

**FORMULACIONES DE CHORIZOS OBTENIDAS A PARTIR DE UNA
APLICACIÓN INFORMÁTICA Y SU EVALUACIÓN TEXTURAL**



**CARLOS MARIO MERCADO MEZA
CARLOS ANDRÉS SÁNCHEZ MERCADO**

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERÁSTEGUI**

2016

**FORMULACIONES DE CHORIZOS OBTENIDAS A PARTIR DE UNA
APLICACIÓN INFORMÁTICA Y SU EVALUACIÓN TEXTURAL**

**CARLOS MARIO MERCADO MEZA
CARLOS ANDRÉS SÁNCHEZ MERCADO**

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de tesis, como parte de los requisitos
para optar al título de ingeniero de alimentos**

**DIRECTOR
EMIRO LÓPEZ ACOSTA I.A. M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

BERÁSTEGUI

2016

El jurado calificador de esta investigación no será responsable de las ideas emitidas por los autores (artículo 46, acuerdo 006 de mayo 29 de 1979, consejo superior)

Nota de aceptación:

Pedro Romero Barragán

Ramiro Torres Gallo

Berástegui, 3 de mayo del 2016

DEDICATORIA

Primeramente agradecer a Dios por esta maravillosa vida y permitirme llegar a este momento tan importante.

A mis padres Elsa del Carmen Anaya Mercado y Edgar Sánchez Celis por darme la vida y afecto y enseñarme valores que me hicieron el hombre que soy hoy en día, además por brindarme todo su apoyo tanto económico, como de ánimos y de superación.

A mis hermanos que siempre estuvieron pendientes de mis progresos en esta investigación y me aportaron fuerzas para continuar

A mi novia quien me apoyo siempre y nunca perdió la fe en mí y en este proyecto, brindándome buenos consejos y dándome esa luz de esperanza en los momentos más difíciles; siendo pilar fundamental de mi vida.

A mi amigo y compañero de tesis el cual considero que sin sus conocimientos y aportes no podríamos haber terminado tan maravillosa investigación y por último a mis amigos de la infancia los cuales fueron también fuente de apoyo y de motivos por lo cual decidí seguir adelante con este proyecto.

CARLOS ANDRÉS SÁNCHEZ MERCADO

DEDICATORIA

Dedico esta investigación:

Primeramente a Dios, por estar presente en cada una de mis decisiones, por fortalecer mi espíritu y llenarme de confianza.

A mis padres Betty Meza Montes y Donaldo Mercado Vergara por el apoyo incondicional, educación y amor que siempre mostraron.

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre me animaron por seguir adelante y superar aquellas circunstancias adversas del camino.

A mi abuela, que en el cielo está; sé que se estará llena de orgullo y alegría

CARLOS MARIO MERCADO MEZA

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a todos los que hicieron posible la culminación de esta investigación:

A la Universidad de Córdoba en especial al programa de ingeniería de alimentos, a nuestro director de tesis, al el director de la planta piloto por facilitarnos las instalaciones con sus respectivos equipos, al director del laboratorio de investigación de ingeniería aplicada por facilitarnos las instalaciones con sus respectivos equipos, a los auxiliares de laboratorios, técnicos y empleados que nos acompañaron y colaboraron.

TABLA DE CONTENIDO

N°	CONTENIDO	Pág.
	RESUMEN	13
	ABSTRACT	14
1.	INTRODUCCION	15
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1	ANTECEDENTES	17
2.2	CARNE	19
2.3	PRODUCTOS CARNICOS PROCESADOS (PCP)	19
2.4	EMBUTIDOS	19
2.5	MATERIAS PRIMAS	20
2.5.1	Sal	20
2.5.2	Nitratos y nitritos	20
2.5.3	Humo liquido	20
2.5.4	Fosfatos	20
2.5.5	Proteínas	20
2.5.6	Grasa	20
2.5.7	Almidones	21
2.5.8	Colorantes	21
2.5.9	Edulcorantes	21
2.5.10	Ascorbatos y eritorbatos	21
2.5.11	Ácidos orgánicos	21
2.5.12	Potenciadores de sabor	21
2.6	FORMULACION DE DERIVADOS CARNICOS	22
2.6.1	Índice de humedad / proteína (H/P)	22
2.6.1.1	Capacidad de retención de agua	22
2.6.2	Índice grasa / proteína (g/P)	22
2.6.2.1	Capacidad de emulsión	22
2.6.3	Balance de agua	23
2.7	PROGRAMACION	23
2.7.1	Programación modular	23
2.7.1.1	Visual Basic para aplicaciones (VBA)	23
2.7.2	PROGRAMA	23
2.8	OPTIMIZACION	24
2.8.1	Programación lineal	24

2.9	ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA	24
3	DISEÑO METODOLOGICO	25
3.1	TIPO DE INVESTIGACION	25
3.2	UNIVERSO Y LOCALIZACION	25
3.3	VARIABLES	25
3.3.1	Variables independientes	25
3.3.2	Variables dependientes	25
3.4	MATERIALES Y EQUIPOS	26
3.4.1	Materiales	26
3.4.2	Equipos	26
3.5	ANALISIS Y DISEÑO DEL PROGRAMA	26
3.6	REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA	26
3.6.1	SISTEMA DE OPERACIÓN	27
3.6.2	ALIMENTACIÓN DEL PROGRAMA	27
	Fichas técnicas y precios	27
	Restricciones e indicadores	27
	Modelos matemáticos	28
3.7	PROGRAMACION Y DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA USUARIO	28
3.8	ELABORACION DE DERIVADOS CARNICOS	28
3.9	ENSAYOS REALIZADOS AL PRODUCTO TERMINADO	29
3.9.1	DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE TEXTURA (TPA)	29
3.9.2	DETERMINACIÓN DE CRA Y ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN	30
3.9.2.1	Capacidad de retención de agua (CRA)	30
3.9.2.2	Estabilidad de la emulsión (rendimiento)	30
3.10	DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES EN LA TEXTURA DE LOS CHORIZOS	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	32
4.1	ELABORACIÓN DEL APLICATIVO INFORMÁTICO	32
	FORMULARIO 1	32
	FORMULARIO 2	33
	FORMULARIO 3	33
	FORMULARIO 4	34
	FORMULARIO 5	36
	FORMULARIO 6, 7 Y 8	36
	FORMULARIO 9	37
4.2	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN	39
4.3	ANALISIS DE TEXTURA (TPA)	41
5.	CONCLUSIONES	43
6.	RECOMENDACIONES	44
7.	BIBLIOGRAFIA	45
8.	ANEXOS	49

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.	formulaciones de chorizo estándar	Pág. 29
TABLA 2.	valores de capacidad de retención de agua y estabilidad	40
TABLA 3.	Valores del análisis del perfil de textura	41

LISTADO DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Formulario inicial	32
Figura 2.	Formulario de verificación y carga	33
Figura 3.	Formulario principal	34
Figura 4.	Formulario de formulación	34
Figura 5.	Formulario de modificación de restricciones	36
Figura 6.	Formulario de restricciones	36
Figura 7.	Formulario de modificación de insumo	37
Figura 8.	Activación del botón modificar insumo	38
Figura 9.	Activación del botón nuevo insumo	38
Figura 10.	Activación del botón eliminar insumo	39

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Composición general de la carne	49
Anexo 2. Algunas ecuaciones fundamentales	49
Anexo 3. Algunos códigos fundamentales	51
Anexo 4. Elaboración del producto	54
Anexo 5. Pruebas realizadas a las formulaciones	55
Anexo 6. Análisis estadístico de CRA	56
Anexo 7. Análisis estadístico de estabilidad	57
Anexo 8. Análisis estadístico de textura	58

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la textura de diferentes formulaciones de chorizos obtenidas a partir de un software formulador, para lo cual se diseñó y desarrolló un aplicativo informático del cual se obtuvieron tres formulaciones estándar variando únicamente el componente cárnico; siendo el tratamiento 1 la formulación mixta de cerdo / res, el tratamiento 2 solo res, solo cerdo el tratamiento 3 y una formulación estándar comercial como tratamiento 4, se realizó un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones por tratamientos para determinar si existían diferencias significativas, en caso de existir diferencias se realizó un test de Fisher para determinar cuáles de las medias de los tratamientos eran diferentes entre sí, para determinar la capacidad de retención de agua se utilizó el método establecido por Cañeque y Sañudo (2005), la estabilidad se determinó mediante método utilizado por Ramos y colaboradores (2004) y la textura se determinó mediante un TPA. Los resultados obtenidos de capacidad de retención de agua (CRA) y estabilidad mostraron diferencias significativas entre todas las medias de los tratamientos, siendo el tratamiento 2 el que presentó mejor comportamiento con una retención de agua del 86,51% y una estabilidad del 98,75%, los resultados del TPA no mostraron diferencias significativas en cuanto a cohesividad, gomosidad, masticabilidad y elasticidad, solo el parámetro de dureza presentó diferencias significativas, específicamente el tratamiento 4 el cual según el test de Fisher difiere de todos los demás; presentando el comportamiento más bajo en dureza con 55,10 N.

Palabras clave: formulación, aplicativo, estabilidad, TPA, cohesividad, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, dureza.

ABSTRACT

This research was conducted in order to evaluate the texture of different formulations of sausages obtained from a formulator software, for which it was designed and developed a computer application which three standard formulations were obtained by varying only the meat component; treatment 1 being mixed formulation pork / beef, treatment 2 only beef, pork single treatment 3 and a standard commercial formulation as treatment 4, a completely randomized design was performed with 4 replicates per treatment to determine if there were significant differences, if any differences Fisher test was performed to determine which of the treatment means were different, to determine the method established by water holding capacity Cañeque and Sanudo (2005) was used, stability is determined by the method used by Ramos et al. (2004) and the texture was determined by a TPA. The results obtained from water holding capacity (CRA) and stability showed significant differences between all treatment means being treatment 2 which showed better performance with a water holding of 86.51% and 98.75% stability, the results of TPA they showed no significant differences in cohesiveness, gumminess, chewiness and springiness, hardness parameter only significant differences, specifically treatment 4 which according to the Fisher test differs from all others; presenting the lowest performance in hardness 55.10 N.

Keywords: formulation, application, stability, TPA, cohesiveness, gumminess, chewiness, elasticity, hardness.

1. INTRODUCCIÓN

El mercado del sector cárnico, tiene un comportamiento acorde con las tendencias mundiales de la industria de alimentos, siendo la más importante de ellas, la tendencia saludable; ya que los consumidores se preocupan cada vez más por el consumo de alimentos naturales y que contribuyan a su bienestar (Vanegas 2009).

A nivel mundial los derivados cárnicos, han ido evolucionando de acuerdo con las políticas y normativas mundiales con respecto a, salud y nutrición que establecen diferentes lineamientos para la producción de alimentos, orientados a hacerlos más seguros para los consumidores (Arias 2012). Por todo esto en la actualidad la industria está haciendo el trabajo de cambiar y generar propuestas de productos que, desde su diseño están concebidos para ser más saludables, controlando la cantidad de grasa presente en éstos e igualmente logrando la disminución de los niveles de sodio, donde se han logrado reducciones del 25% y 50% sin afectar las características funcionales y organolépticas finales del producto y con matrices que sean más aptas para adicionar nutrientes y otros ingredientes que además de nutritivos ofrecen beneficios para la salud de los consumidores (Restrepo 2013).

Todas estas tendencias saludables, así como el desarrollo de productos económicos, afectan la textura y la hacen cada vez más compleja de definir y alcanzar, por lo que la texturización de los alimentos se convierte en una oportunidad y a la vez en un desafío para los diseñadores de alimentos (Arias 2012) y (Vanegas 2011).

Debido a esto se logra evidenciar que la textura es un aspecto fundamental en los derivados cárnicos ya que incide en la experiencia sensorial del consumidor y además es el punto de partida para el diseño y desarrollo de los productos. El análisis de los datos reológicos es información importante para caracterizar productos de referencia en el mercado, definir el estado del producto en desarrollo, establecer parámetros de control de calidad y constituirse en fuente primaria de consulta para futuros desarrollos.

El desarrollo de esta investigación estaba orientado a la caracterización textural (TPA, CRA y estabilidad) de chorizos obtenidos a partir de un software formulador para ello se planteó una metodología de cuatro etapas; la primera consistió en el Desarrollo del programa por medio de recolección y alimentación de datos de materias primas, de algoritmos, ecuaciones, restricciones, indicadores de calidad y desarrollo de interfaz gráfica de usuario (IGU), pasando a la segunda etapa con la elaboración de los productos cárnicos procesados de acuerdo con la metodología usada por Martínez y Arrieta (2013), Ordoñez y Patiño (2012) a partir de las formulaciones dadas por el aplicativo, para luego dar paso a la tercera etapa con ensayos realizados a los productos como análisis del perfil de textura (TPA) de acuerdo al método utilizado por Gonzales et al. (2012), capacidad de retención de agua (CRA) de acuerdo al método de Cañeque y Sañudo (2005), estabilidad de acuerdo al método utilizado por Ramos y colaboradores (2004), siendo la última etapa la de determinación de la influencia de las diferentes formulaciones en la textura, por medio de un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (tratamiento 1 la formulación mixta de cerdo / res, el tratamiento 2 solo res, solo cerdo el tratamiento 3 y una formulación estándar comercial como tratamiento 4), en caso de existir diferencias se realizó un test de Fisher para determinar cuáles de las medias de los tratamientos eran diferentes entre sí.

En el presente trabajo se presentaron los resultados de las diferentes formulaciones y comparadas con una formulación estándar comercial, siendo el tratamiento 2 el que presentó mejor comportamiento presentando una retención de agua del 86,5% y una estabilidad del 98,75%. Los resultados del TPA no mostraron diferencias significativas, exceptuando el parámetro de dureza, específicamente la formulación comercial o tratamiento 4, el cual según el test de Fisher difiere de los demás, presentando el comportamiento más bajo de dureza con un 55,10N

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Arango y Restrepo (2000). Realizaron una investigación, la cual consistía en la aplicación de programación lineal en la formulación de un embutido de pasta fina con base en la calidad de la carne para ello se caracterizaron todas las materias primas fundamentales en términos bromatológicos y se asumieron los valores de capacidad de retención de agua y valor de ligazón reportados por otros investigadores. Posteriormente se modelaron cuatro formulaciones diferentes en las cuales no se involucrara ningún tipo de agente emulsificante diferente a la proteína de la carne, ni ningún tipo de extendedor, además se planteó que todas las formulaciones cumplieran con la Norma Técnica Colombiana, así como que todas las formulaciones tuvieran un balance de grasa y de humedad positivos como criterios de estabilidad de la emulsión. La modelación se realizó mediante Programación Lineal, con el planteamiento de la función de costos, como criterio de selección del universo de soluciones posibles.

Esta investigación arrojó como resultado que la composición de los productos cárnicos emulsificados es predecible, y controlable, a partir de la correcta caracterización composicional de las materias primas disponibles, el correcto planteamiento de la composición deseable final y el correcto cuidado en el proceso. El balance de grasa y el balance de humedad positivo, planteados a partir de las características industriales de la carne Capacidad de Retención de Agua y Valor de Ligazón y, del agua y grasa total, son índices adecuados para predecir la estabilidad de las emulsiones cárnicas que influyen en la apariencia del producto final.

Las herramientas que provee la Programación Lineal son compatibles con el planteamiento de un modelo para la formulación de un producto cárnico de pasta fina.

Cabrales y Herrera (2010). Efectuaron una investigación que consistía en la creación de un software basado en HTML, PHP Y JavaScript que permitiera formular productos cárnicos alojado en la web con la modalidad cliente - servidor para que este fuera de carácter multiusuario, la aplicación debería calcular las formulaciones para productos como hamburguesas, chorizos, butifarras, salchichones, salchichas, entre otros y además este debería calcular los costos de producción y arrojar información sobre la forma de elaboración y maquinaria necesaria.

Esta investigación arrojó como resultado la obtención de un software que funciona bajo una arquitectura cliente – servidor y bajo un acceso masivo multiusuario. Para poner en marcha el programa solo basta con digitar la cantidad de carne a utilizar en Kg, y este arroja la formulación del producto seleccionado, da acceso a la digitación de la base de datos cuantificable como costos de materias primas, arroja costos de producción general, el programa permite obtener información sobre la forma de elaboración y diagramas de flujo de productos, maquinarias, información general de aditivos, entre otros datos importantes.

Acevedo y colaboradores (2014). Desarrollaron un estudio para caracterizar las propiedades fisicoquímicas, textura y calidad microbiológica de butifarra comercializada en la calle y en supermercados en la ciudad de Cartagena (Colombia) ya que la venta de alimentos callejeros en América Latina y el Caribe constituye un fenómeno que reviste gran importancia sociocultural, económica y sanitaria para la región, lo que ameritaba un estudio como este. Se realizaron análisis proximales, microbiológicos y texturales a 30 muestras provenientes de supermercados, mercado de Bazurto y venta callejera, ubicados en la ciudad de Cartagena.

Esta investigación dejó como resultados que dependiendo la procedencia así es la composición, textura y calidad microbiológica de la butifarra. La comercializada en supermercado fue la que presentó mayor contenido de proteína y menor de carbohidrato. Solo las butifarras vendidas en supermercado cumplen con la calidad premium de acuerdo a su contenido fisicoquímico, y además son las únicas que cumplen con los requisitos microbiológicos expuestos en la Norma Técnica Colombiana. Las butifarras evaluadas poseen un perfil de textura similar a los reportados por otros autores para este tipo de productos.

Estas diferencias son debidas a las desiguales cantidades de carne y grasa utilizadas, y diferencias de carbohidratos adicionadas a la formulación para cada producto, siendo este mayor en los productos de venta libre. En cuanto a los análisis microbiológicos la butifarra comercializada en supermercado fue la única que se encontró dentro del rango de permisibilidad para consumo en Colombia según la NTC 1325 de 2008.

2.2 CARNE

Es la parte muscular y tejidos blandos que rodean al esqueleto de los animales de las diferentes especies, incluyendo su cobertura de grasa, tendones, vasos, nervios, aponeurosis y que ha sido declarada inocua y apta para el consumo humano (NTC 1325 2008).

Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad. La carne es rica en vitamina B12 y hierro, los cuales no están fácilmente disponibles en las dietas vegetarianas (FAO 2007). Ver composición de la carne en anexos (Anexo 1).

2.3 PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS (PCP)

Los PCP son Productos compuestos principalmente por carne, grasa, vísceras u otros subproductos de origen animal comestibles provenientes de animales de abasto, con adición o no de aditivos y especias, sometido a procesos tecnológicos adecuados (NTC 1325 2008).

2.4 EMBUTIDOS

Un embutido es un alimento que se prepara con carne picada y condimentada, dándole normalmente una forma simétrica. Los embutidos se les denominaba inicialmente salsus que significa salada o literalmente, carne conservada por salazón siendo los romanos los que introdujeran el termino in buttis. La elaboración de embutidos comenzó con el

simple proceso de salado y secado de la carne. Esto se hacía para conservar la carne fresca que no podía consumirse inmediatamente. (Ordoñez y Patiño 2012).

2.5 MATERIAS PRIMAS

2.5.1 Sal: es utilizada para resaltar sabores, mejorar la vida útil y generar texturas específicas de acuerdo con la naturaleza de los sistemas. En la actualidad la industria busca disminuir el uso de esta debido a que el sodio está relacionado con problemas de salud como la hipertensión. (Arias 2012)

2.5.2 Nitratos y nitritos: se emplea para curar la carne, contribuye en la estabilidad y seguridad del producto; es el verdadero responsable del color característico de los embutidos. Participa en el desarrollo del sabor y aroma y en el control de bacterias patógenas y alterantes como la clostridium botulinum que podrían desarrollarse en el producto. (Restrepo 2012)

2.5.3 Humo líquido: tienen un papel muy importante en la formación de la piel o corteza de los productos al interactuar con las proteínas cárnicas, también ayuda fuertemente con la conservación antimicrobiana cuando el humo es aplicado en el exterior de los derivados cárnicos, aporta un sabor y un color característico. (Restrepo 2012)

2.5.4 Fosfatos: Aumentan el poder de ligamento de las partículas de proteína de la carne, también facilitan la distribución de la grasa en toda la masa, evitando la separación y escurrimiento (Pulla 2010).

2.5.5 Proteínas: Se incluyen como retenedores de humedad a la formulación. Aportan dureza, cohesividad, elasticidad y mordida cárnica, también mantienen el color de la carne, Incrementan el aporte nutricional y el sabor de las formulaciones (Patiño 2013).

2.5.6 Grasa: aporta sabor, da textura, sensación de jugosidad, suavidad y constituye la fase dispersa emulsión (Ramírez 2009).

2.5.7 Almidones: almidones son empleados principalmente para modificar o generar viscosidad a través de su capacidad de ligazón como agentes texturizantes, en el aspecto sensorial (sabor, textura, jugosidad, color), además de mejorar el rendimiento y su costo reducido (Ordoñez y Patiño 2012).

2.5.8 Colorantes: naturales y/o artificiales, mejorar la apariencia del producto aportan tonalidades atractivas al consumidor. (Shikamoto y Bjeldanes 2014)

2.5.9 Edulcorantes: Enmascara o suaviza el sabor de la sal y de los nitritos, facilita la penetración de la sal en las fibras musculares, por su acción reductora favorece la formación del color y de la consistencia en el curado y la reducción de nitratos a nitritos (Pulla 2010).

2.5.10 Ascorbatos y eritorbatos: Estos dos aditivos trabajan tanto para acelerar las reacciones de curado, disminuyendo de esa manera el tiempo de elaboración, como para proteger el color y sabor de la carne curada terminada, en los productos embutidos retardan el desarrollo posterior de descoloramiento y pérdida del sabor (Ordoñez y Patiño 2012).

2.5.11 Ácidos orgánicos: En la actualidad se están utilizando tipos de conservantes más naturales, como los derivados del ácido láctico (lactato sódico y lactato potásico). Estos compuestos, tienen la capacidad de reducir la actividad de agua del producto, además de tener propiedades antimicrobianas contra bacterias patogénicas como *E. coli*, *C. botulinum*, *L. monocytogenes*. (Freixanet 2010)

2.5.12 Potenciadores de sabor: Los potenciadores del sabor son sustancias que, sin modificar el sabor propio del producto, exaltan la percepción olfato-gustativa de este sabor. Actúan directamente sobre las terminaciones nerviosas haciéndolas especialmente sensibles a los sabores, por otro lado se sabe que no tienen efecto alguno sobre los cuatro sabores de base (Dulce, salado, ácido y amargo). (Freixanet 2010)

2.6 FORMULACIÓN DE DERIVADOS CÁRNICOS

Herramienta que por medio del conocimiento previo de las composiciones de las materias primas y aditivos y sabiendo la participación o interacción de estos al mezclarse, permite la elaboración de productos cárnicos con características organolépticas y fisicoquímicas deseadas, determinando las cantidades exactas de cada uno de sus ingredientes.

2.6.1 Índice humedad / proteína (H/P): Este índice está relacionado con la textura, con la mordida del producto.

2.6.1.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se define como la habilidad que tiene la carne para retener el agua propia y añadida cuando se le somete a un esfuerzo mecánico. Esta propiedad se relaciona con las características de jugosidad, color, y terneza de la carne fresca, así como con el rendimiento en productos cocidos. El pH, la estabilidad oxidativa, el tipo de carne así como la presencia de sales y otros aditivos pueden potenciar o reducir los valores de CRA; a un pH de 5.5 el valor de CRA es mínimo y alcanza un máximo a valores de pH cercanos a la neutralidad.(Pérez y Ponce 2013)

2.6.2 Índice grasa / proteína (G/P): Este índice está relacionado con la jugosidad, la succulencia y la estabilidad de las emulsiones.

2.6.2.1 Capacidad de emulsificación (CE)

Esta propiedad funcional se define como la cantidad de grasa que se puede emulsionar por gramo de carne. Esta característica es importante para evaluar la aptitud tecnológica de la carne destinada a la elaboración de productos de pasta fina como salchichas. La CE disminuye en el punto isoeléctrico (pH= 5.5) de las proteínas miofibrilares y aumenta a valores de pH cercanos a la neutralidad. (Pérez y Ponce 2013)

2.6.3 Balance de agua

Este índice está relacionado con la forma en que esta retenida el agua en la mezcla y dependiendo de su valor nos advierte si se está excediendo en la cantidad de agua o por el contrario si se debe adicionar aún más.

2.7 PROGRAMACIÓN

Consiste en dar una serie de instrucciones a un ordenador el cual las ejecutara en orden hasta dar por finalizada la tarea, en otras palabras es decir al ordenador lo que queremos que haga por nosotros (Prieto 2014).

2.7.1 Programación modular

Es una metodología de desarrollo de software flexible, el programa se divide en unidades, denominadas módulos, y que corresponden a un conjunto de procedimientos y de datos relacionados entre sí, al unir todos estos módulos obtenemos el programa que deseamos (Joyanes 2013).

2.7.1.1 Visual Basic para aplicaciones (VBA)

Visual Basic es un ambiente gráfico de desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Microsoft Windows. Las aplicaciones creadas con Visual Basic están basadas en objetos y permite crear la interfaz de usuario utilizando formularios y controles a los cuales se les puede escribir código para definir el comportamiento de una aplicación (Vanegas 2011).

2.7.2 PROGRAMA

Conjunto de instrucciones detalladas que coordinan y controlan el hardware de una computadora (Joyanes 2013).

2.8 OPTIMIZACIÓN

Estudio de la maximización o minimización de una función problema (Úbeda 2011).

2.8.1 Programación lineal: son un conjunto de técnicas matemáticas que dan solución óptima (maximizar o minimizar) a un problema, sujeto a una serie de restricciones, o recursos limitados (González 2010). El programa utilizó la herramienta Solver para optimizar la formulación al mínimo costo.

2.9 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA

El análisis de perfil de textura es un procedimiento instrumental que permite medir, cuantificar y desarrollar parámetros relacionados con la textura, la magnitud de estos parámetros estará ligada por las variables introducidas en las mediciones como tasa de deformación. Esta prueba consiste en una doble compresión en las cuales se someten muestras de productos del 80 al 90% de su altura inicial lo cual resulta casi siempre en la ruptura del alimento (Alvarado 2006).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de carácter descriptivo y experimental.

3.2 UNIVERSO Y LOCALIZACIÓN

Esta investigación se llevó a cabo en la planta piloto de la Universidad de Córdoba ubicada en el corregimiento de Berástegui, municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba, Colombia; con una temperatura promedio de 29°C, humedad relativa 80% y 20 m.s.n.m.; situada geográficamente en las coordenadas 8° 40' 26'' de latitud Norte y 75° 46' 44'' de latitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

3.3. VARIABLES

3.3.1 Variables Independientes: Indicadores calidad (P/G, P/H), restricciones de composición de ingredientes.

3.3.2 Variables Dependientes: cantidad de ingredientes, costos totales. Textura, capacidad de retención de agua, estabilidad de la emulsión.

3.4 MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.1 Materiales: la materia prima cárnica y vegetal fue adquirida en el mercado de la ciudad de Cerete , sales, polifosfatos, eritorbatos, proteína texturizada y/o aislada, condimentos, especias, colorantes, humo líquido, tripas artificiales, plástico termo – encogibles fueron adquiridos de proveedores como Tecnas, Griffith y Jacobsen.

3.4.2 Equipos: Balanzas digitales, mesas de acero inoxidable, molino marca Javar, embutidora manual marca la Felsinea, empacadora al vacío, termómetros, estufa eléctrica, texturómetro EZ Test, prensa mariposa fueron facilitados por la universidad de Cordoba.

3.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROGRAMA

Se decidió desarrollar el programa a través de la implementación del paradigma modular, con el cual se llega a la solución principal a través de la subdivisión del mismo en etapas más simples. El lenguaje de programación utilizado fue el de visual Basic para aplicaciones de Excel, además se decidió que la interfaz gráfica usuario (IGU), fuese de fácil manejo e intuitiva para quien utilizara el programa, aprovechando un formulario principal del cual se desprendieran otros secundarios; y que cada formulario contara con características y elementos particulares como botones, listas desplegadas, casillas de texto y cajas de contenido de texto y mensajes de ayuda y error.

3.6 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA

Partiendo de lo decidido en la etapa anterior se procedió al proceso de especificación de requerimientos y programación, mediante la utilización de líneas de código y así materializar lo planificado.

3.6.1 SISTEMA DE OPERACIÓN

El programa fue diseñado de tal manera que debe contar con un sistema operativo para su funcionamiento de acuerdo a las siguientes características mínimas: Sistema operativo Windows, Microsoft Excel 2013, procesador: 1.83 GHz, memoria instalada (RAM) de 2 GB o superior, sistema operativo de 32 bits y/o 64 bits.

3.6.2 ALIMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Para que el programa pudiera entrar funcionamiento debió ser alimentado con los siguientes datos:

a. Fichas técnicas y precios

La aplicación requirió de una base de datos de ingredientes con su respectiva composición proximal y precios de comercialización para lo cual se contactó a diferentes proveedores para la obtención de fichas técnicas y precios de las diferentes materias primas e insumos necesarios para la elaboración de derivados cárnicos.

b. Restricciones e indicadores

El programa necesitó tener unas restricciones e indicadores que serán utilizados por este como guía o referente. Por lo cual se tomaron índices obtenidos de investigaciones previas, y restricciones de aditivos y de composición provenientes de la normatividad vigente del país. Entre estos se tiene el índice H/P el cual es un indicativo que relaciona la mordida en los productos cárnicos procesados y que se obtiene de la división entre la humedad total y las proteínas, su valor óptimo se encuentra en un rango de entre 4 a 5 y el índice G/P que es un indicativo que se relaciona con la estabilidad de la emulsión y la jugosidad de los productos; se obtiene de la división entre la grasa total y la proteína, sus valores varían hasta un máximo de 2 (Cabral y Herrera 2010).

En cuanto a las restricciones de aditivos, conservantes se consultó en la normatividad colombiana para productos cárnicos procesados NTC 1325 DE 2008.

c. Modelos matemáticos

El programa requirió ser alimentado de una serie de ecuaciones o modelos matemáticos que son necesarios para su desarrollo y correcto funcionamiento. ver (Anexo 2).

3.7 PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA USUARIO

En esta etapa consistió en la elaboración del aplicativo como tal usando la base de datos de las materias primas, las restricciones y modelos matemáticos luego se realizó la inscripción de las líneas de código que lo hacen funcional ver (Anexo 3) y se procedió a la creación de la interfaz gráfica de usuario.

3.8 ELABORACIÓN DE DERIVADOS CÁRNICOS

Se realizó de acuerdo a la metodología usada por Martínez y Arrieta (2013) y Ordoñez y Patiño (2012) con algunas modificaciones:

Se realizó el pesaje de materia prima a partir de las formulaciones obtenidas con el aplicativo (Tabla 1), se procedió a pesar las cantidades necesarias de los ingredientes por medio de una báscula analítica, Con ayuda de un molino se redujo el diámetro de partícula de la materia prima cárnica para facilitar etapas posteriores, se continuó con el mezclado; el cual permitió la integración de cada uno de los ingredientes y así obtener una masa homogénea que ayuda a la obtención de la emulsión, se siguió con la etapa del embutido, que consistía en llenar una tripa artificial con la masa obtenida utilizando una embudidora manual, se pasó a la etapa de cocción con el objetivo de secado y cocimiento del chorizo a la temperatura adecuada; el secado se llevó a cabo en un horno con leña y la cocción se llevó a cabo con agua caliente usando una estufa a gas, controlando que el producto alcanzara una temperatura interna de 74°C a 76°C por un tiempo de 60 minutos, luego de esta etapa le siguió un choque térmico que consistió en una

disminución rápida de la temperatura del producto que salió de la cocción para así eliminar bacterias patógenas y por último la etapa de empacado: En esta etapa se introdujo el producto en películas plásticas termo encogibles con permeabilidad especial que luego fueron sometidas a un proceso de vacío para garantizar la integridad e inocuidad del producto.

Tabla 1 formulaciones de chorizo estándar

	formulación R17/C40	formulación R57/C0	formulación R0/C57
	%	%	%
Cebolla	0,3	0,3	0,3
Puerro	0,2	0,2	0,2
Carne de cerdo	40	0	57
Sabor	1,6	1,6	1,6
Carne de res	17	57	0
Sal	1,16	1,16	1,16
Tocino	11	11	11
Harina de trigo	2,6	2,6	2,6
Proteína soya	1,4	1,4	1,4
Color	0,6	0,6	0,6
Agua	17	17	17
Almidón	6,14	6,14	6,14
Humo	0,2	0,2	0,2
Fosfatos	0,5	0,5	0,5
Nitral	0,3	0,3	0,3

3.9 ENSAYOS REALIZADOS AL PRODUCTO TERMINADO

3.9.1 DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE TEXTURA (TPA)

Se realizó de acuerdo al método utilizado por Gonzales y colaboradores (2012), donde luego de obtener los chorizos se procedió a la adecuación de estos en rodajas de 1,7-2 cm de espesor. Para este análisis se utilizó un texturómetro Shimadzu EZ test haciendo uso del programa Rheometer sof. Se ajustó la compresión a una velocidad de caída de

1.0 mm/s, fuerza de compresión 33% y distancia de 8mm. El análisis de textura (elasticidad, cohesión, gomosidad, masticabilidad, dureza).

3.9.2 DETERMINACIÓN DE CRA Y ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN

3.9.2.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

Se realizó de acuerdo al método establecido por Cañeque y Sañudo (2005) con algunas modificaciones.

$$CRA = 100 - \left[\frac{\text{peso final papel filtro} - \text{peso inicial papel filtro}}{\text{peso de la muestra}} * 100 \right] \quad Ec. 1$$

Para la obtención de la muestra simplemente cortaron los chorizos obtenidos en rodajas de 2 a 3g.

El método consistió en pesar un papel filtro en una balanza analítica, se tomaron 2 a 3g de muestra, y se depositaron en el papel filtro, se colocó el papel filtro con la muestra entre dos láminas de papel aluminio y láminas de teflón, se realizó compresión con prensas mariposas durante 5min, luego se pesó el papel filtro y se realizaron los cálculos.

3.9.2.2 Estabilidad de la emulsión (rendimiento)

Se realizó de acuerdo al método utilizado por Ramos y colaboradores (2004).

$$ES = \left(\frac{W_{\text{cocido}}}{W_{\text{inicial}}} \right) * 100 \quad Ec. 2$$

El método consistió en tomar 30g de producto se introdujo en un beaker con 60 mL de agua, se sometió a un baño termos-tatizado a 70 °C, durante 30 min, se pesó la muestra luego del tratamiento y se realizaron los cálculos.

3.10 DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES EN LA TEXTURA DE LOS CHORIZOS

Para determinar si existía influencia de las diferentes formulaciones en la textura de los chorizos, se llevó cabo un diseño completamente al azar teniendo como factores tres formulaciones estándar y una formulación comercial, la variable respuesta fueron las propiedades texturales. Se llevaron a cabo 4 tratamientos por cuadruplicado para un total de 20 unidades muestrales. Para medir el efecto de los diferentes tratamientos sobre la variable de respuesta, se realizó una ANOVA para verificar la existencia o no de una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Posteriormente se realizó un test de comparación de medias mediante la prueba de Fisher con intervalo de confianza del 95% ($P < 0.05$). Los resultados se analizaron usando el software StatGraphics Centurion XV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ELABORACIÓN DEL APLICATIVO INFORMÁTICO: La interfaz de usuario quedó comprendida en nueve formularios descritos a continuación.

FORMULARIO 1

Corresponde a la ventana de acceso a la aplicación, donde se debe ingresar un usuario y una clave predeterminada por los desarrolladores, si alguno de los datos de acceso es erróneos aparecerá un mensaje advirtiendo la situación. Contiene los botones acceder y cerrar para poder salir del programa como se muestra en la Figura 1.

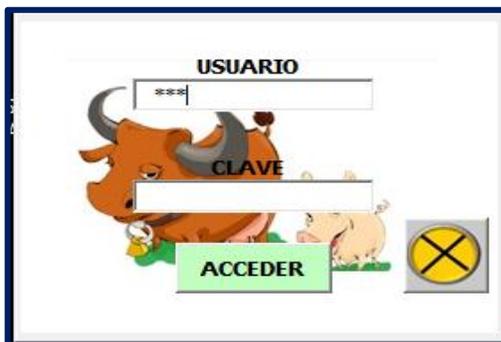
The image shows a login form titled 'FORMULARIO 1'. It features two input fields: the top one is labeled 'USUARIO' and contains the text 'usuario'; the bottom one is labeled 'CLAVE' and contains 'clave'. Below the fields are two buttons: a green button labeled 'ACCEDER' and a grey button with a yellow 'X' icon. The background of the form is a cartoon illustration of a brown bull, a pig, and a duck.

Figura 1: formulario inicial

FORMULARIO 2

Esta corresponde a una ventana que se activa una vez verificado el ingreso correcto de los datos de acceso y carga el resto de la aplicación y sus complementos, dando paso a la ventana principal como se muestra en la Figura 2.

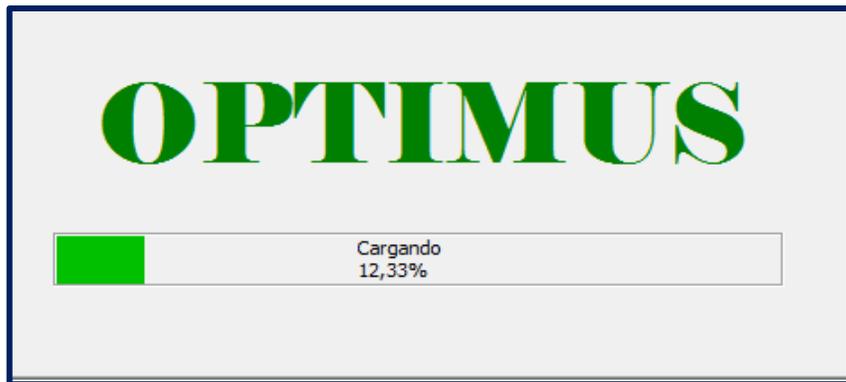


Figura 2. Formulario de verificación y carga

FORMULARIO 3

En la Figura 3 se observa la ventana principal o menú principal, compuesta de 4 botones, tres dan acceso a diferentes etapas fundamentales del proceso (formular, modificar restricción, modificar materia prima) siendo el cuarto la opción de salida del aplicativo, todos se accionan al hacer click sobre ellos.



Figura 3. Formulario principal

FORMULARIO 4

En la Figura 4 se observa Esta ventana que se desprende al hacer click en el botón formular del menú principal, está compuesta de 6 botones, tres cajas de contenido y una lista desplegable.

BACHE (KG)	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO KG	DETALLE COSTO
300	1395120,652		4650,402172	
COMPONENTE				
Agua Fria	52,00531216		2600,265608	
Almidon de Yuca (854)	1,732367011		4590,772578	
Res Ind. 80/20	90,13554907		901355,4907	
Tocino De Cerdo	33		85800	
PASTA RICARDO	0		0	
Humo Liq. Poly 8.5 (1803)	0,561499656		5093,47568	
Mezcla Polifosfatos (801)	0,54		2700	
Sal Refinada	0,0268		26,80000002	
Nitral - Sal Curante. (5700)	0,5		1055,5	
Cebolla Natural En Polvo (1)	0,9		10696,5	
Cebolla Puerro (1630)	0,6		10200	
Color Naranja Chorizoal 5%	0,072		2520	
Prep. Sabor Chorizo Ant. (?)	4,8		47951,616	
PASTA POLLO TAYSON	99		272250	
PROTEINA MAG	11,44886471		45795,45882	
Agua Fria	4,99049E-07		2,49524E-05	
Harina De Trigo 2	2,644419208		2115,535367	
Agua Fria	0,996748188		49,83740941	
HUMO JACOBSEN	0,038500344		269,5024072	
Agua Fria	0,997939154		49,89695772	

COMPOSICIÓN	
%PROTEINA CÁRNICA	9,97%
%PROTEINA NC	2,03%
%PROTEINA TOTAL	12,00%
%GRASA	21,10%
%CHOS	1,22%
%NITRITOS	0,01%
%ERITORBATO	0,00%
%FOSFATOS	0,50%
%NaCl2	1,30%
%HUMEDAD	59,01%

INDICADORES	
HUMEDAD+GRASA	80%
HUMEDAD/PROTEÍNA	4,917317564
GRASA/PROTEÍNA	1,757960013
BALANCE DE HUMEDAD	8,51968E-06

Figura 4. Formulario de formulación

- a. **Lista de ingredientes:** es una lista desplegable de los ingredientes de la base de datos del programa y que se actualiza automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo insumo, con esta se seleccionan los ingredientes deseados.

- b. **Botón ingresar:** al hacer click sobre este, se ingresa el ingrediente en la caja de formulación.

- c. **Caja de formulación:** es una caja de texto donde se muestran los ingredientes que se van adicionando, la cantidad, el costo de cada cantidad, el bache, el costo total y el costo por kg del producto. Solo se pueden ingresar un máximo de 46 ingredientes, antes de alcanzar el límite y al alcanzarlo y después de alcanzarlo aparecerá un mensaje de advertencia.

- d. **Caja de composición:** es una caja de texto donde se muestran la composición de proteínas, carbohidratos, grasa, humedad, sales y conservantes.

- e. **Caja de indicadores:** es una caja de texto donde se muestran las relaciones humedad más grasa, ICRA, ICE, balance de humedad.

- f. **Botones estándar, seleccionado, Premium :** al hacer click en alguno de estos botones, se realiza un llamado al complemento solver de Excel que automáticamente evalúa las restricciones que el programa ingresa internamente en él, y determina el costo total mínimo con el cual se obtiene un chorizo que cumple con la composición normativa y los indicadores ya mencionados, además de ello al hacer click también se desprende una lista con los ingredientes que generalmente se usan en este tipo de productos como ayuda adicional.

- g. **Botón imprimir:** al hacer click en este se crea un documento listo para imprimir, el cual contiene una tabla donde se muestra el bache, el costo total, los ingredientes y la cantidad de cada ingrediente.

- h. **Botón limpiar:** al hacer click sobre este botón borra automáticamente los datos de la caja de formulación.

FORMULARIO 5

Al hacer click en el botón modificar restricción del menú principal, se desprende una pequeña ventana que posee una lista desplegable y el botón de salida de la ventana. La lista desplegable muestra tres opciones de tipos de chorizo estándar, seleccionado y Premium como se muestra en la Figura 5.

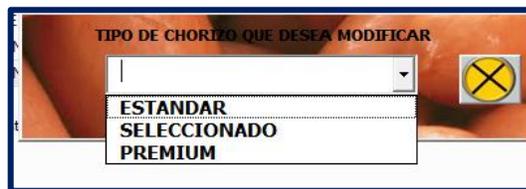


Figura 5. Formulario de modificación de restricciones

FORMULARIO 6, 7 Y 8

Estas ventanas se desprenden dependiendo de la elección que se elija en la lista desplegable del formulario 5 y en todas poseen las mismas características y funciones como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Formulario de restricciones

Están compuestas por una lista desplegable donde están una serie de restricciones preestablecidas, una lista desplegable donde se encuentran las relaciones mayor o igual, menor o igual e igual, posee una casilla de texto donde va el valor que se le asigna a la restricción.

- a. **El botón OK:** que al hacer click en el aparecerán una serie de mensajes y de acuerdo a la selección en ellos se hace la modificación de la restricción y permite salir o continuar en la ventana.

FORMULARIO 9

La figura 7 muestra la ventana que se despliega al hacer click en el botón modificar materia prima del menú principal, la cual contiene cuatro botones; modificar insumo, nuevo insumo, eliminar insumo, y el botón cerrar ventana.



Figura 7. Formulario de modificación de insumos

- a. **Botón modificar insumo:** al hacer click sobre este se deshabilitan automáticamente el botón nuevo insumo y eliminar insumo y aparecen dos lista desplegable y 12 casillas de texto donde se encuentra la composición y el precio y el botón Ok, en las listas desplegable se encuentra el ingrediente y el tipo de ingrediente; todos estos elementos se encuentran vacíos al seleccionar el ingrediente de la lista automáticamente se cargan los datos en cada casilla correspondiente, para realizar cualquier cambio solo basta con seleccionar cualquier casilla y escribir el valor que se desee en fracción. Ver Figura 8.

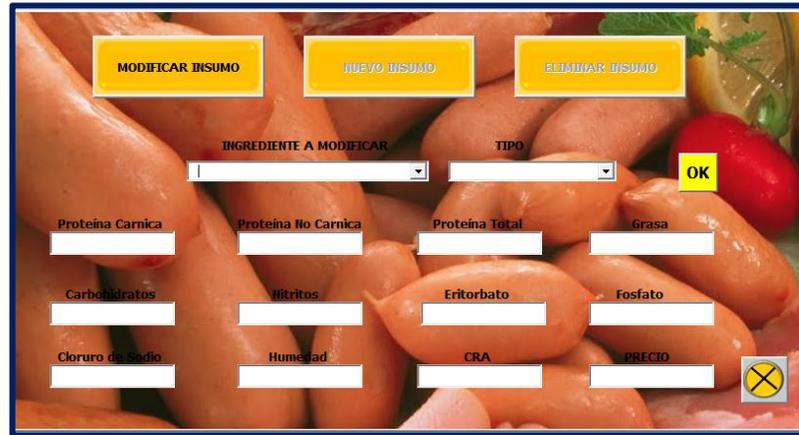


Figura 8. Activación del botón modificar insumo

- b. **Botón OK:** al hacer click en él se realiza el cambio efectuado en las casillas.
- c. **Botón nuevo insumo:** al hacer click sobre este se deshabilitan automáticamente el botón modificar insumo y eliminar insumo y aparecen una lista desplegable y 13 casillas de texto donde se ingresaran el nombre del insumo, la composición en fracción, el precio y de la lista desplegable se selecciona el tipo de materia que se ingresa, el botón OK realiza la función de ingresar el nuevo insumo a la base de datos del programa. Ver Figura 9.



Figura 9. Activación del botón nuevo insumo

- d. **Botón eliminar insumo:** al hacer click sobre este se deshabilitan automáticamente el botón modificar insumo y nuevo insumo, aparece una lista desplegable que contiene el nombre de los ingredientes de la base de datos, de la cual se selecciona el que se desea eliminar haciendo click en el, para ejecutar la acción se hace click en el botón OK y automáticamente el ingrediente desaparece de la base de datos del programa. Ver Figura 10.



Figura 10. Activación del botón eliminar insumo

4.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN

Los resultados obtenidos de capacidad de retención de agua y estabilidad de las diferentes formulaciones se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 valores de capacidad de retención de agua y estabilidad

	CRA (%)	ESTABILIDAD (%)
formulación R17/C40	83,72 ± 0,25 ^a	98,42 ± 0,18 ^a
formulación R57/C0	86,51 ± 0,25 ^b	98,75 ± 0,18 ^b
formulación R0/C57	79,56 ± 0,30 ^c	96,74 ± 0,13 ^c
Comercial pollo/res	64,39 ± 0,39 ^d	95,75 ± 0,18 ^d

Las proporciones de carne de cerdo/carne presentan una influencia significativa en la CRA y estabilidad de las emulsiones cárnicas (a un nivel de significancia del 5%) como se evidencia en la ANOVA (Anexo 6 y 7. Tabla 2). La emulsión cárnica preparada sólo con carne de res presentó una mayor capacidad de retención de agua y una mayor estabilidad, mostrando por tanto un mejor rendimiento; seguida de las preparadas con una proporción 40/70 y la preparada solo con carne de cerdo, los cuales obtuvieron mejor rendimiento que el Comercial (Tabla 2). Esto permite deducir que la carne de res presenta mejor comportamiento de CRA y estabilidad para desarrollar emulsiones cárnicas. Esto se puede explicar básicamente porque existe una mayor preponderancia que los músculos rojos tengan un mayor pH último y por ende mayor CRA. Además según reporta Onega (2003), el ganado porcino tiene mayor sensibilidad al estrés y, por lo tanto, generan carnes más exudativas que los bovinos, en los que destaca, especialmente en los machos, una cierta tendencia a producir carnes DFD (oscuras firmes y secas) .

Del comportamiento del chorizo comercial (tabla 2) se deduce que la carne mecánicamente deshuesada (CMD) de pollo presenta el peor comportamiento para desarrollar emulsiones cárnicas en cuanto a CRA y estabilidad, este comportamiento es similar al obtenido por Cori y colaboradores (2014) donde se observó que a mayor uso de CMD disminuían las fuerzas entre los enlaces internos en el alimento, al igual que Bressani (2006) reporta rendimientos del 97% con tendencia a disminuir al agregar mayor % de CMD.

Teniendo en cuenta los valores de CRA y estabilidad, todos estos resultados son aceptables ya que fueron parecidos e inclusive mejores a los reportados por Leyva - Mayorga y colaboradores (2002) donde se obtuvieron valores promedios de 69,83% de

CRA y rendimiento de 96,75%, Ramos y colaboradores (2004) reporta rendimientos del 98%, Mendieta (2014) reporta valores de rendimiento por encima del 90%.

4.3 ANÁLISIS DE TEXTURA (TPA)

Tabla 3 Valores del análisis del perfil de textura

	formulación R17/C40	Formulación R57/C0	Formulación R0/C57	Comercial pollo/res
Dureza (N)	63,97 ± 3,65 ^a	66,57 ± 3,05 ^a	62,83 ± 1,53 ^a	55,10 ± 3,51 ^b
Cohesividad	0,69 ± 0,05 ^a	0,67 ± 0,05 ^a	0,66 ± 0,09 ^a	0,72 ± 0,05 ^a
Masticabilidad (N)	40,22 ± 6,36 ^a	39,79 ± 4,35 ^a	37,92 ± 6,16 ^a	36,87 ± 5,42 ^a
Elasticidad	0,87 ± 0,03 ^a	0,88 ± 0,02 ^a	0,90 ± 0,05 ^a	0,92 ± 0,06 ^a

Las proporciones de las formulaciones a base de carne de cerdo/res y la comercial solo presentan una influencia significativa en la dureza de los chorizos (a un nivel de significancia del 5%) las demás propiedades texturales no presentaron diferencia significativa, como se evidencia en la ANOVA (Anexo 8. Tabla 3). Sin embargo, solo el chorizo comercial fue el que presento diferencias significativa con los chorizos preparados con las tres formulaciones estudiadas, las cuales no presentaron diferencia significativa entre ellas. Reportando el comercial un valor de 55,10 N siendo el valor de dureza más bajo de todos los tratamientos, lo cual se debe a la calidad de la materia prima cárnica en este caso CMD de pollo, y que puede corroborarse con investigaciones previas como Cori y colaboradores (2014) reportando valores de hasta 56 N, observándose una tendencia a la disminución de la dureza con el incremento en el contenido de CMD. Además este valor de dureza está relacionado a los resultados de CRA y estabilidad obtenida en las pruebas anteriores ya que según Hleap y Velazco (2010) la dureza puede verse afectada por cambios en el comportamiento de la CRA y el pH.

Observando los resultados obtenidos del análisis de textura en esta investigación se puede decir que estos son parecidos a los de Leyva - Mayorga y colaboradores (2002) donde reportaron valores de dureza de 52 a 73,5 N, elasticidad de 0,85 a 0,87, masticabilidad de 25,8 a 36,2 N, cohesividad de 0,56 a 0,57 para emulsiones cárnicas con bajo contenido en grasa; solo la cohesividad difiere de los valores obtenidos.

Granados y colaboradores (2013) reportaron valores de dureza de 24,06 N, elasticidad de 0,92, cohesividad de 0,77 y masticabilidad de 19,01 N para salchichas elaboradas con subproductos del atún. Los cuales están por debajo de los obtenidos en esta investigación en cuanto a dureza y masticabilidad, pero muy parecidos en cohesividad y elasticidad.

Al igual Cori y colaboradores (2014) reportaron valores de dureza hasta 56,6 N, elasticidad de 0,56, masticabilidad de 20 N, cohesividad de hasta 0,68 para salchichas de pollo y codorniz. Valores que se encuentran por debajo de los mostrados en la Tabla 3; debido al uso de CMD de pollo en sus formulaciones.

5. CONCLUSIONES

Se desarrolló un aplicativo (OPTIMUS ONE) capaz de realizar formulaciones cárnicas al mínimo costo cumpliendo con indicadores y normatividades de manera fácil, rápida y confiable, además genera productos con buenas características texturales

La carne de res presenta mejores características de CRA y estabilidad al momento de elaborar emulsiones cárnicas que la carne de cerdo y CMD de pollo.

Las emulsiones hechas a base de CMD de pollo presentan menor dureza que las elaboradas con carnes de res o de cerdo.

La dureza final de una emulsión cárnica es afectada por factores como la CRA y estabilidad de la emulsión.

Las propiedades texturales (cohesividad, gomosidad, masticabilidad y elasticidad) de las diferentes emulsiones no presentaron diferencias significativas, en cambio la dureza del chorizo comercial fue significativamente diferente al resto de los tratamientos evaluados, lo cual concuerda con investigaciones previas donde se determinó que las emulsiones hechas a base de CMD de pollo presentan menor dureza que las elaboradas con carnes de res o de cerdo.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar análisis bromatológicos a las materias primas y al producto terminado para obtener datos más exactos sobre su composición.

Se recomienda hacer estudios de pérdidas durante el proceso de elaboración y tratamientos térmicos los cuales pueden ser usados para mejorar el software posteriormente

Se recomienda hacer un análisis sensorial con panelistas entrenados para complementar con los resultados de esta investigación y así obtener mayor información al respecto de la textura de estos embutidos como afecta su aceptación o rechazo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, D., Granados, C. y Montero, P. 2014. Caracterización de propiedades fisicoquímicas, textura y calidad microbiológica de butifarra comercializada en Cartagena (Colombia). *Información tecnológica* 25 (6): 33-38.

Arias, C. E. 2012. Menos sodio en los embutidos. *Revista Ialimentos*, edición 31: 54.

Arango, C. y Restrepo, D. 2000. Aplicación de la programación lineal en la formulación de un embutido de pasta fina con base en la calidad de la carne. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 52 (2): 120 – 144.

Alvarado, M. 2006. Efecto de la adición de los derivados de *Lupinus*spp (aislado, harina y concentrado proteico) sobre las características de textura de salchichas. Tesis ingeniero Agroindustrial. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.

Bressani, G. 2006. Evaluación sensorial de una mortadela elaborada a base de diferentes niveles de inclusión de carne mecánicamente deshuesada (mdm) de pollo”. Tesis zootecnista. Universidad de Santiago de Guatemala, Guatemala.

Cabrales, M. y Herrera, T. 2010. Desarrollo de un software para el proceso de elaboración de productos cárnicos. Tesis ingeniero de alimentos. Universidad de Córdoba, Montería.

Cañeque, V. y Sañudo, C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa en los rumiantes). *Serie ganadera* 1: 106. *Ganadera* 3.

Cori, M., De Basilio, V., Figueroa, R., Rivas, N. y Martínez, S. 2014. Análisis del perfil de textura y evaluación sensorial de salchichas de pollo y codorniz. Revista facultad agronómica 40 (1): 29-36.

FAO. 2007. Meatprocessingtechnologyforsmall- tomedium-scaleproducers. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html [4diciembre 2014].

Freixanet, LL. 2010. Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de musculo entero. Metalquimia. Edición 12: 28.

Gonzales, A. 2010. Manual práctico de investigación de operaciones 3 Ed. Universidad del norte. Barranquilla. p12.

Gonzales, R., Totosaus, A., Caro, I y Mateo, J. 2012. Caracterización de propiedades químicas y fisicoquímicas de chorizos comercializados en la zona centro de México. Información tecnológica 24 (2): 3-14.

Granados, C., Guzmán, L. y Acevedo, D. 2013. Análisis Proximal, Sensorial y de Textura de Salchichas Elaboradas con Subproductos de la Industria Procesadora de Atún (*Scombridae thunnus*). Información tecnológica. 24 (6): 29-34.

Hleap, J., y Velasco, V. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Facultad de ciencias agropecuarias 8 (2): 46-56.

INVIMA. 2008. NTC 1325: Industrias Alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados (Quinta actualización).

Joyanes, L. 2013. Fundamentos generales de programación. Mcgrawhill interamericana editores s.a. México, p24- p55.

Leyva – Mayorga, M., Ramírez, J., Martín – Polo, M., Hernández, H. y Vázquez, M. 2002. Empleo de surimi liofilizado en emulsiones cárnicas con bajo contenido en grasa. *Ciencia y tecnología alimentaria* 3 (5): 288-294.

Martinez, Y. y Arrieta, B. 2013. Elaboración de chorizos de carne de res y de cerdo con adición de proteasas (bromelina). Tesis de ingeniero de alimentos. Universidad de Cartagena, Cartagena.

Mendieta, P. 2014. Optimización de Emulsiones Cárnicas a Partir de Tres Coproductos Cárnicos de Cerdo Usando Metodología de Superficie de Respuesta. Tesis ingeniero agroindustrial. Escuela agrícola panamericana de Honduras, zamorano.

Onega, M. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis de doctorado Universidad complutense de Madrid, Madrid.

Ordoñez, J. y Patiño, E. 2012. Estudio técnico para la elaboración de salchichas a partir de carne de toyo blanco y almidón modificado. Tesis de ingeniero agroindustrial. Universidad de san buenaventura, Santiago de Cali.

Patiño, G. 2013. Proteínas animales, oportunidad para desarrollo de productos innovadores. *Revista Ialimentos*. Edición 37: 16 – 19.

Perez, M. y Ponce, E. 2013. Manual de prácticas de laboratorio tecnología de carnes. Universidad autónoma metropolitana, Iztapalapa, p13-p15.

Prieto, J. 2014. Introducción a la programación. Jorge Octavio Prieto Razo (DELTA). México. p11.

Pulla, P. 2010. Procesos agroindustriales: embutidos crudos y cocidos. Universidad nacional amazónica de madre de dios. Perú. p6.

Shibamoto, T. y Bjeldanes, L. 2014. Introdução à Toxicologia dos Alimentos 2ª Ed. Elsevier. Brasil, p31-p50.

Ubeda, M. 2011. Fundamentos matemáticos para la economía. Editorial club universitario San Vicente. p44.

Restrepo, C. 2013. Embutidos: evolución y proyección de un mercado cambiante. Revista Ialimentos. Edición 34: 24.

Ramos, N., Farias, M., Almanda, C. y Crivaro, N.2004. Estabilidad de Salchichas con Hidrocoloides y Emulsificantes. Información tecnológica 15 (4): 91-94

Restrepo, C. 2012. Humo liquido en embutidos. Revista Ialimentos. Edición 29: 42.

Vanegas, L. S. 2009. Cárnicos, salud es la tendencia. Revista Ialimentos. Edición 13: 48.

Vanegas, L. S. 2010. Cárnicos: saludables e innovadores. Revista Ialimentos. Edición 19: 42.

Vanegas, C. 2011. Visual basic y asp. Net a su alcance. Universidad distrital francisco José de caldas. Colombia. p10.

Vanegas, L. S. 2011. Industria cárnica: saludable, rentable e innovadora. Revista Ialimentos. Edición 23: 46.

Zarate, L., Otálora, N., Ramírez, L., Prieto, L., del Socorro, M. y Poveda, J.2013. Sustitución del almidón en la formulación de mortadela por almidón de clones promisorios (s.tuberosum grupo phureja). Épsilon 20: 41-58.

8. ANEXOS

Anexo 1 composición general de carnes:

Composición	Cerdo magro	Tocino	Carne de res	Grasa de res
Humedad	75,1	7,7	75	4,0
Proteína	22,8	2,9	22,3	1,5
Grasa	1,2	88,7	1,8	94
Ceniza	1,0	0,7	1,2	0,1

Fuente: FAO 2007

Anexo 2 algunas ecuaciones fundamentales:

Ec.1	Ecuación objetivo:	$\sum_{i=1}^n C_i * X_i = \text{minimo}$ <p>Donde C_i = costo unitario de la materia prima Donde X_i = cantidad de materia prima para formulación</p>
Ec.2	Tamaño del bache:	$\sum_{i=1}^n X_i = A$ <p>Donde A = Cantidad específica del bache</p>
Ec.3	Proteína total:	$\sum_{i=1}^n P_i * X_i \geq 0,1$ <p>Donde P_i = fracción de proteína total</p>
Ec.4	Proteína no cárnica:	$\sum_{i=1}^n P_{j_i} * X_i \leq 0,06$ <p>Donde P_{j_i} = fracción de proteína no cárnica</p>
Ec.5	Grasa total:	$\sum_{i=1}^n G_i * X_i \leq 0,28$ <p>Donde G_i = fracción de grasa</p>

Ec.6	Carbohidratos:	$\sum_{i=1}^n Ch_i * X_i \leq 0,08$ <p>Donde $Ch_i =$ fraccion de CHOS</p>
Ec.7	Nitritos:	$\sum_{i=1}^n N_i * X_i = 0,0002$ <p>Donde $N_i =$ fraccion de nitritos</p>
Ec.8	Eritorbatos:	$\sum_{i=1}^n E_i * X_i = 0,005$ <p>Donde $N_i =$ fraccion de eritorbatos</p>
Ec.9	Humedad:	$\sum_{i=1}^n H_i * X_i \leq 0,67$ <p>Donde $H_i =$ fraccion de humedad</p>
Ec.10	Humedad + grasa	$\sum_{i=1}^n (H_i + G_i) * X_i \leq 0,9$
Ec.11	Índice H/P	$\frac{\sum_{i=1}^n H_i * X_i}{\sum_{i=1}^n P_i * X_i} = C$ <p>Donde $C =$ Rango especifico que oscila entre 4 y 5</p>
Ec.12	Índice G/P	$\frac{\sum_{i=1}^n G_i * X_i}{\sum_{i=1}^n P_i * X_i} = D$ <p>Donde $D =$ Rango especifico que oscila entre 1 y 2</p>

Anexo 3 algunos códigos fundamentales:

NOMBRE	FUNCIÓN	LÍNEA DE CÓDIGO
Apertura de ventana	Este código se activa al hacer clic en un botón, al seleccionar un elemento de una lista desplegable o al abrir el programa; su función es mostrar una ventana específica.	Nombre del formulario. Show
Cierre de ventana	Este código se activa al hacer clic en los botones cerrar o al hacer click en la opción SI de los mensajes de cierre de ventana que se muestran en algunas acciones de ejecución del programa, su función es guardar los cambios y cerrar una ventana específica.	ActiveWorkbook.Save Unload nombre del formulario
Salida de programa	Este código se activa al hacer click en los botones cerrar de la ventana de acceso y la ventana de menú principal.	ActiveWorkbook.Save Unload nombre del formulario Application.Quit
Minimizar una ventana principal y abrir una secundaria	Este código se activa al hacer click en los botones del menú principal, su función es minimizar una ventana principal al momento de abrir una ventana secundaria.	Nombre de ventana principal.height = 0 Nombre de ventana principal.width = 0 Nombre de ventana secundaria.show
Actualizar listas desplegables	Este código se activa al hacer click sobre la flecha de la lista, su función es mostrar todos los ingredientes y actualizar la lista cada vez que esta sufra algún cambio.	Application.ScreenUpdating = False LISTA_INGREDIENTESCHORIZO.Clear Sheets("nombre de la hoja donde se ubica la lista").Select Range("nombre de celda donde inicia la lista").Select Do While Not IsEmpty(ActiveCell) LISTA_INGREDIENTESCHORIZO.AddItem ActiveCell.Value ActiveCell.Offset(celda donde inicia lista, 0).Select Loop
Modificar restricciones	Este código se activa al hacer click sobre la flecha de la lista, su función es mostrar la relación y el valor de la restricción que se pretenda modificar.	Application.ScreenUpdating = False Sheets("nombre de hoja donde se ubicara el valor de la restricción").Activate On Error Resume Next Cells(ComboBoxcambio.ListIndex + 3, 1).Select VALOR = ActiveCell.Offset(0, 20) RELACION = ActiveCell.Offset(0, 21)
Ingresar restricciones	Este código se activa al hacer click sobre el botón OK, ingresar	If MsgBox("MENSAJE", vbExclamation + vbYesNo) = vbYes Then

	<p>las modificaciones de las relaciones al programa.</p>	<pre> Sheets("nombre de hoja donde se realiza la modificación").Activate Range("nombre de la celda donde inicia la lista de restricciones").Activate Do While Not IsEmpty(ActiveCell) ActiveCell.Offset(1, 0).Activate Loop Cells(ComboBoxcambio.ListIndex + 3, 1).Select On Error Resume Next ActiveCell.Offset(0, 20) = CDec(VALOR) ActiveCell.Offset(0, 21) = RELACION.Text If RELACION.Text = "=" Then ActiveCell.Offset(0, 21) = "2" End If If RELACION.Text = "<=" Then ActiveCell.Offset(0, 21) = "1" End If If RELACION.Text = ">=" Then ActiveCell.Offset(0, 21) = "3" End If If ComboBoxcambio.Text = "" Or RELACION.Text = "" Or VALOR.Text = "" Then MsgBox ("MENSAJE") Nombre de formulario principal para restricciones.Height = 78.75 Nombre de formulario principal para restricciones.Width = 297.75 Unload Nombre del formulari del que se desea salir. Elseif (ComboBoxcambio.Text <> "") ^ (RELACION.Text <> "") ^ (VALOR.Text <> "") Then If MsgBox("MENSAJE",vbInformation + vbYesNo) = vbYes Then Nombre de formulario principal para restricciones. Height = 78.75 Nombre de formulario principal para restricciones.Width = 297.75 ActiveWorkbook.Save Nombre del formulari del que se desea salir.Hide End If </pre>
<p>Resolución de optimizador</p>	<p>Este código se activa al hacer click sobre los botones estándar, seleccionado y Premium del menú principal, su función evaluar todas las restricciones establecidas y con base a ello determinar el costo mínimo para las formulaciones. El lenguaje código es el siguiente.</p>	<pre> SolverOk SetCell:=" nombre de celda del valor del bache ", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0, ByChange:=MUSTRA_RANGO_HOJA.Text, _ Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear" SolverAdd CellRef:=MUSTRA_RANGO_HOJA.Text, Relation:=3, FormulaText:="0" SolverAdd CellRef:="nombre de celda que variara", Relation:=Range("nombre de celda de la relación").Value, FormulaText:="nombre de celda del valor </pre>

		deseado o referente" SolverSolve SolverReset
Mensaje con opción de selección	Este código se activa cuando se desea modificar, ingresar o eliminar un dato al programa y ejecuta una acción específica si se selecciona la opción SI.	If MsgBox("MENSAJE", vbExclamation + vbYesNo) = vbYes Then ...codigo que desempeña otra acción..... End if End
Mensaje sin opción de selección	Este código se activa cuando se está apunto, se ha generado o se ha superado una condición que no permite el normal funcionamiento del programa, funciona como un elemento informativo	Condición MsgBox ("mensaje") End condición

Anexo 4 Elaboración del producto

<p>Adecuación y pesaje de materia prima</p>	
<p>Embutido</p>	
<p>Amarrado</p>	
<p>Cocción</p>	

Empacado	
----------	--

Anexo5 pruebas realizadas a las formulaciones

PRUEBAS	EVIDENCIAS
CRA	
ESTABILIDAD DE EMULSIÓN	
TPA	

Anexo 6 análisis estadístico de CRA

Resumen Estadístico para CRA

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
A	5	83,7113	0,250622	1,53863%	83,3743
B	5	86,502	0,250984	1,85942%	86,2728
C	5	79,5526	0,303545	1,48452%	79,0573
D	5	64,3854	0,39817	1,118%	63,7507
Total	20	78,5378	8,7632	40,8309%	63,7507

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	84,0611	0,686751	-0,106973	0,394594
B	86,9112	0,638345	-1,25016	0,879986
C	79,7734	0,71604	1,35066	0,70529
D	64,803	1,05232	1,0516	0,7614
Total	86,9112	23,1605	1,7398	-0,712594

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de CRA para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para CRA por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1457,57	3	485,858	5162,06	0,0000
Intra grupos	1,50594	16	0,0941209		
Total (Corr.)	1459,08	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de CRA en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5162,06, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de CRA entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiple Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de Múltiple Rangos para CRA por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
B	5	86,502	x
A	5	83,7113	x
C	5	79,5526	x
D	5	64,3854	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B	*	-2,79066	0,41133
A - C	*	4,15872	0,41133
A - D	*	-19,326	0,41133
B - C	*	6,94938	0,41133

B - D	*	-22,1166	0,41133
C - D	*	-15,1672	0,41133

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 7 análisis estadístico de estabilidad

Resumen Estadístico para ESTABILIDAD

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A	5	96,7495	0,139335	0,144017%	96,5495
B	5	98,4218	0,182992	0,185926%	98,2797
C	5	98,7576	0,2337	0,23664%	98,5388
D	5	95,7577	0,188976	0,197348%	95,4777
Total	20	97,4216	1,26909	1,30268%	95,4777

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	96,9186	0,369086	-0,436774	0,0593877
B	98,6878	0,408058	0,85888	-0,565776
C	99,1557	0,616891	1,54202	1,60578
D	95,9929	0,515112	-0,491131	0,480341
Total	99,1557	3,67796	-0,374419	-1,54151

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de ESTABILIDAD para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para ESTABILIDAD por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	30,0284	3	10,0095	279,54	0,0000
Intra grupos	0,572911	16	0,0358069		
Total (Corr.)	30,6014	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de ESTABILIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 279,54, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ESTABILIDAD entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de Múltiple Rangos para ESTABILIDAD por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
D	5	95,7577	X
A	5	96,7495	X
B	5	98,4218	X
C	5	98,7576	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B	*	-1,67234	0,253706
A - C	*	-2,00812	0,253706
A - D	*	0,991791	0,253706
B - C	*	-0,335779	0,253706
B - D	*	2,66413	0,253706
C - D	*	2,99991	0,253706

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 8 análisis estadístico de textura

ELASTICIDAD

Resumen Estadístico para ELASTICIDAD

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A	5	0,872376	0,0341823	3,9183%	0,814647
B	5	0,881167	0,0266329	3,02245%	0,838875
C	5	0,907333	0,0559513	6,16657%	0,831579
D	5	0,922055	0,0639206	6,9324%	0,834186
Total	20	0,895733	0,0482877	5,39086%	0,814647

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	0,896864	0,0822163	-1,55002	1,27428
B	0,912481	0,0736058	-0,896812	1,06938
C	0,981258	0,149679	-0,0338887	0,0568577
D	1,01057	0,176388	0,0116692	0,494986
Total	1,01057	0,195927	1,02398	0,651317

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de ELASTICIDAD para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para ELASTICIDAD por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00792574	3	0,00264191	1,16	0,3549
Intra grupos	0,0363765	16	0,00227353		
Total (Corr.)	0,0443023	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de ELASTICIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,16203, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ELASTICIDAD entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para ELASTICIDAD por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A	5	0,872376	X
B	5	0,881167	X
C	5	0,907333	X
D	5	0,922055	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		-0,00879187	0,063929
A - C		-0,0349576	0,063929
A - D		-0,0496797	0,063929
B - C		-0,0261657	0,063929
B - D		-0,0408878	0,063929
C - D		-0,0147221	0,063929

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

MASTICABILIDAD**Resumen Estadístico para MASTICABILIDAD**

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A	5	40,2276	6,367	15,8274%	29,4285
B	5	39,7933	4,352	10,9365%	34,8619
C	5	37,9261	6,16683	16,2601%	29,0021
D	5	36,8795	5,42618	14,7133%	28,5638
Total	20	38,7066	5,35584	13,837%	28,5638

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	45,2461	15,8176	-1,55506	1,39886
B	44,4568	9,59486	0,206572	-1,2249
C	43,1927	14,1907	-0,832205	-0,576456
D	42,3128	13,749	-0,83162	0,257529
Total	45,2461	16,6823	-1,31811	-0,543577

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de MASTICABILIDAD para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para MASTICABILIDAD por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	37,209	3	12,403	0,39	0,7612
Intra grupos	507,807	16	31,7379		
Total (Corr.)	545,016	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de MASTICABILIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,390794, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de MASTICABILIDAD entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para MASTICABILIDAD por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
D	5	36,8795	X
C	5	37,9261	X
B	5	39,7933	X
A	5	40,2276	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		0,434263	7,5533
A - C		2,3015	7,5533
A - D		3,34807	7,5533
B - C		1,86724	7,5533
B - D		2,91381	7,5533
C - D		1,04657	7,5533

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

GOMOSIDAD

Resumen Estadístico para GOMOSIDAD

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A	5	45,9408	5,81852	12,6652%	36,1242
B	5	45,0948	3,90733	8,66469%	41,5579
C	5	41,6976	5,43314	13,0299%	32,7165
D	5	39,9543	4,76959	11,9376%	31,7504
Total	20	43,1719	5,25666	12,1761%	31,7504

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	50,5296	14,4054	-1,5004	1,34052
B	49,8579	8,30001	0,484525	-1,33235
C	46,7177	14,0012	-1,35374	1,06823
D	43,6922	11,9419	-1,67587	1,61292
Total	50,5296	18,7792	-1,26001	0,237194

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de GOMOSIDAD para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para GOMOSIDAD por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	119,455	3	39,8183	1,57	0,2354
Intra grupos	405,561	16	25,3476		
Total (Corr.)	525,016	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de GOMOSIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,57089, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de GOMOSIDAD entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para GOMOSIDAD por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
D	5	39,9543	X
C	5	41,6976	X
B	5	45,0948	X
A	5	45,9408	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		0,845989	6,75019
A - C		4,24324	6,75019
A - D		5,9865	6,75019
B - C		3,39726	6,75019
B - D		5,14051	6,75019
C - D		1,74325	6,75019

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

DUREZA

Resumen Estadístico para DUREZA

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A	5	65,97	3,65912	5,54665%	60,95
B	5	66,575	3,05179	4,58399%	61,7
C	5	62,829	1,53186	2,43813%	61,1
D	5	55,108	3,51317	6,37507%	50,55
Total	20	62,6205	5,45922	8,71794%	50,55

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	69,95	9,0	-0,349489	-0,543562
B	69,625	7,925	-1,09223	0,704793
C	64,575	3,475	-0,191824	-1,17722
D	59,9	9,35	0,0911034	0,00405255
Total	69,95	19,4	-1,22552	-0,110368

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de DUREZA para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para DUREZA por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	416,692	3	138,897	14,86	0,0001
Intra grupos	149,566	16	9,34789		
Total (Corr.)	566,258	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de DUREZA en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 14,8587, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DUREZA entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de Múltiple Rangos para DUREZA por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
D	5	55,108	X
C	5	62,829	X

A	5	65,97	X
B	5	66,575	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		-0,605	4,09925
A - C		3,141	4,09925
A - D	*	10,862	4,09925
B - C		3,746	4,09925
B - D	*	11,467	4,09925
C - D	*	7,721	4,09925

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

COHESIVIDAD

Resumen Estadístico para COHESIVIDAD

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
A	5	0,694443	0,0583839	8,4073%	0,592686
B	5	0,677934	0,0575503	8,48907%	0,602922
C	5	0,664595	0,0918016	13,8132%	0,506643
D	5	0,723368	0,0542446	7,49889%	0,628098
Total	20	0,690085	0,0656881	9,51883%	0,506643

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A	0,73311	0,140424	-1,79562	1,81471
B	0,729184	0,126262	-0,556892	-1,1272
C	0,731679	0,225036	-1,68445	1,59994
D	0,754416	0,126317	-1,87126	1,93307
Total	0,754416	0,247772	-2,65352	1,62719

El StatAdvisor

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de COHESIVIDAD para cada uno de los 4 niveles de TRATAMIENTOS. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para COHESIVIDAD por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00962061	3	0,00320687	0,71	0,5606
Intra grupos	0,0723629	16	0,00452268		
Total (Corr.)	0,0819835	19			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de COHESIVIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,709064, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de COHESIVIDAD entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para COHESIVIDAD por TRATAMIENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
C	5	0,664595	X
B	5	0,677934	X
A	5	0,694443	X
D	5	0,723368	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		0,0165089	0,0901665
A - C		0,0298477	0,0901665
A - D		-0,028925	0,0901665
B - C		0,0133389	0,0901665
B - D		-0,0454339	0,0901665
C - D		-0,0587727	0,0901665

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.