiendo ajustar los datos a un modelo de crecimiento y/o supervivencia para obtener estimaciones de parámetros cinéticos como la Velocidad Máxima de crecimiento, la muerte o Fase de latencia (o interfase), también el número inicial de los recuentos, el número final de recuentos, y por último una estimación de errores típicos o estándar para los 3 productos sometidos a las 3 temperaturas, donde, se comprueba lo anteriormente mencionado, que a temperatura de 4 °C no todas las especies de las BAL pueden desarrollarse, al ver que los recuentos no superan a 2 unidades logarítmicas ( $\text{Log}_{10}$  UFC/gr) y las que si logran hacerlo, se puede atribuir a que algunas especies pueden soportar estas temperaturas para su desarrollo, en el caso de las otras dos temperaturas siendo un poco más en 14°C donde se puede observar un incremento de biomasa a partir de los 30 días de almacenamiento, resaltando que aunque no se genere un crecimiento homogéneo, en todas las temperaturas evaluadas se observa desarrollo de este grupo microbiano.



Las BAL incluyen un grupo muy diverso de bacterias, las cuales pueden llegar a variar de producto en producto, y aun dentro del mismo producto (lote).<sup>30</sup> En ese sentido FLEET<sup>31</sup> afirma que, con pocas excepciones, la mayoría de los alimentos presentan un medio ambiente que es heterogéneo en la estructura física y la composición química, lo que, en consecuencia, afecta la distribución homogénea de los microorganismos causando un crecimiento microbiano desigual a lo largo del ecosistema alimentario. Es decir, diferentes ubicaciones dentro del mismo producto alimenticio tienen significativamente diferentes microbiotas. Lo cual corrobora que no se observara un comportamiento homogéneo en los recuentos obtenidos en función de las temperaturas evaluadas, ya que algunos de los miembros de este grupo pueden presentar una mayor o menor tolerancia a la temperatura.

Para la mortadela se obtienen resultados muy diferentes, al observar que en las 3 temperaturas evaluadas a partir de los 5 días de almacenamiento se empiezan a evidenciar recuentos de BAL, aunque varían a medida que pasan los días, logra diferenciarse de los otros dos productos debido a que la mortadela almacenada a temperatura de 14°C muestra un incremento significativo superando las 5 unidades logarítmicas (Log<sub>10</sub> UFC/gr) en los recuentos en el lapso de tiempo de 35 a 45 días.

**6.2.** Ajuste de los recuentos de BAL en salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela en DMFit.

En las tablas 3,4 y 5 se observa la tabulación de los datos obtenidos en el software DMFit para cada producto evaluando el comportamiento de las BAL en las temperaturas de 4°C, 8°C y 14°C, mediante el modelo primario de Baranyi y Roberts,

---

<sup>30</sup> EDUARDO, Agatângelo Joaquim dos Santos; MORA VENTURA, María Teresa; QUINTO FERNÁNDEZ, Emiliano. Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. Universitat Autònoma de Barcelona. 2008. p. 282.

<sup>31</sup> FLEET, Graham H. Microorganisms in food ecosystems. International journal of food microbiology, 1999, vol. 50, no 1, p. 101-117.

observando datos como el logaritmo inicial de la densidad de células bacterianas (Log<sub>10</sub> UFC/gr), el tiempo de latencia, velocidad o tasa máxima, que hace relación a la máxima velocidad o tasa de crecimiento en donde las unidades de las estimaciones están relacionada con las unidades de los datos, en este caso, el conteo bacteriano está expresado en Log<sub>10</sub> UFC/gr y el tiempo en días, la máxima velocidad de crecimiento es Log<sub>10</sub> UFC/gr/d. y el valor final que hace referencia al logaritmo de la densidad celular final.

**Tabla 3.** Parámetros cinéticos de BAL en salchicha clásica, obtenidos con el software DMFit

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO 4 °C	PEQUEÑO 8 °C	14 °C
R	0,958 ± 0,302	0,964 ± 0,327	0,273± 1,984
N <sup>0</sup>	1,499 ± 0,138	0,132 ± 0,185	0,655 ± 1,828
Lag	25,485 ± 1,989	17,899 ± 2,505	n.d
Vel	0,101 ± 0,0257	0,169 ± 0,0181	0,35 ± 0,302
N <sup>f</sup>	n.d	n.d	3,793 ± 0,769

n.d = no detectado.

**Tabla 4.** Parámetros cinéticos de BAL en salchicha manguera, obtenidos con el software DMFit.

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO 4 °C	PEQUEÑO 8 °C	14 °C
R	0.0294 ± 1.405	-0.173 ± 1.383	0.807 ± 0.874
N <sup>0</sup>	-0.138 ± 1.0837	-0.099 ± 0.798	0.00646 ± 0.561
Lag	10.557 ± 49.686	11.113 ± 27.869	n.d
Vel	0.0498 ± 0.0607	0.0632 ± 0.124	0.121 ± 0.0264

N <sup>f</sup>	n.d	n.d	5.405 ± 1.159
----------------	-----	-----	---------------

n.d = no detectado.

**Tabla 5.** Parámetros cinéticos de BAL en mortadela, obtenidos con el software DMFit.

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO	PEQUEÑO	
	4 °C	8 °C	14 °C
R	-0.102 ± 1.28	0.0639 ± 1.0673	0.738 ± 1.205
N <sup>0</sup>	0.563 ± 0.722	1.344 ± 0.411	0.899 ± 0.506
Lag	n.d	37.692 ± 12.164	29.326 ± 5.212
Vel	0.174 ± 0.131	0.517 ± 7.618	0.16 ± 0.057
N <sup>f</sup>	n.d	n.d	n.d

n.d = no detectado.

Con estos recuentos fue posible establecer la correlación de las velocidades de crecimiento de BAL con el fin de plantear las ecuaciones cinéticas, partiendo de determinar el efecto de la temperatura mediante la comparación entre las velocidades específicas máximas de crecimiento del grupo microbiano, observando que en general la velocidad máxima de crecimiento de BAL para los tres productos cárnicos fue aumentando entre las temperaturas evaluadas, iniciando con una velocidad 0,0498 que corresponde a 4°C para BAL en salchicha manguera y observándose un máximo de 0,517 en 8°C concerniente a el comportamiento de BAL en mortadela.

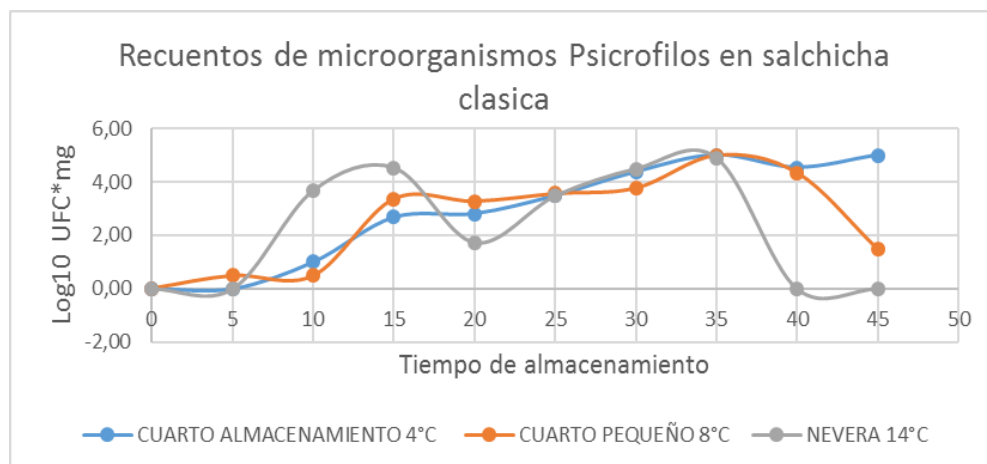
En general, las velocidades de crecimiento obtenidas para las BAL fueron relativamente bajas, aunque en la mortadela la velocidad máxima de crecimiento se observe un poco más alta que los demás productos tienen el mismo comportamiento

inicial y final y esto puede deberse a que la heterogeneidad de las bacterias ácido lácticas les permite tener amplio rango de temperaturas para desarrollarse.

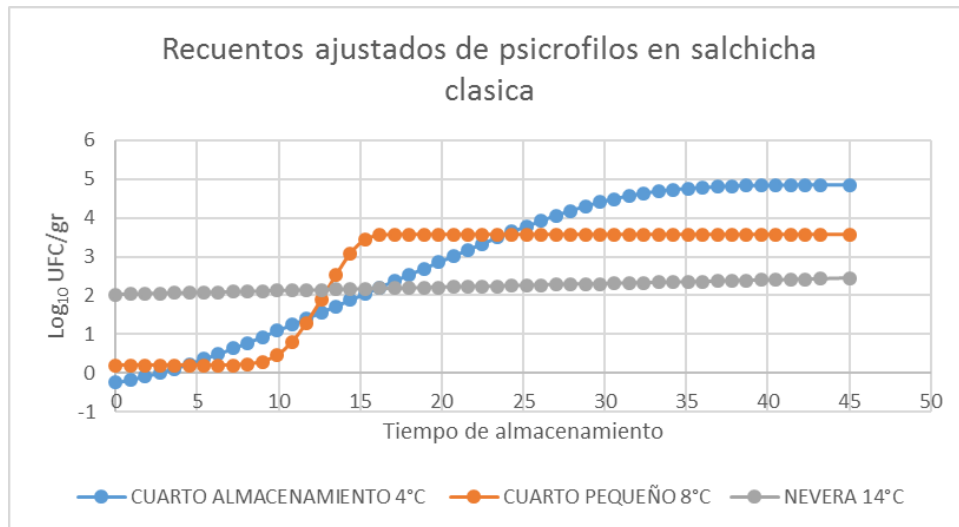
### 6.3. Recuento de Microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela.

En las figuras 14, 16 y 18 se observa el comportamiento de los microorganismos psicrófilos evaluados en las diferentes temperaturas de 4°C ,8°C y 14° C graficando los recuentos de las bacterias psicrófilas obtenidos en unidades logarítmicas ( $\text{Log}_{10}$  UFC/gr), en el tiempo de almacenamiento correspondiente a 45 días para salchicha clásica y manguera y 50 días para mortadela, realizando muestreo en un periodo de 5 días, teniendo en cuenta los días de vida útil determinados por la empresa mediante métodos convencionales.

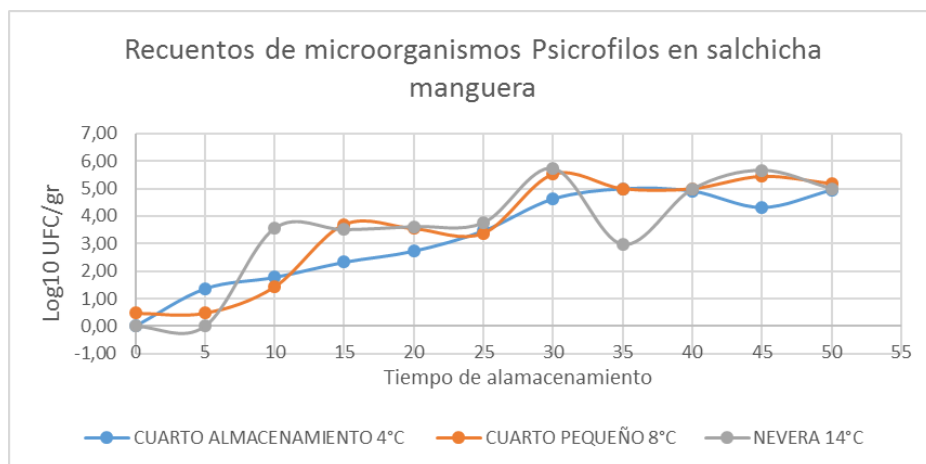
En las figuras 15, 17 y 19 se observan los ajustes generados por el software DMFit como se mencionó anteriormente permite modelar la variación del logaritmo del número de células bacterianas de un cultivo en función del tiempo de almacenamiento de cada producto y de esta forma se puede observar el comportamiento de las bacterias psicrófilas sometidas a temperaturas diferentes.



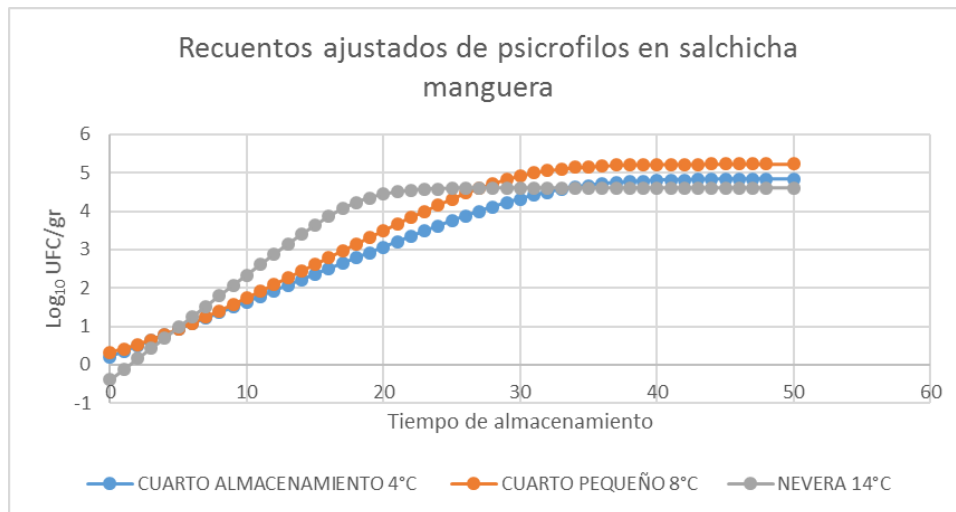
**Figura 14.** Recuentos de microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica almacenada a diferentes temperaturas.



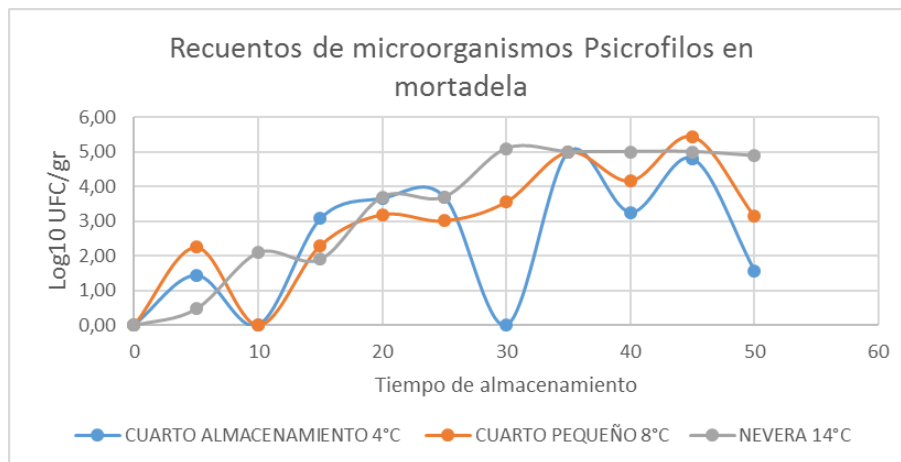
**Figura 15.** Recuentos de Psicrófilos en salchicha clásica almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.



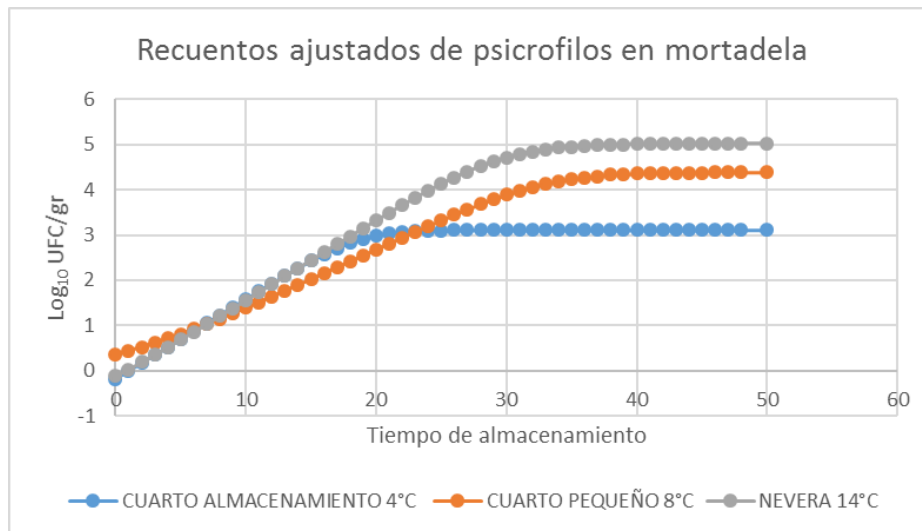
**Figura 16.** Recuentos de microorganismos Psicrófilos en salchicha manguera almacenada a diferentes temperaturas.



**Figura 17.** Recuentos de Psicrófilos en salchicha manguera almacenadas en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.



**Figura 18.** Recuentos de microorganismos Psicrófilos en mortadela almacenada a diferentes temperaturas.



**Figura 19.** Recuentos de psicrófilos en mortadela almacenada en refrigeración ajustada con el modelo primario de Baranyi y Roberts.

Como se aprecia en las figuras 14,16 y 18, el crecimiento de microorganismos psicrófilos en la salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela no mostró diferencias significativas de un producto al otro, pues se evidencia que desde el primer muestreo realizado hubo crecimiento de psicrófilos hasta el último muestreo que en los 3 productos supera las 4 unidades logarítmicas (Log<sub>10</sub> UFC7gr).

En cuanto a cada producto, en la figura 14 de la salchicha clásica se observa su mayor diferencia en la temperatura de 4°C donde se evidencia que al transcurrir los días y en el último muestreo que corresponde a 45 días, la biomasa aumento significativamente hasta llegar a 5 unidades logarítmicas (Log<sub>10</sub> UFC7gr). En la figura 16 de la salchicha manguera el comportamiento de los psicrófilos es muy similar para las 3 temperaturas, cabe resaltar que en los 40 días de almacenamiento los recuentos llegan a 5 unidades logarítmicas (Log<sub>10</sub> UFC7gr) y por último en la figura 18 de la mortadela los Psicrófilos en el día 45 muestran el mismo comportamiento en comprendido entre 4 y 6 unidades logarítmicas (Log<sub>10</sub> UFC7gr). Este comportamiento se atribuye posiblemente a que los psicrófilos al igual que las bacterias ácido lácticas tienen un amplio rango de temperatura que va desde los

4°C hasta superar los 30°C para su desarrollo y debido a su heterogeneidad pueden desarrollarse con facilidad en las 3 temperaturas evaluadas. Este comportamiento también puede deberse al efecto de las sucesiones microbianas que pueden presentarse en el producto, ya que este grupo es aún más diverso que el de las BAL, y puede incluir incluso levaduras tal y como lo reportan el autor Cabeza en el estudio Alteración microbiana de los productos cárnicos cocidos durante su almacenamiento a refrigeración<sup>32</sup>.

Por otra parte, en la salchicha clásica (figura 14), el comportamiento de los microorganismos psicrófilos a 14°C se observó en menos de 1 en unidades logarítmicas ( $\text{Log}_{10}$  UFC7gr) correspondientes a los días 40 y 45 de almacenamiento, siendo este comportamiento posiblemente atribuido a la disminución de sustratos para su supervivencia e inhibiendo el aumento de biomasa.

El comportamiento similar de este grupo microbiano en las 3 temperaturas en cada uno de los productos evaluados, obedece principalmente a que este grupo de microorganismos es bastante amplio aun incluso más que el de las bacterias ácido lácticas, y en la medida que la temperatura de almacenamiento aumenta, también puede presentarse una recuperación de bacterias mesofilicas capaces de crecer a temperaturas mayores a 10°C, originando una variación en los recuentos, al igual que ocurre con las BAL, también se observa una variación en la población inicial, ya que esta también obedece a la contaminación natural de la materia prima y su distribución tanto en las superficies como en los diversos productos al no ser homogénea<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> CABEZA-HERRERA, E. A. Alteración microbiana de los productos cárnicos cocidos durante su almacenamiento a refrigeración. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 2006, vol. 25, no 208, p. 57-61.

<sup>33</sup> SAMELIS, J., et al. Evaluation of the extent and type of bacterial contamination at different stages of processing of cooked ham. *Journal of Applied Microbiology*, 1998, vol. 84, no 4, p. 649-660.



**6.3** Ajuste de los recuentos de microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela en DMFit.

En las tablas 6, 7 y 8 se tabularon los valores ajustados por el software DMFit de igual forma que las mencionadas anteriormente, se realizó para cada producto evaluando el comportamiento de los psicrófilos en las temperaturas de 4°C,8°C y14°C, por medio del modelo primario de Baranyi y Roberts.

**Tabla 6.**Parámetros cinéticos de los microorganismos Psicrófilos en salchicha clásica, obtenidos con el software DMFit.

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO 4 °C	PEQUEÑO 8 °C	14 °C
R	0.961 ±0.391	0.63±1.104	-0.12 ±2.313
N <sup>0</sup>	-0.254±0.376	0.189 ± 0.783	2.0242 ± 1.359
Lag	2.74 ± 3.649	10.304 ± 4.392	n.d
Vel	0.183 ± 0.029	0.73 ± 0.769	0.00937 ± 0.0509
N <sup>f</sup>	4.855 ± 0.254	3.572 ± 0.451	0.13 ± 0.0509

n.d = no detectado.

**Tabla 7.**Parámetros cinéticos de los microorganismos Psicrófilos en salchicha manguera, obtenidos con el software DMFit.

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO 4 °C	PEQUEÑO 8 °C	14 °C
R	0.959± 0.35	0.891 ± 0.64	0.707 ± 1.089
N <sup>0</sup>	0.206 ± 0.248	0.319 ± 0.62	-0.389 ± 0.92
Lag	n.d	2.206 ± 6.162	n.d
Vel	0.143 ± 0.0154	0.179 ± 0.0492	0.273 ± 0.103

<b>N<sup>f</sup></b>	4.837 ± 0.203	5.228 ± 0.337	4.602 ± 0.435

n.d = no detectado.

**Tabla 8.** Parámetros cinéticos de los microorganismos psicrófilos en mortadela, obtenidos con el software DMFit.

PARAMETROS	CUARTO	CUARTO	NEVERA
	ALMACENAMIENTO 4 °C	PEQUEÑO 8 °C	14 °C
<b>R</b>	0.206 ± 1.722	0.625 ± 1.0927	0.958 ± 0.399
<b>N<sup>0</sup></b>	-0.183 ± 1.448	0.364 ± 1.0279	-0.116 ± 0.393
<b>Lag</b>	n.d	2.792 ± 15.361	0.618 ± 3.856
<b>Vel</b>	0.177 ± 0.158	0.135 ± 0.0821	0.178 ± 0.0297
<b>N<sup>f</sup></b>	3.114 ± 0.694	4.39 ± 0.644	5.0224 ± 0.211

n.d = no detectado.

Como se observa en las tablas 6, 7 y 8, la velocidad máxima de crecimiento de los microorganismos psicrófilos en todos los productos cárnicos analizados (salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela) a medida que aumentaba la temperatura fue aumentando también la velocidad de los recuentos de esta forma se puede deducir que existe una relación directa (directamente proporcional) entre la velocidad de crecimiento y las temperaturas a que se sometieron los productos.

En la tabla 7 y 8 que corresponde a parámetros cinéticos de los microorganismos Psicrófilos, en la salchicha manguera y la salchicha clásica se evidencia que la velocidad máxima de crecimiento va aumentando a medida que la temperatura es más alta, teniendo un comportamiento similar a las BAL, estando estas temperaturas dentro de sus rangos para desarrollarse, a diferencia de la mortadela donde a 4°C aumenta, disminuye en 8°C, pero vuelve a aumentar en 14°C, y esto puede ser la diversidad de especies en este grupo microbiano ya que no se

reproducen en proporción, a menudo no siguen siempre un ritmo constante, sino que en su lugar poseen una tasa de lenta decadencia, ante las presiones simultáneas de reproducirse y de permanecer latentes ante la disminución de las concentraciones de nutrientes y el aumento de las concentraciones de residuos, y aquellas que logran sobrevivir incrementan su crecimiento.

El comportamiento de la velocidad de crecimiento permitió realizar un modelamiento predictivo bajo una función cuadrática y polinomial según el caso.

#### **6.4 Desarrollo de los modelos matemáticos para bacterias ácido lácticas y Psicrófilos en los tres productos cárnicos.**

Para el desarrollo de los modelos matemáticos, se usó el software StatGraphics Centurión XV mediante un módulo de análisis de regresión de un factor. Anterior al desarrollo de los modelos se elaboró un procedimiento de transformación de variables que permite por una parte linealizar los modelos a ser estimados, y, por otra parte, estabiliza la variabilidad (varianza) y produce que las desviaciones alrededor del modelo sean distribuidas de forma más normal. Respecto a esto Dantigny y Bensoussan<sup>34</sup> consideran que la varianza de la tasa de crecimiento específico de las bacterias por lo general depende de la magnitud de la media, y en consecuencia, el efecto de los factores ambientales tales como la temperatura o la actividad de agua en la tasa de crecimiento específico es a menudo modelado previa transformación de variables empleando la raíz cuadrada o una transformación logarítmica. Para la generación de los modelos, se empleó la velocidad máxima específica a las temperaturas de 4°C, 8°C y 14°C. En todos los casos, los modelos ajustados y seleccionados presentaron valores p menores a 0,05, indicando la existencia de una relación estadísticamente significativa entre la respuesta ( $\mu_{max}$ ) y el factor estudiado (Temperatura.) a un nivel de confianza del 95%.

---

<sup>34</sup> DANTIGNY, Philippe; BENSOUSSAN, Maurice. The logarithmic transformation should be avoided for stabilising the variance of mould growth rate. *International journal of food microbiology*, 2008, vol. 121, no 2, p. 225-228.

En el caso de la salchicha clásica mediante los recuentos de las BAL los 27 posibles modelos generados por el software StatGraphics, 26 presentaron un  $R^2 > 86,48\%$ , y solo uno no fue posible ajustar (ver anexo 1). De ellos, el modelo matemático con mejor ajuste fue el de modelo cuadrado doble con un  $R^2 = 0,9299$  lo que indica que el modelo ajustado explica en un  $92,99\%$  la variabilidad observada en  $\mu_{max}$  como efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para las BAL en la salchicha clásica se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = \sqrt{(0,016858 + 0,000510464xT^2)}$$

En la salchicha manguera los 27 posibles modelos generados por el software StatGraphics, 26 presentaron un  $R^2 > 99,99\%$ , y solo uno no fue posible ajustar (ver anexo 2). De ellos, el modelo matemático con mejor ajuste fue el de modelo cuadrado doble con un  $R^2 = 0,9999$  lo que indica que el modelo ajustado explica en un  $99,99\%$  la variabilidad observada en  $\mu_{max}$  como efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para las BAL en la salchicha manguera se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = e^{(-3,07791 + 0,00492959 x T^2)}$$

En la mortadela los 27 posibles modelos generados por el software StatGraphics, 26 presentaron un  $R^2 > 100\%$ , y solo uno no fue posible ajustar (ver anexo 3). De ellos, el modelo matemático con mejor ajuste fue un modelo polinómico de segundo grado (cuadrático) con un  $R^2 = 0,0$  lo que indica que el modelo ajustado explica en un  $100\%$  la variabilidad observada en  $\mu_{max}$  como efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para las BAL en la mortadela se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = -0,6338 + 0,26005xT - 0,014525xT^2$$

En el anexo 3, 4 y 5 se presentan las gráficas generadas por el software StatGraphics para el modelo ajustado de crecimiento de BAL en cada producto. En estas graficas se muestra en color azul la línea media de ajuste, en color rojo los límites de confianza del 95% para el modelo y en color negro los límites de predicción del modelo para una confianza del 95%.

En el desarrollo de los microorganismos Psicrófilos en la salchicha clásica, solo 21 modelos ajustados por el software StatGraphics presentaron un  $R^2 > 100\%$  (Ver anexo 6). De estos, el modelo matemático con mejor ajuste fue el polinómico de segundo grado (cuadrático) con un  $R^2 = 0,0\%$  indicando que el modelo ajustado explica un  $100\%$  de la variabilidad en  $\mu_{max}$  por efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para los psicrófilos en la salchicha clásica se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = -1,1216 + 0,42085xT - 0,023675xT^2$$

En la salchicha manguera los 27 posibles modelos generados por el software StatGraphics, 26 presentaron un  $R^2 > 99\%$ , y solo uno no fue posible ajustar (ver anexo 7). De ellos, el modelo matemático con mejor ajuste fue el cuadrado de X con un  $R^2 = 0,9999$  lo que indica que el modelo ajustado explica en un  $99,98\%$  la variabilidad observada en  $\mu_{max}$  como efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para los psicrófilos en la salchicha manguera se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = 0,132087 + 0,000720074xT^2$$

En la mortadela los 27 posibles modelos generados por el software StatGraphics, 26 presentaron un  $R^2 > 100\%$ , y solo uno no fue posible ajustar (ver anexo 8). De ellos, el modelo matemático con mejor ajuste fue un modelo polinómico de segundo grado (cuadrático) con un  $R^2 = 0,0$  lo que indica que el modelo ajustado explica en un 100 % la variabilidad observada en  $\mu_{max}$  como efecto de la temperatura.

El modelo ajustado para los psicrófilos en la mortadela se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Vel} = 0,275533 - 0,0317xT + 0,00176667xT^2$$

En el anexo 9, 10 y 11 se presentan las gráficas generadas por el software StatGraphics para el modelo ajustado de crecimiento de psicrófilos en cada producto. En estas graficas se muestra en color azul la línea media de ajuste, en color rojo los límites de confianza del 95% para el modelo y en color negro los límites de predicción del modelo para una confianza del 95%.

De acuerdo con los resultados anteriores, el modelo para estimar el crecimiento de bacterias psicrófilas y ácido lácticas en salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela a pesar de sus diferencias, en la salchicha clásica se observó el mayor porcentaje de error de predicción en el ajuste de los datos usados para generar el modelo, mientras que el de salchicha manguera y la mortadela presentaron porcentajes de predicción un poco más similares para esta estimación. Sin embargo, de acuerdo con Ross<sup>35</sup> en la investigación Índices de evaluación del rendimiento de modelos predictivos en microbiología alimentaria, el mejor modelo no es el que presenta el mejor ajuste de los datos, sino el que mejor estime las respuestas, y en ese sentido el mejor modelo para estimar el crecimiento de BAL y

---

<sup>35</sup> ROSS, T. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. *Journal of applied microbiology*, 1996, vol. 81, no 5, p. 501-508.

de Psicrófilos es el de la mortadela, siendo el modelo que presenta mejor ajuste en los grupos microbianos, ya que, el de la salchicha clásica presenta el mayor error en el porcentaje de estimación de acuerdo con los datos tomados, siendo este modelo quien podría generar respuestas más seguras en la estimación de la velocidad de crecimiento de BAL y los psicrófilos, es decir, las velocidades estimadas por el modelo son mayores a las observadas y por lo tanto, si se usan estos datos para calcular el tiempo de vida útil (TVU) del producto, este TVU estimado sería menor que el observado dando un mayor margen de seguridad al producto.

De todas formas, debe considerarse que el error observado en estos modelos puede estar sujeto a la gran heterogeneidad de especies que constituyen a estos dos grupos de microorganismos como lo son los Psicrófilos y las bacterias ácido lácticas, lo que hace que las respuestas puedan variar entre temperaturas por efecto de las sucesiones microbianas que puedan darse. Otro factor que también influye en el error de los modelos es que en nuestro caso solo se consideró el efecto de la temperatura, obviando el efecto que aportan otros factores sobre la velocidad de crecimiento y que contribuyen con el aumento del error experimental. Por lo tanto y a manera de recomendación para mejorar la fiabilidad de estos modelos, se debería considerar:

- Desarrollar un mayor número de réplicas del experimento, ya que la repetición es uno de los principios básicos del diseño experimental que contribuyen con la disminución de la variabilidad.
- Caracterizar la especie dominante tanto de los Psicrófilos como de las BAL en cada producto, y con base en ellos desarrollar los modelos adecuados, ya que como sugiere McMeekin y Ross<sup>36</sup> en la investigación de Microbiología predictiva: proporcionar un marco basado en el conocimiento para la gestión del cambio, *“la experiencia ha mostrado que para la mayoría de los casos donde están implicadas*

---

<sup>36</sup> MCMEEKIN, T. A.; ROSS, T. Predictive microbiology: providing a knowledge-based framework for change management. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, vol. 78, no 1, p. 133-153.

*asociaciones de microorganismos alterantes, el tiempo en el cual ocurre o se desarrolla la alteración de los alimentos está directamente relacionada con el tiempo de generación de aquel microorganismo que juega el papel predominante en dicha asociación”*

- Caracterizar y estandarizar la población inicial de los productos, ya que esta influye en el tiempo de vida útil estimado, a mayor población inicial, sucede un mayor desarrollo microbiano y por lo tanto, el tiempo de vida útil resulta más corto<sup>37</sup>.

La salchicha tanto clásica como manguera reciben un proceso térmico mas drástico lo que garantiza una reducción apreciable de la carga microbiana, reflejando los valores más bajos comparados con la mortadela al no ser empacada individualmente. Sin embargo, y ante una baja carga microbiana inicial al final de la cocción, las BAL y los psicrófilos pueden encontrar menor competencia de otros grupos microbianos originando un mayor incremento de ellos en el tiempo, el cual se ve reflejado por la menor estimación de vida útil alcanzada para la mortadela en comparación con las salchichas. En aquellos productos cárnicos que son sometidos a temperaturas de cocción más bajas, el crecimiento de BAL puede verse retrasado por competencia de sustratos con otros grupos microbianos. Adicionalmente, algunos productos cárnicos como la salchicha pueden contener sustancias antimicrobianas como las sales de nitro, cuya actividad es más marcada en condiciones anaeróbicas (vacío) presentando un efecto selectivo siendo más acusado para algunos grupos microbianos como las enterobacterias, *B. thermosphacta* o los Clostridios, pero con menor efecto sobre las BAL o micrococos

38

---

<sup>37</sup> MATEO, J.; ANTIDUELO, A.; ZUMALACÁRREGUI, J. M<sup>a</sup>. Proceso de elaboración de la morcilla de León: Una morcilla de cebolla. Alimentación, Equipos y Tecnología, 2005, vol. 24, no 200, p. 44-48.

<sup>38</sup> MCMEEKIN, T. A.; ROSS, T. Predictive microbiology: providing a knowledge-based framework for change management. International Journal of Food Microbiology, 2002, vol. 78, no 1, p. 133-153



En cuanto a la caducidad de la vida útil de los productos cárnicos originados por el desarrollo microbiano, se requiere que la población alterante se encuentre en general en valores comprendidos entre  $10^6$  a  $10^8$  UFC/g. Cuando se produce el deterioro de los alimentos y el número de bacterias es menor al citado, es presumible que la alteración no sea de origen microbiano, sin embargo, ni el recuento de microorganismos totales (psicrófilos), ni el de alterantes (BAL) puede predecir directamente la calidad de los productos y la caducidad de los mismos, ya que también intervienen otros factores que puedan acelerar el fin de la vida útil<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> GRAM, Lone, et al. Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. *International journal of food microbiology*, 2002, vol. 78, no 1, p. 79-97.

## 7. CONCLUSIONES

**Primera:** El recuento de bacterias ácido lácticas y psicrófilos que se presentó en los productos, aumentó proporcionalmente al en el transcurso de 45 días para la salchicha clásica y la mortadela y los 50 días para la salchicha manguera, indicando que las condiciones a las que fueron sometidos estos productos para algunos de estos microorganismos son favorables permitiendo sobrevivir al tratamiento térmico y presencia de oxígeno en los empaques de los productos.

**Segunda:** La temperatura de refrigeración influyo significativamente en la velocidad de crecimiento de las BAL a un valor  $p < 0,05$ , observándose una relación directa o proporcional entre estas variables, Sin embargo, este incremento no responde de forma lineal en el rango evaluado de 4°C hasta 14°C, por lo que el desarrollo de los modelos implica una previa transformación de las variables con el objeto de linealizarlas y obtener un modelo simple. No obstante, al transformar las variables, en todos los casos, la relación entre la temperatura y la velocidad de crecimiento fue muy fuerte.

**Tercera:** El comportamiento de las BAL y psicrófilos en salchicha clásica y salchicha manguera fue muy similar donde se observó una cinética de crecimiento directamente proporcional entre la temperatura y el crecimiento microbiano, a excepción, de la mortadela donde los recuentos de los psicrófilos presentaron un descenso en la población, sin embargo, como se mencionó anteriormente el mejor modelo no es el que presenta el mejor ajuste de los datos, sino el que mejor estime las respuestas, dicho esto, se logró realizar el modelo matemático para los psicrófilos en mortadela con un nivel de confianza del 95%.

**Cuarta:** Se logró desarrollar seis modelos matemáticos con un nivel de confianza del 95 %, para evaluar el efecto de la temperatura de refrigeración, sobre la velocidad de crecimiento de los microorganismos psicrófilos y las bacterias ácido lácticas, y proponer que a partir de ellos se pueda estimar la vida útil biológica de la salchicha clásica, la salchicha manguera y la mortadela.

**Quinta:** Los modelos matemáticos desarrollados son capaces de predecir y estimar numéricamente la vida útil de los 3 productos salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela en términos de tiempos de duración, determinando de estos, sus probables fechas de vencimiento, tales objetivos han sido alcanzados mediante un conjunto de pasos estadísticos y matemáticos planteados y para hacer utilidad de ellos es necesario la validación.

## 8. RECOMENDACIONES

Al momento de referirse a los microorganismos psicrófilos y las bacterias ácido lácticas se debe tener claridad que se trata de dos grupos bacterianos muy diversos, es decir, con poca homogeneidad entre sus individuos, se concluye a manera de recomendación el de caracterizar la especie dominante en cada asociación, y con base en ella, desarrollar el modelo matemático más adecuado. De igual forma, se recomienda desarrollar múltiples repeticiones del experimento y ampliar el desarrollo y al momento de la validación de los modelos someter los productos a otras temperaturas que no fueron consideradas en este trabajo.

Para tener una mayor certeza sobre la vida útil biológica de cada producto, se recomienda hacer un seguimiento de otros factores que pueden condicionar el comportamiento microbiano, como lo es el pH, la actividad de agua y la variación del potencial redox en el interior del empaque, ya que, dependiendo de estos factores, pueden variar las sucesiones microbianas al final del periodo de vida útil.

## ANEXOS

### Anexo 1. Modelo matemático de bacterias ácido lácticas en salchicha clásica en statgraphics centurión.

**Regresión Simple - Vel vs. Temp**  
 Variable dependiente: Vel  
 Variable independiente: Temp  
 Cuadrado Doble:  $Y = \sqrt{a + b \cdot X^2}$

**Coefficientes**

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	0,016858	0,0240889	0,699825	0,6113
Pendiente	0,000510464	0,000201752	2,53015	0,2396

**Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,00452772	1	0,00452772	6,40	0,2396
Residuo	0,000707271	1	0,000707271		
Total (Corr.)	0,00523499	2			

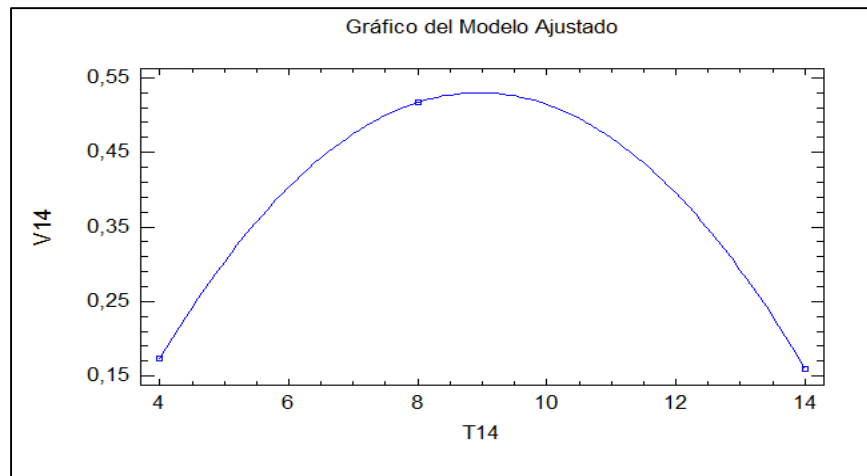
Coefficiente de Correlación = 0,929998  
 R-cuadrada = 86,4895 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 72,9791 por ciento  
 Error estándar del est. = 0,0265946  
 Error absoluto medio = 0,0139778  
 Estadístico Durbin-Watson = 2,86464 (P=)  
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,621547

**El StatAdvisor**  
 La salida muestra los resultados de ajustar un modelo doble cuadrado para describir la relación entre Vel y Temp. La ecuación del modelo ajustado es

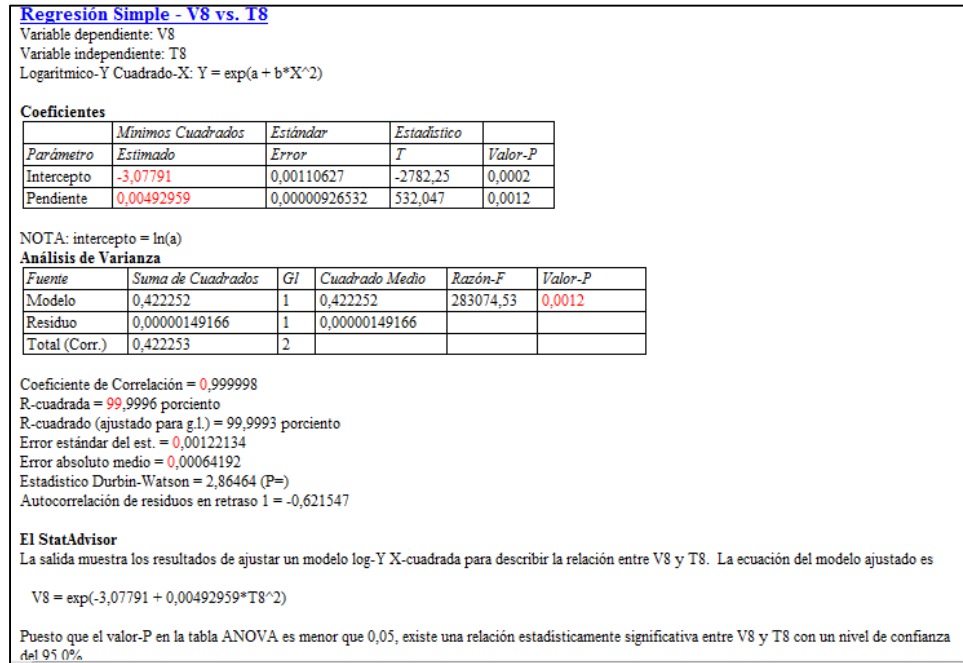
$$Vel = \sqrt{0,016858 + 0,000510464 \cdot Temp^2}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0,05, no hay una relación estadísticamente significativa entre Vel y Temp con un nivel de confianza del 95,0% ó más.

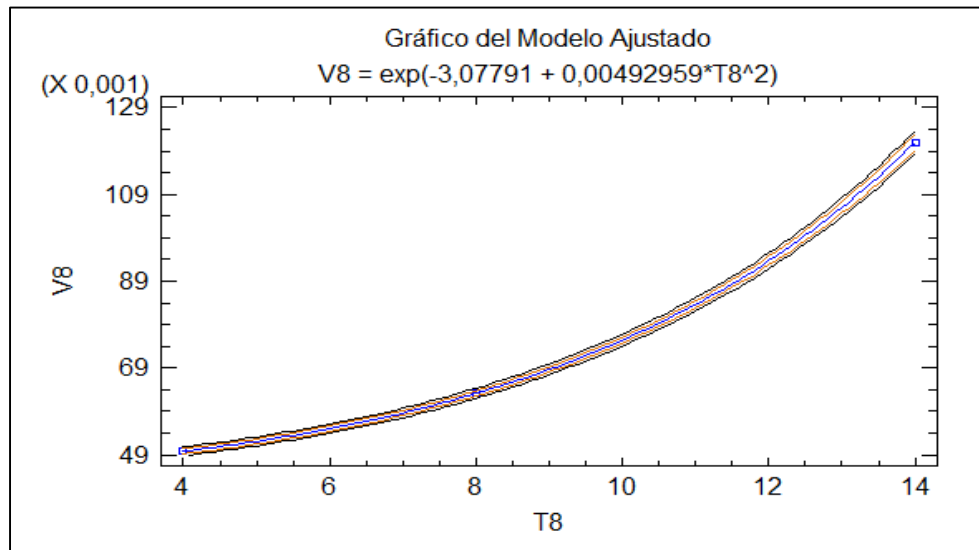
### Anexo 2. Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha clásica en statgraphics centurión.



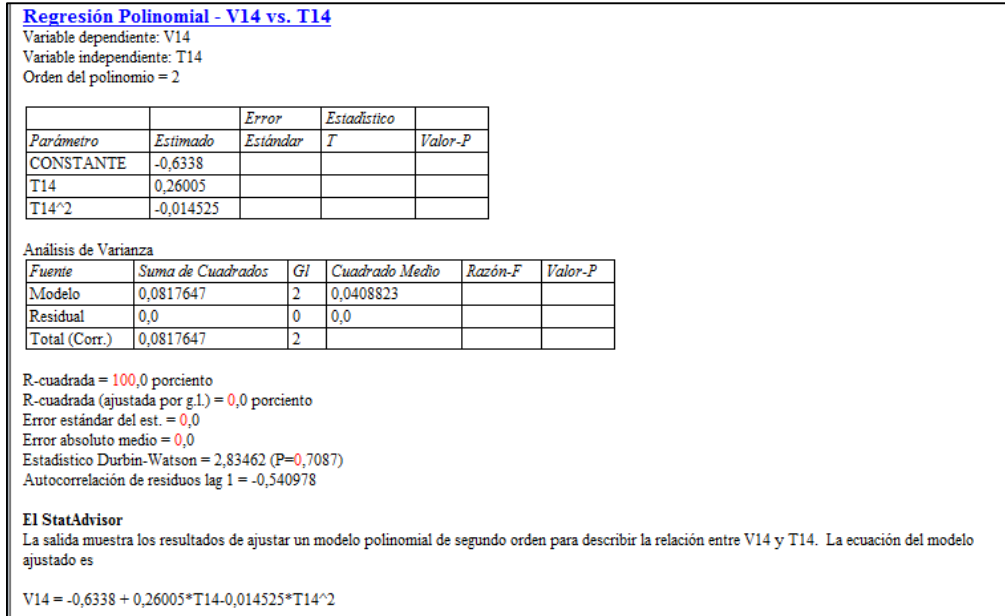
**Anexo 3.**Modelo matemático de bacterias acido lácticas en salchicha manguera en statgraphics centurión.



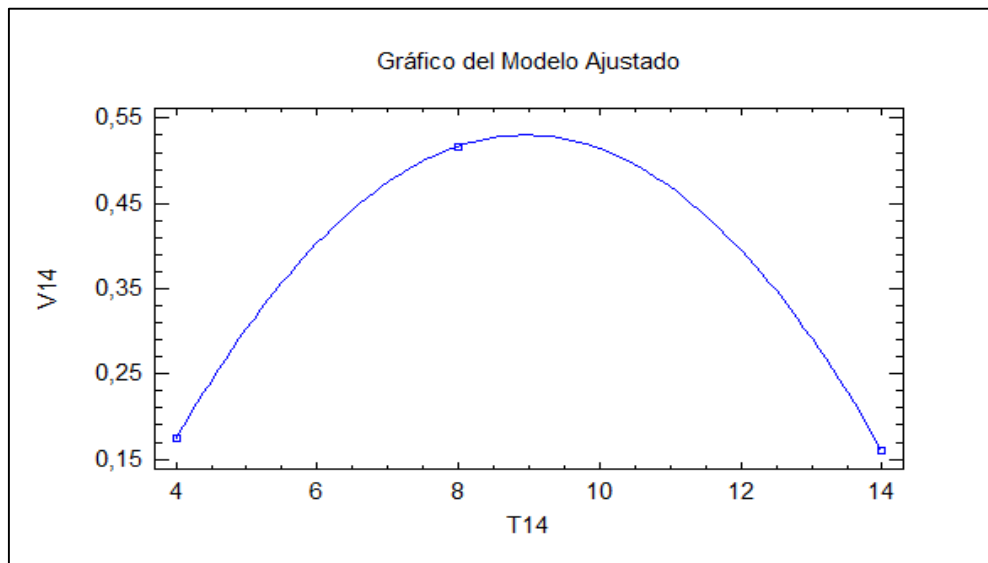
**Anexo 4.**Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha manguera en statgraphics centurión.



**Anexo 5.** Modelo matemático de bacterias ácido lácticas en mortadela en statgrafhics centurión.



**Anexo 6.** Grafica modelo ajustado de BAL en mortadela en statgrafhics centurión.



**Anexo 7.** Modelo matemático de Psicrófilos en salchicha clásica en statgraphics centurión.

**Regresión Polinomial - V4 vs. T4**  
 Variable dependiente: V4  
 Variable independiente: T4  
 Orden del polinomio = 2

		Error	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Estándar	T	Valor-P
CONSTANTE	-1,1216			
T4	0,42085			
T4^2	-0,023675			

**Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,220673	2	0,110336		
Residual	0,0	0	0,0		
Total (Corr.)	0,220673	2			

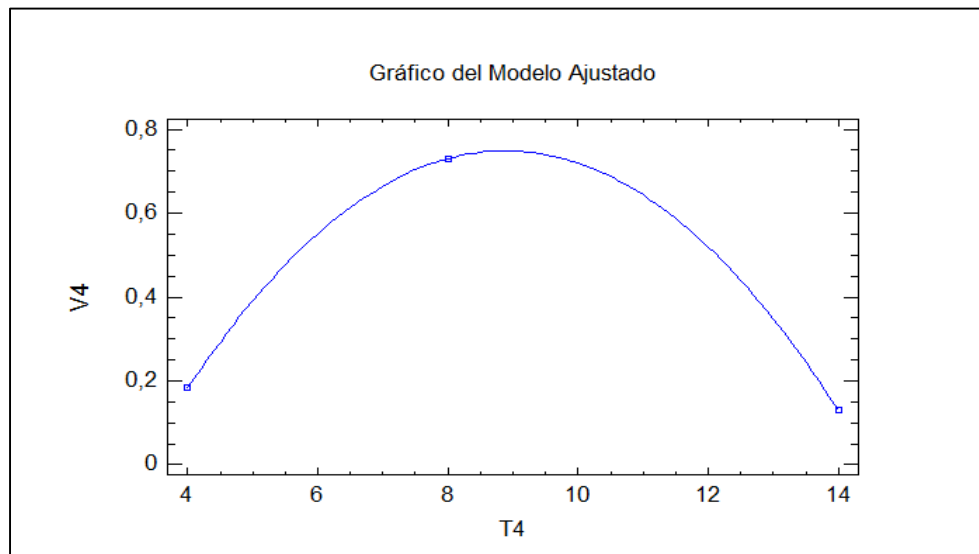
R-cuadrada = 100,0 por ciento  
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento  
 Error estándar del est. = 0,0  
 Error absoluto medio = 0,0  
 Estadístico Durbin-Watson = 2,66234 (P=0,6656)  
 Autocorrelación de residuos lag 1 = -0,493506

**El StatAdvisor**  
 La salida muestra los resultados de ajustar un modelo polinomial de segundo orden para describir la relación entre V4 y T4. La ecuación del modelo ajustado es

$$V4 = -1,1216 + 0,42085 * T4 - 0,023675 * T4^2$$

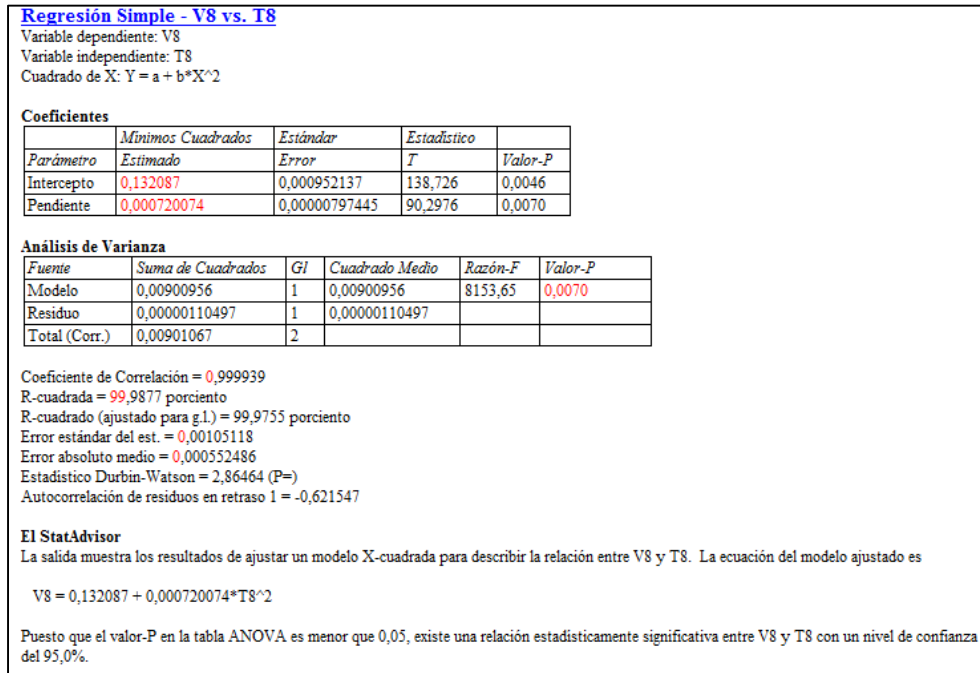
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 100,0% de la variabilidad en V4. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 0,0%. El error absoluto medio (MAE) de 0,0 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P mayor que 0,05, no hay indicación de correlación serial en los residuos, con un nivel de confianza del 95%.

**Anexo 8.** Grafica modelo ajustado de Psicrófilos en salchicha clásica en statgraphics centurión.

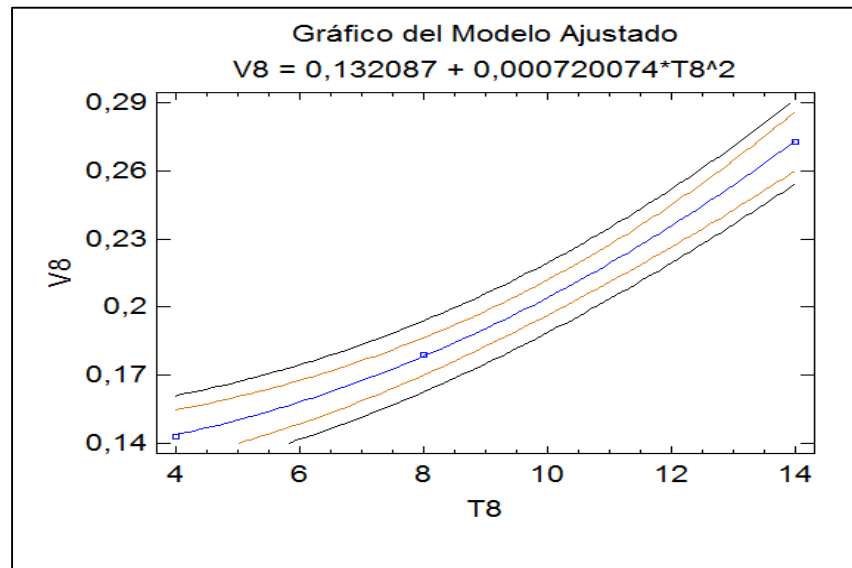




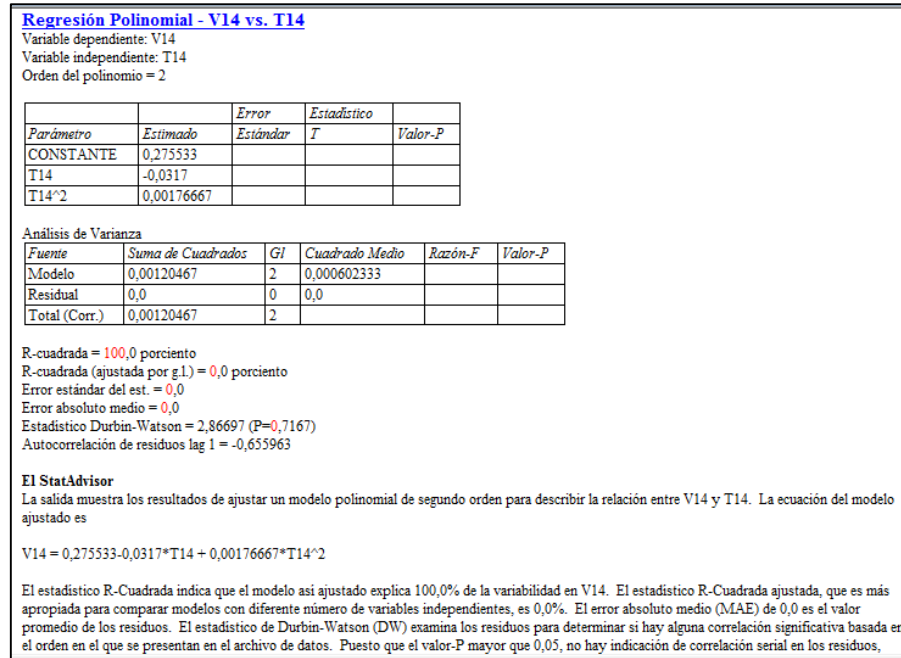
**Anexo 9.**Modelo matemático de psicrófilos en salchicha manguera en statgraphics centurión.



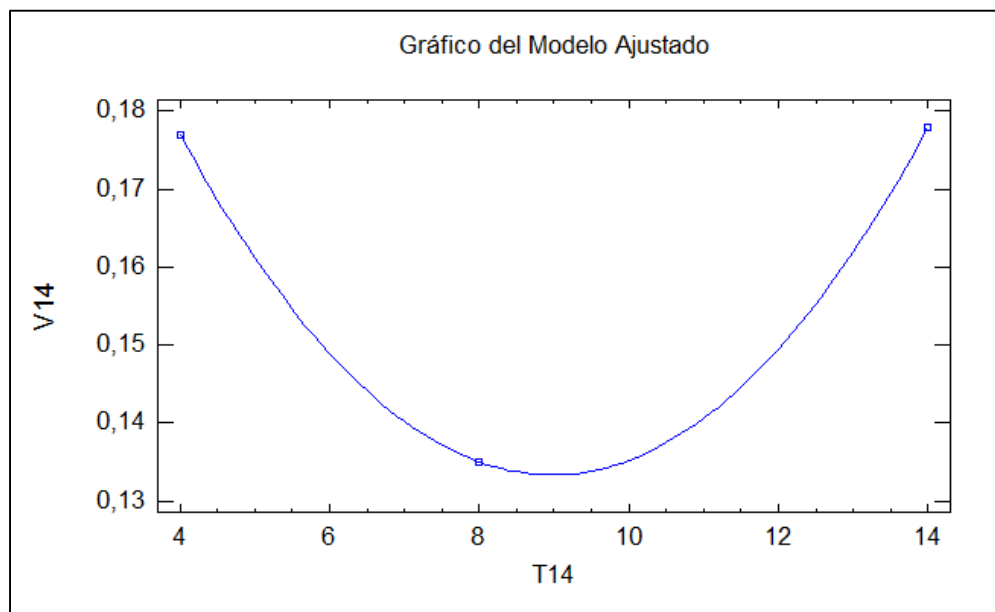
**Anexo 10.**Grafica modelo ajustado de BAL en salchicha manguera en statgraphics centurión.



## Anexo 11. Modelo matemático de psicrófilos en mortadela en statgraphics centurión.



## Anexo 12. Grafica modelo ajustado de psicrófilos en mortadela en statgraphics centurión.



Dias	# Muestro	# Muestras	Producto	Lote	T° Salida	T° Muestro	Color	Olor	Textura	Vacío	pH.	Observaciones
DIA 0	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	NO SE REGISTRO	11.9	C	C	B	C	6.68	Ninguna
		2	Salchicha clásica			12	C	C	B		6.66	
		3	Salchicha clásica			10.9	C	C	B		6.59	
	CUARTO ALM.	4	Salchicha clásica			10.5	C	C	B	C	6.67	
		5	Salchicha clásica			13.3	C	C	B		6.62	
		6	Salchicha clásica			10.8	C	C	B		6.53	
	CUARTO PEQ.	7	Salchicha clásica			13.4	C	C	B	C	6.65	
		8	Salchicha clásica			13.9	C	C	B		6.61	
		9	Salchicha clásica			10.8	C	C	B		6.6	Ninguna
	NEVER A	1	Salchicha manquera	82		13.7	C	C	B	C	6.44	
		2	Salchicha manquera			15.3	C	C	B		6.49	
		3	Salchicha manquera			13.2	C	C	B		6.37	
	CUARTO ALM.	4	Salchicha manquera			12.9	C	C	B	C	6.5	

		<b>5</b>	Salchicha manquera			11.7	C	C	B		6.54	
		<b>6</b>	Salchicha manquera			13.9	C	C	B		6.57	
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera			7.9	C	C	B	C	6.46	
		<b>8</b>	Salchicha manquera			10.9	C	C	B		6.51	
		<b>9</b>	Salchicha manquera			11.5	C	C	B		6.45	
DIA 5	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha clásica	<b>83</b>	10.2	14.9	C	C	B	NC	6.47	
		<b>2</b>	Salchicha clásica		10.1	13.5	C	C	B		6.54	
		<b>3</b>	Salchicha clásica		11	17.9	C	C	B		6.51	
	CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		9.3	12.1	C	C	B	C	6.53	
		<b>5</b>	Salchicha clásica		7	9.5	C	C	B		6.53	
		<b>6</b>	Salchicha clásica		7.8	10.2	C	C	B		6.55	
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		4.7	6.2	C	C	B	C	6.75	
		<b>8</b>	Salchicha clásica		4.9	7.3	C	C	B		6.89	
		<b>9</b>	Salchicha clásica		5.1	7.8	C	C	B		6.72	
	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera		<b>82</b>	12.6	15.6	C	C	B	C	6.44

	<b>2</b>	Salchicha manquera		11.1	12.9	C	C	B		6.4	
	<b>3</b>	Salchicha manquera		11.6	12.2	C	C	B		6.38	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera		6.3	9.9	C	C	B	C	6.54	
	<b>5</b>	Salchicha manquera		7.5	12.3	C	C	B		6.51	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		7.3	9.9	C	C	B		6.53	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		8.9	13.5	C	C	B	C	6.53	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		8.5	10.4	C	C	B		6.53	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		9.1	15.7	C	C	B		6.54	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	8.5	12.9	C	C	B	C	6.42	
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		8.1	11.9	C	C	B		6.41	
	<b>3</b>	Mortadela x 150 g		7	12.3	C	C	B		6.39	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		5.4	7.1	C	C	B	C	6.61	
	<b>5</b>	Mortadela x 150 g		5.9	7.9	C	C	B		6.64	
	<b>6</b>	Mortadela x 150 g		6.4	10.3	C	C	B		6.58	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		8.3	12.5	C	C	B	C	6.53	

		<b>8</b>	Mortadela x 150 g		7.1	9.2	C	C	B		6.53		
		<b>9</b>	Mortadela x 150 g		7.6	10.3	C	C	B		6.55		
DIA 10	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha clásica	<b>83</b>	13	13.1	C	C	B	NC	6.63	Los paquetes presentaban agua.	
		<b>2</b>	Salchicha clásica		12.5	13.7	C	C	B		6.64		
		<b>3</b>	Salchicha clásica		12.1	15.9	C	C	B		6.65		
	CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		7.3	10.3	C	C	B	C	6.67		
		<b>5</b>	Salchicha clásica		6.7	10.9	C	C	B		6.74		
		<b>6</b>	Salchicha clásica		7.5	13.9	C	C	B		6.73		
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		4	7.7	C	C	B	C	6.69		
		<b>8</b>	Salchicha clásica		4.5	9.3	C	C	B		6.67		
		<b>9</b>	Salchicha clásica		3.7	7.1	C	C	B		6.68		
	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera		<b>82</b>	12.4	15.1	C	C	B	C	6.48	
		<b>2</b>	Salchicha manquera			12.9	16.9	C	C	B		6.47	
		<b>3</b>	Salchicha manquera			12.7	16.1	C	C	B		6.74	

CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera	<b>85</b>	4.1	9.1	C	C	B	C	6.58	
	<b>5</b>	Salchicha manquera		4	7.9	C	C	B		6.56	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		3.8	8	C	C	B		6.58	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		4.2	8.3	C	C	B	C	6.6	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		4	8.3	C	C	B		6.57	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		3.7	6.2	C	C	B		6.61	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g		11.8	13.4	C	C	B	C	6.6	
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		11.5	14.2	C	C	B		6.63	
	<b>3</b>	Mortadela x 150 g		11.9	13.7	C	C	B		6.61	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g	3.9	8.5	C	C	B	C	6.59		
	<b>5</b>	Mortadela x 150 g	4.5	11.7	C	C	B		6.57		
	<b>6</b>	Mortadela x 150 g	4.3	6.9	C	C	B		6.59		
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g	3.7	8.9	C	C	B	C	6.55		
	<b>8</b>	Mortadela x 150 g	3.3	6.5	C	C	B		6.56		
	<b>9</b>	Mortadela x 150 g	4	11	C	C	B		6.54		

DIA 15	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	13.8	14.2	C	C	B	NC	6.61	Perdida vacío.
		2	Salchicha clásica		14.1	14.3	C	C	B		6.62	
		3	Salchicha clásica		14.7	15.7	C	C	B		6.61	
	CUART O ALM.	4	Salchicha clásica		8.5	9.3	C	C	B	C	6.7	
		5	Salchicha clásica		8.1	8.7	C	C	B		6.71	
		6	Salchicha clásica		7.7	7.9	C	C	B		6.69	
	CUART O PEQ.	7	Salchicha clásica		6.5	7.1	C	C	B	C	6.73	
		8	Salchicha clásica		5.5	6.1	C	C	B		6.72	
		9	Salchicha clásica		5.7	6.2	C	C	B		6.71	
	NEVER A	1	Salchicha manquera	82	13.8	14.9	C	C	B	C	6.65	
		2	Salchicha manquera		14.1	16.3	C	C	B		6.65	
		3	Salchicha manquera		13.7	14.7	C	C	B		6.67	
	CUART O ALM.	4	Salchicha manquera		7.8	8.5	C	C	B	C	6.65	
		5	Salchicha manquera		7.1	8.1	C	C	B		6.71	
		6	Salchicha manquera		6.1	6.9	C	C	B		6.69	



	CUARTO PEQ.	7	Salchicha manquera	85	9.1	8.5	C	C	B	C	6.61	
		8	Salchicha manquera		8.7	8.4	C	C	B		6.6	
		9	Salchicha manquera		8.8	8.1	C	C	B		6.58	
	NEVER A	1	Mortadela x 150 g		12.9	14.5	C	C	B	C	6.64	
		2	Mortadela x 150 g		11.8	12.3	C	C	B		6.59	
		3	Mortadela x 150 g		12.5	13.1	C	C	B		6.66	
	CUARTO ALM.	4	Mortadela x 150 g		7.7	8.1	C	C	B	C	6.55	
		5	Mortadela x 150 g		7	7.3	C	C	B		6.57	
		6	Mortadela x 150 g		7.7	8.2	C	C	B		6.55	
	CUARTO PEQ.	7	Mortadela x 150 g		6.1	5.7	C	C	B	C	6.56	
		8	Mortadela x 150 g		5.7	5.3	C	C	B		6.58	
		9	Mortadela x 150 g		5.9	5.5	C	C	B		6.58	
DIA 20	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	12.9	15.1	C	C	B	NC	6.29	Presentaba agua dentro del paquete.
		2	Salchicha clásica		12.7	15	C	C	B	C	6.59	

	<b>3</b>	Salchicha clásica		12.1	14.7	C	C	B	C	6.52	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		7	12	C	C	B	C	6.68	
	<b>5</b>	Salchicha clásica		6.9	11.4	C	C	B		6.7	
	<b>6</b>	Salchicha clásica		7.1	10.9	C	C	B		6.71	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		6.3	11.2	C	C	B	C	6.71	
	<b>8</b>	Salchicha clásica		6.9	10.8	C	C	B		6.69	
	<b>9</b>	Salchicha clásica		7.1	11.1	C	C	B		6.69	
NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera	<b>82</b>	13.7	15	C	C	B	C	6.49	
	<b>2</b>	Salchicha manquera		13.2	14.7	C	C	B		6.46	
	<b>3</b>	Salchicha manquera		13	14.5	C	C	B		6.47	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera		6.7	9.8	C	C	B	C	6.53	
	<b>5</b>	Salchicha manquera		5.4	8.7	C	C	B		6.51	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		6.9	7.9	C	C	B		6.5	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		7.1	10.4	C	C	B	C	6.57	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		7.5	11.9	C	C	B		6.56	

		<b>9</b>	Salchicha manquera		<b>7</b>	10.9	C	C	B		6.59	
	NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	13.9	17	C	C	B	C	6.53	
		<b>2</b>	Mortadela x 150 g		12.7	16.5	C	C	B		6.52	
		<b>3</b>	Mortadela x 150 g		12.4	17.1	C	C	B		6.51	
	CUART O ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		7.2	10.1	C	C	B	C	6.54	
		<b>5</b>	Mortadela x 150 g		7.7	13.2	C	C	B		6.51	
		<b>6</b>	Mortadela x 150 g		7	11.2	C	C	B		6.52	
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		4.1	7.8	C	C	B	C	6.56	
		<b>8</b>	Mortadela x 150 g		4	7	C	C	B		6.56	
		<b>9</b>	Mortadela x 150 g		4.3	7.5	C	C	B		6.54	
DIA 25	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha clásica	<b>83</b>	12.8	14.9	C	C	B	C	6.73	
		<b>2</b>	Salchicha clásica		13.5	15.1	C	C	B		6.71	
		<b>3</b>	Salchicha clásica		13.1	14.7	C	C	B		6.7	
	CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		6.8	8.4	C	C	B	C	6.79	
		<b>5</b>	Salchicha clásica		8.7	10.1	C	C	B		6.83	

	<b>6</b>	Salchicha clásica		7.1	9.5	C	C	B		6.75	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		4.5	6.9	C	C	B	C	6.58	
	<b>8</b>	Salchicha clásica		4.9	7.3	C	C	B		6.61	
	<b>9</b>	Salchicha clásica		5.1	7.5	C	C	B		6.64	
NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera	<b>82</b>	12.5	14.5	C	C	B	C	6.52	
	<b>2</b>	Salchicha manquera		12.4	14.9	C	C	B		6.5	
	<b>3</b>	Salchicha manquera		11.8	13.9	C	C	B		6.5	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera		8.2	9.7	C	C	B	C	6.55	
	<b>5</b>	Salchicha manquera		7.8	9.5	C	C	B		6.55	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		8.7	10.1	C	C	B		6.57	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		5.1	8.1	C	C	B	C	6.58	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		4.4	7.5	C	C	B		6.6	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		4.8	7.9	C	C	B		6.62	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	14.7	16.2	C	C	B	C	6.51	
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		15.6	18.3	C	C	B	C	6.51	

		3	Mortadela x 150 g		15.3	16.9	C	C	B	NC	6.52	Perdida vacio.
	CUARTO ALM.	4	Mortadela x 150 g		5.5	6.9	C	C	B	C	6.59	
		5	Mortadela x 150 g		5.6	6.5	C	C	B		6.71	
		6	Mortadela x 150 g		6.1	6.7	C	C	B		6.56	
		7	Mortadela x 150 g		4.5	6.8	C	C	B		6.79	
	CUARTO PEQ.	8	Mortadela x 150 g		4.4	7.1	C	C	B	C	6.83	
		9	Mortadela x 150 g		4.9	7.3	C	C	B		6.8	
DIA 30	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	14.5	16.3	C	NC	B	NC	6.2	Paquetes presentan desprendimiento de agua color amarillo y blanco, aspecto lechoso. Paquetes inflados que al abrirse generan mal olor.
		2	Salchicha clásica		12.8	17.1	C	NC	B		6.11	
		3	Salchicha clásica		12.2	15.1	C	NC	B		6.21	
	CUARTO ALM.	4	Salchicha clásica		6.5	8.5	C	NC	B	C	6.68	
		5	Salchicha clásica		5.5	7.5	C	NC	B		6.7	

	<b>6</b>	Salchicha clásica		5.2	7.3	C	NC	B		6.71		
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		5.5	5.7	C	C	B	C	6.71		
	<b>8</b>	Salchicha clásica		5.9	6.1	C	C	B		6.73		
	<b>9</b>	Salchicha clásica		4.9	5.5	C	C	B		6.7		
NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera	<b>82</b>	13.5	15.1	C	C	B	C	6.48		
	<b>2</b>	Salchicha manquera		12.8	16.3	C	C	B		6.45		
	<b>3</b>	Salchicha manquera		14.2	15.7	C	C	B		6.5		
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera			7.8	10.5	C	C	B	C	6.65	
	<b>5</b>	Salchicha manquera			8.1	11.3	C	C	B		6.71	
	<b>6</b>	Salchicha manquera			7.5	12.1	C	C	B		6.7	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera			6	6.6	C	C	B	C	6.69	
	<b>8</b>	Salchicha manquera			4.1	4.3	C	C	B		6.7	
	<b>9</b>	Salchicha manquera			4.5	5.2	C	C	B		6.68	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	12.1	16.3	C	C	B	NC	6.22	Paquetes con pérdida de vacío.	
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		14.6	17.1	C	C	B		6.25		

		<b>3</b>	Mortadela x 150 g		13.2	15.5	C	C	B		6.31	
	CUARTO ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		8.5	10.4	C	C	B	NC	6.68	
		<b>5</b>	Mortadela x 150 g		9.5	11.6	C	C	B		6.67	
		<b>6</b>	Mortadela x 150 g		8.8	10.2	C	C	B		6.71	
		<b>7</b>	Mortadela x 150 g		4.1	4.5	C	C	B		6.8	
	CUARTO PEQ.	<b>8</b>	Mortadela x 150 g		4.9	5.3	C	C	B	C	6.78	
		<b>9</b>	Mortadela x 150 g		4.9	6	C	C	B		6.78	
DIA 35	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha clásica	<b>83</b>	13.2	13.4	C	NC	B	NC	6.2	Paquete inflado que presenta mal olor y desprendimiento de agua color amarillento
		<b>2</b>	Salchicha clásica		13.8	14.2	C	C	B	C	6.65	
		<b>3</b>	Salchicha clásica		12.6	13.7	C	NC	B	NC	6.19	Paquete inflado que presenta mal olor y desprendimiento de agua color blanco

CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica	<b>82</b>	6.6	7.1	C	C	B	C	6.7	
	<b>5</b>	Salchicha clásica		6.3	6.7	C	C	B		6.68	
	<b>6</b>	Salchicha clásica		6.1	7.6	C	C	B		6.71	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		5.8	6.9	C	C	B	C	6.63	
	<b>8</b>	Salchicha clásica		5.5	6.7	C	C	B		6.6	
	<b>9</b>	Salchicha clásica		5.4	6.6	C	C	B		6.64	
NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera		12.5	15.4	C	C	B	C	6.75	
	<b>2</b>	Salchicha manquera		12.7	13.4	C	C	B		6.77	
	<b>3</b>	Salchicha manquera		12.4	13.2	C	C	B		6.81	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera	7.1	9.8	C	C	B	C	6.68		
	<b>5</b>	Salchicha manquera	6.8	10.1	C	C	B		6.65		
	<b>6</b>	Salchicha manquera	7.9	10.3	C	C	B		6.67		
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera	6.5	7	C	C	B	C	6.71		
	<b>8</b>	Salchicha manquera	6.4	7.1	C	C	B		6.73		
	<b>9</b>	Salchicha manquera	6.6	7.6	C	C	B		6.71		



	NEVER A	1	Mortadela x 150 g	85	12.5	14.1	C	C	B	C	6.61		
		2	Mortadela x 150 g		13.2	13.7	C	C	B	C	6.65		
		3	Mortadela x 150 g		13	13.9	C	NC	B	NC	6.03	Cambio de olor, se siente acido.	
		CUART O ALM.	4		Mortadela x 150 g	5.5	5.8	C	C	B	C	6.61	
			5		Mortadela x 150 g	5	5.3	C	C	B		6.6	
			6		Mortadela x 150 g	4.1	4.2	C	C	B		6.63	
		CUART O PEQ.	7		Mortadela x 150 g	6.1	7.1	C	C	B	C	6.69	
			8		Mortadela x 150 g	7.5	8.3	C	C	B		6.72	
			9		Mortadela x 150 g	6.8	7.5	C	C	B		6.75	
DIA 40	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	14.5	14.8	C	NC	B	NC	6.13	Paquete inflado que presenta mal olor y desprendimien to de agua color amarillento	

		<b>2</b>	Salchicha clásica		15.2	15.6	C	NC	B	NC	6.18	Paquete inflado que presenta mal olor y desprendimiento de agua color blanco
		<b>3</b>	Salchicha clásica		15.1	15.9	C	NC	B	NC	6.21	Paquete inflado que presenta mal olor y desprendimiento de agua color blanco
	CUARTO ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		7.1	8.2	C	C	B		6.67	
		<b>5</b>	Salchicha clásica		7.3	7.9	C	C	B	C	6.67	
		<b>6</b>	Salchicha clásica		6.4	7.6	C	C	B		6.71	
	CUARTO PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		4.2	4.7	C	C	B		6.65	
		<b>8</b>	Salchicha clásica		4	5.2	C	C	B	C	6.64	
		<b>9</b>	Salchicha clásica		4.5	5.6	C	C	B		6.69	
	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera	<b>82</b>	12.7	14.2	C	C	B	C	6.64	
		<b>2</b>	Salchicha manquera		13.5	15.2	C	C	B		6.65	

	<b>3</b>	Salchicha manquera		13.9	14.6	C	C	B		6.67	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera		7.7	8.6	C	C	B	C	6.73	
	<b>5</b>	Salchicha manquera		6.5	7.8	C	C	B		6.75	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		6.3	7.5	C	C	B		6.7	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		4.5	4.9	C	C	B	C	6.57	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		4.2	5.1	C	C	B		6.56	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		5.1	5.8	C	C	B		6.57	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	12.5	14.1	C	C	B	C	6.61	
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		13.2	13.7	C	NC	B	NC	6.32	Cambio de olor, se siente acido.
	<b>3</b>	Mortadela x 150 g		13	13.9	C	NC	B	NC	6.45	Cambio de olor, se siente acido.
CUART O ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		7.7	8.2	C	C	B	C	6.57	
	<b>5</b>	Mortadela x 150 g		7.5	8	C	C	B		6.62	
	<b>6</b>	Mortadela x 150 g		7.2	7.9	C	C	B		6.61	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		3.9	4.8	C	C	B	C	6.6	

		<b>8</b>	Mortadela x 150 g		4.1	5.1	C	C	B		6.64		
		<b>9</b>	Mortadela x 150 g		4.4	5.6	C	C	B		6.62		
DIA 45	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha clásica	<b>83</b>	14.1	15.6	C	C	B		6.58		
		<b>2</b>	Salchicha clásica		13.4	14.7	C	C	B	C	6.6		
		<b>3</b>	Salchicha clásica		15.2	16.1	C	C	B		6.58		
	CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha clásica		7.9	8.2	C	C	B		6.71		
		<b>5</b>	Salchicha clásica		8.4	8.5	C	C	B	C	6.75		
		<b>6</b>	Salchicha clásica		7.1	7.5	C	C	B		6.71		
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha clásica		4.5	5.1	C	C	B		6.64		
		<b>8</b>	Salchicha clásica		5.1	6.3	C	C	B	C	6.65		
		<b>9</b>	Salchicha clásica		5.4	6.7	C	C	B		6.67		
	NEVER A	<b>1</b>	Salchicha manquera		<b>82</b>	12.5	13.6	C	C	B		6.5	
		<b>2</b>	Salchicha manquera			14.5	15.8	C	C	B	C	6.52	
		<b>3</b>	Salchicha manquera			12.4	13.3	C	C	B		6.49	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Salchicha manquera	10.4	13.1		C	C	B	C	6.56			

	<b>5</b>	Salchicha manquera		9.5	11.8	C	C	B		6.55	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		11.3	14.1	C	C	B		6.57	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		6.4	7.8	C	C	B	C	6.46	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		7.5	10.6	C	C	B		6.51	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		8.3	11.4	C	C	B		6.45	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	16.5	17.3	C	NC	NB	C	6.62	Olor a gas, paquetes inflados, consistencia blanda.
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		15.4	17	C	NC	NB		6.6	
	<b>3</b>	Mortadela x 150 g		15.1	16.4	C	NC	NB		6.58	
CUART O ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		7.1	7.7	C	C	B	C	6.58	
	<b>5</b>	Mortadela x 150 g		7.5	7.8	C	C	B		6.62	
	<b>6</b>	Mortadela x 150 g		7.4	8.1	C	C	B		6.6	
CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		6.5	7.6	C	C	B	C	6.71	
	<b>8</b>	Mortadela x 150 g		6.3	7.7	C	C	B		6.73	
	<b>9</b>	Mortadela x 150 g		6	6.8	C	C	B		6.7	

DIA 50	NEVER A	1	Salchicha clásica	83	15.5	16.2	C	C	NB	C	6.61	Los paquetes se encuentran con vacío, sin embargo se evidencia gotas de agua transparente sobre el producto.
		2	Salchicha clásica		15.8	16	C	C	NB		6.57	
		3	Salchicha clásica		14.8	15.7	C	C	B		6.6	
	CUARTO O ALM.	4	Salchicha clásica		10.1	12.4	C	C	B	C	6.64	
		5	Salchicha clásica		9.5	11.7	C	C	B		6.61	
		6	Salchicha clásica		11.3	13.5	C	C	B		6.6	
	CUARTO O PEQ.	7	Salchicha clásica		5.4	6.1	C	C	B	C	6.62	
		8	Salchicha clásica		5.7	6.3	C	C	B		6.61	
		9	Salchicha clásica		6.1	6.4	C	C	B		6.6	
	NEVER A	1	Salchicha manquera	82	16.8	16.2	C	C	B	C	6.51	
		2	Salchicha manquera		17.3	16.1	C	C	NB		6.53	textura blanda
		3	Salchicha manquera		17.1	15.7	C	C	B		6.5	
	CUARTO O ALM.	4	Salchicha manquera		6.8	7.5	C	C	B	C	6.63	

	<b>5</b>	Salchicha manquera		7.3	8.1	C	C	B		6.6	
	<b>6</b>	Salchicha manquera		6.4	7.7	C	C	B		6.62	
CUARTO PEQ.	<b>7</b>	Salchicha manquera		5.8	6.2	C	C	B	C	6.52	
	<b>8</b>	Salchicha manquera		4.3	5.5	C	C	B		6.5	
	<b>9</b>	Salchicha manquera		5.2	6.1	C	C	B		6.54	
NEVER A	<b>1</b>	Mortadela x 150 g	<b>85</b>	14.1	15.5	C	C	NB	NC	6.42	Paquetes con pérdida de vacío, la textura se evidencia más blanda, al tocar el producto este de deshace.
	<b>2</b>	Mortadela x 150 g		13.2	14.3	C	C	NB		6.44	
	<b>3</b>	Mortadela x 150 g		14.8	15.1	C	C	NB		6.41	
CUARTO ALM.	<b>4</b>	Mortadela x 150 g		8.3	7.1	C	C	B	C	6.55	
	<b>5</b>	Mortadela x 150 g		7.2	6.5	C	C	B		6.57	
	<b>6</b>	Mortadela x 150 g		7.4	6.9	C	C	B		6.55	
CUARTO PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		6.6	7.1	C	C	B	C	6.54	
	<b>8</b>	Mortadela x 150 g		5.4	6.3	C	C	B		6.52	

		9	Mortadela x 150 g		5.7	6.7	C	C	B		6.52	
DIA 55	NEVER A	1	Salchicha manquera	82	15.2	16.3	C	NC	B	C	6.44	Mal olor, exudado espeso color marrón, al inicio de la salchicha
		2	Salchicha manquera		16.4	17.1	C	NC	B		6.49	
		3	Salchicha manquera		14.7	15.4	C	NC	B		6.47	
	CUART O ALM.	4	Salchicha manquera		9.5	12.9	C	C	B	C	6.53	
		5	Salchicha manquera		5.9	7.4	C	C	B		6.55	
		6	Salchicha manquera		4.5	6.9	C	C	B		6.51	
	CUART O PEQ.	7	Salchicha manquera		8.5	9.1	C	C	B	C	6.61	
		8	Salchicha manquera		8.6	9.3	C	C	B		6.59	
		9	Salchicha manquera		7.5	9	C	C	B		6.53	
	NEVER A	1	Mortadela x 150 g	85	12.8	14.3	C	NC	NB	NC	6.41	Perdida de vacío, consistencia muy blanda.
		2	Mortadela x 150 g		13.4	15.4	C	NC	NB		6.4	
		3	Mortadela x 150 g		14.5	15	C	NC	NB		6.38	
	CUART O ALM.	4	Mortadela x 150 g		8.8	9.2	C	C	B	C	6.54	
		5	Mortadela x 150 g		8.5	8.9	C	C	B		6.57	



		<b>6</b>	Mortadela x 150 g		<b>9</b>	9.1	C	C	B		6.42	
	CUART O PEQ.	<b>7</b>	Mortadela x 150 g		6.5	7.4	C	C	B	C	6.54	
		<b>8</b>	Mortadela x 150 g		6.3	7.1	C	C	B		6.56	
		<b>9</b>	Mortadela x 150 g		5.2	6.5	C	C	B		6.58	

**Anexo 13.** Cambios organolépticos en los productos cárnicos, salchicha clásica, salchicha manguera y mortadela.

<b>CONVENCIONES:</b>	
Color Característico	C
Olor Característico	C
Textura buena	B
Vacío Cumple - No Cumple	C/NC



## BIBLIOGRAFÍA

3M Microbiología - Micronoticias. Placas Petrifilm® en Norma Mexicana para la Industria Láctea, Bacterias Ácido lácticas, Ficha coleccionable: Placa Petrifilm® para recuento de Aerobios. 2006. 8 p. Disponible en <http://www.chemicalcenter.com.ar/folletos/Petrifilm/3m%20placa%20recuento%20acido%20lacticas.pdf>

3M. Petrifilm™ Placas para el recuento de Aerobios AC: Guía de interpretación. s.f.

AGUIAR NOVILLO, Emilio Javier. Evaluación de Diferentes Niveles de Jugo de Pimiento, como Antioxidante Natural en la Elaboración de Salchicha de Pollo. 2012. Tesis de Licenciatura. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2091/1/27T0137.pdf>

BUELVAS SALGADO, Gustavo Andrés. Desarrollo y validación de modelos matemáticos predictivos del crecimiento microbiano para estimación de la vida útil en jamón lonchado empacado al vacío, Medellín, 2013, 121 p. Trabajo de grado (Doctora en Veterinaria) Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería y Alimentos. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11821/1/1102818959.2013.pdf>

CABEZA-HERRERA, E. A. Alteración microbiana de los productos cárnicos cocidos durante su almacenamiento a refrigeración. Alimentación, Equipos y Tecnología, 2006, vol. 25, no 208, p. 57-61

CAICEDO LIZETH. Desarrollo de modelos matemáticos predictivos, para la estimación de vida útil en derivados cárnicos procesados de la cooperativa Colanta,

Pamplona, 2016, 80 p. Trabajo de grado (Microbiología) Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Básicas.

CARNES ROJAS. Disponible en [www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/10%20carnes%20rojas.pdf](http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/10%20carnes%20rojas.pdf)

COORDINADORA ASEGURAMIENTO de Calidad. Mac Pollo. Sistema H.A.C.C.P. Planta Productos Cárnicos. 2017.

CARRANZA Arturo. Métodos de conservación en carne. [En línea]. 2015 Disponible en <http://conservacionfisicayquimicaencarne.blogspot.com.co/2015/03/metodos-fisicos-y-quimicos-de-la-carne.html>

CAYRÉ, María E.; VIGNOLO, Graciela M.; GARRO, Oscar A. Selección de un modelo primario para describir la curva de crecimiento de bacterias lácticas y *Brochothrix thermosphacta* sobre emulsiones cárnicas cocidas. Información tecnológica, 2007, vol. 18, no 3, p. 23-29.

DANTIGNY, Philippe; BENSOUSSAN, Maurice. The logarithmic transformation should be avoided for stabilising the variance of mould growth rate. International journal of food microbiology, 2008, vol. 121, no 2, p. 225-228.

EDUARDO, Agatângelo Joaquim dos Santos; MORA VENTURA, María Teresa; QUINTO FERNÁNDEZ, Emiliano. Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. Universitat Autònoma de Barcelona. 2008. p. 282.

Fichas Técnicas. Procesados de Carnes. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-au165s.pdf>

FLEET, Graham H. Microorganisms in food ecosystems. International journal of food microbiology, 1999, vol. 50, no 1, p. 101-117.

GARCÍA IGLESIAS, Esther; GAGO CABEZAS, Lara; FERNÁNDEZ NUEVO, José Luis. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. J. de la Sota. Madrid, CEIM, 2006, p. 53-55. Disponible en <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001697.pdf>

GONZÁLEZ, María Isabel; MESA, César Augusto; QUINTERO, Oscar Albeiro. Estimación de la vida útil de almacenamiento de carne de res y de cerdo con diferente contenido graso. Vitae, 2014, vol. 21, no 3. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v21n3/v21n3a05.pdf>. 10 p.

GRAM, Lone, et al. Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. International journal of food microbiology, 2002, vol. 78, no 1, p. 79-97.

GUTIÉRREZ BARBERE, Myriam Evelyn. Modelos sugeridos como herramientas para la microbiología predictiva en la industria de los alimentos”. Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Maestría en Gestión de la Calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos. Guatemala, 2011, p. 13.

LÓPEZ HERNÁNDEZ, Luis Humberto; BRAÑA VARELA, Diego; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Isabel. Estimación de la vida de anaquel de la carne. 2013. Disponible en [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4131/FISIO\\_010106304500050127.pdf;sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4131/FISIO_010106304500050127.pdf;sequence=1)

MAC POLLO. Nuestra Misión, Visión y Valores Disponible en: <http://www.macpollo.com.co/content/quienes-somos-0>

MARTÍNEZ GARCÍA, Katherine. Aplicaciones de la microbiología predictiva en la industria alimentaria. 2016. Disponible en <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/3186/Aplicaciones%20de%20la%20Microbiologia%20Predictiva%20en%20la%20Industria%20Alimentaria.pdf?sequence=1>

MATARAGAS, M., DIMITRIOU, V., SKANDAMIS, P.N., DROSINOS, E.H. Quantifying the spoilage and shelf-life of yoghurt with fruits. *Food Microbiology*, 2011, vol. 28, no 3, p. 611-616.

MATEO, J.; ANTIDUELO, A.; ZUMALACÁRREGUI, J. M<sup>a</sup>. Proceso de elaboración de la morcilla de León: Una morcilla de cebolla. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 2005, vol. 24, no 200, p. 44-48.

MCMEEKIN, T. A.; ROSS, T. Predictive microbiology: providing a knowledge-based framework for change management. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, vol. 78, no 1, p. 133-153

MICROBIOLOGÍA DE Los Alimentos. Disponible en [agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/.../04/Material-extra-Teórico-11.docx](http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/.../04/Material-extra-Teórico-11.docx)

MORA PEÑAFLORES, Nancy; GARCÍA GUERRERO, Andrés. Susceptibilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos. 2007. Disponible en <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Susceptibilidad%20de%20bacterias%20acido%20lacticas.pdf>

NAVAS BAUTISTA, Luisa Fernanda, et al. Gestión de las actividades de bienestar y salud ocupacional en las granjas reproductoras y de engorde de la empresa Avidesa mac pollo SA. 2014. Disponible en

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1568/digital\\_21600.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1568/digital_21600.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PAZMIÑO, Diana; ESCUDERO, Micaela; GRIJALVA, Nubia. Diversidad microbiana asociada a la chicha de arroz: una bebida tradicional de Bolívar-Ecuador. Enfoque UTE, 2014, vol. 5, no 3, p. pp. 1-14. Disponible en [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5045/1/54283\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5045/1/54283_1.pdf)

ROSS, T. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. Journal of applied microbiology, 1996, vol. 81, no 5, p. 501-508.

RUBIANO, C, Aislamiento y caracterización de microorganismos termofilicos anerobicos lipoliticos, proteolíticos y amiloliticos de manantiales terminerales de Paipa e Iza, Bogotá, 2006, 5 p. Trabajo de grado (Microbiología Industrial) Universidad pontificia Javeriana.

SAMELIS, J., et al. Evaluation of the extent and type of bacterial contamination at different stages of processing of cooked ham. Journal of Applied Microbiology, 1998, vol. 84, no 4, p. 649-660.