

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LA ESTABILIDAD  
OXIDATIVA DE LA CARNE DE CERDO (*Sus scrofa domestica*)”**

**Presentada por:**

**ALEJANDRA ROCIO MELÉNDEZ ABANTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Lima- Perú**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

“INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LA ESTABILIDAD  
OXIDATIVA DE LA CARNE DE CERDO (*Sus scrofa domestica*)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS

Presentada por:

ALEJANDRA ROCIO MELÉNDEZ ABANTO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado

-----  
Dr. Marcial I. Silva Jaimes

PRESIDENTE

-----  
Mg.Sc. Beatriz A. Hatta Sakoda

MIEMBRO

-----  
Dra. Ana C. Aguilar Galvez

MIEMBRO

-----  
Dra. Bettit K. Salvá Ruiz

ASESORA

-----  
Mg.Sc Christian R. Encina Zelada

CO-ASESOR

A Dios, a mi familia, a mis amigos, y todas las personas que se cruzaron en mi camino y que de alguna manera me apoyaron y me alentaron a seguir luchando por mis sueños. Nunca se rindan, no importa cuántas veces lo intenten, luchen por lo que quieren y hagan lo que les guste.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi asesora Bettit Salvá, por todo su apoyo, desde el primer momento que se presentó el proyecto hasta su culminación. Gracias profesora Bettit, por ser tan alegre y mostrar siempre una sonrisa, lo mejor es transmitir alegría a los demás. Estoy segura que seguirá apoyando a futuros ingenieros.

A mi co asesor Mg.Sc Christian Encina, por transmitir sus conocimientos y por su apoyo durante las etapas del desarrollo de la tesis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Facultad de Industrias Alimentarias por haber contribuido en mi formación profesional y por haber brindado sus instalaciones para la presente tesis.

A mis amigos por haberme apoyado en todo el proceso. Gracias Viviana, Juan Carlos, Misuko, Geraldine, Raisa. Viviana no te preocupes por no haber estado en mi sustentación, lo más importante es haberme apoyado durante el camino.

A Melissa, a Dario, Rosmery por su apoyo durante el proceso y trámite.

A Medalit, Kathy, Marcia, con ustedes inicié este proceso, y nunca olvidaré los buenos momentos en laboratorio. Gracias por los ánimos que me dieron durante la redacción.

Al señor Max, a Zaharita, por apoyarnos con el uso de equipos en los laboratorios. Mil gracias por su paciencia.

A la empresa Alltech Perú, en la persona del Ing. Renzo Flores Figueroa por su invaluable apoyo y a la empresa Agropecuaria Isamisa, por el uso de sus instalaciones para la crianza de cerdos.

A Eliud Dennis Arpi, perteneciente al Instituto Tecnológico Pesquero, por su gran apoyo y soporte técnico en esta investigación.

A todas las personas que me han apoyado de alguna manera. Mil gracias.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. CERDO DOMÉSTICO .....	3
2.1.1. GANADERÍA PORCINA EN EL PERÚ.....	3
2.1.2. LÍNEAS HÍBRIDAS Y RAZAS .....	4
2.1.3. ALIMENTACIÓN DE LOS CERDOS DE ENGORDE.....	7
2.2. CALIDAD DE LA CARNE .....	12
2.2.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA CARNE.....	14
2.2.2. COMPOSICIÓN DE LA GRASA DE CERDO.....	15
2.2.3. EFECTO DE LA REFRIGERACIÓN EN LA CALIDAD DE LA CARNE.....	16
2.3. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS .....	17
2.3.1. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN LA CARNE.....	17
2.3.2. MEDIDA DE OXIDACIÓN LIPÍDICA .....	19
2.4. ANTIOXIDANTES .....	21
2.4.1. ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS.....	22
2.4.2. MÉTODOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	24
2.5. SELENIO.....	25
2.5.1. GENERALIDADES .....	25
2.5.2. FUNCIONES ENZIMÁTICAS .....	26
2.5.3. FUENTES DE SELENIO.....	29
2.5.4. SELENIO EN LA DIETA ANIMAL .....	30

2.5.5. INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LA OXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE.....	32
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1. LUGARES DE EJECUCIÓN .....	34
3.2. MATERIA PRIMA Y ADITIVOS.....	34
3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS .....	35
3.3.1. EQUIPOS.....	35
3.3.2. MATERIALES .....	35
3.3.3. REACTIVOS .....	36
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	36
3.4.1. ESQUEMA EXPERIMENTAL.....	36
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	41
3.5.1. ANÁLISIS PROXIMAL .....	41
3.5.2. DETERMINACIÓN DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA POR EL MÉTODO DEL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBA).....	41
3.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	42
3.5.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SELENIO EN CARNE DE CERDO .....	43
3.5.5. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CERDO.....	44
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE CERDO .....	47
4.1.1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA CARNE DE CERDO .....	47
4.1.2. CONTENIDO DE SELENIO EN LA CARNE DE CERDO.....	49
4.2. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CERDO.....	52
4.3. CONTENIDO DE SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO DE LAS MUESTRAS DE CARNE DE CERDO.....	58

4.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH.....	63
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Ejemplo de dieta para lechón y gorrino .....	9
Cuadro 2:	Niveles nutricionales recomendados en una dieta de cerdos.....	10
Cuadro 3:	Características limitantes para el uso de fuentes alimenticias en la producción porcina .....	11
Cuadro 4:	Fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento- engorde .....	39
Cuadro 5:	Valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde.....	40
Cuadro 6:	Contenido de humedad, grasa , proteína, cenizas y carbohidratos de las muestras de carne provenientes del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos sometidos a una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (g/ 100 g de muestra original).....	48
Cuadro 7:	Contenido de selenio en carne de cerdo ( <i>Longissimus dorsi</i> ) provenientes de una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (mg/kg) .....	50
Cuadro 8:	Contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular, expresados como porcentaje de ácidos grasos totales (peso/peso) .....	53
Cuadro 9:	Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso).....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Mecanismo de oxidación de lípidos.....	17
Figura 2:	Oxidación lipídica a través del tiempo.....	20
Figura 3:	Reacción entre el TBA y el MDA.....	20
Figura 4:	Abstracción de un átomo de hidrógeno por el radical DPPH .....	25
Figura 5:	Ciclo catalítico de la glutatión peroxidasa .....	28
Figura 6:	Mecanismo de acción de las selenoenzimas en el reciclaje de la vitamina E y vitamina C .....	29
Figura 7:	Etapas de la investigación .....	38
Figura 8:	Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/ kg de muestra) en las muestras de cerdo ( <i>Longissimus dorsi</i> ) almacenadas por ocho días a 4°C±0.5 .....	59
Figura 9:	Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados con selenio orgánico, almacenadas por ocho días a 4°C ± 0.5 para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC).....	64
Figura 10:	Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados sin selenio orgánico, almacenadas por ocho días a 4°C ± 0.5 para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC).....	64
Figura 11:	Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados con selenio orgánico, almacenadas por ocho días a 4°C ± 0.5 para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C(VCEAC). .....	66
Figura 12:	Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados sin selenio orgánico, almacenadas por ocho días a 4°C ± 0.5 para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C(VCEAC). .....	66

Figura 13: Comparación de la capacidad antioxidante de las muestras de carne de cerdo alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH, por el tiempo de almacenamiento para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC).....	67
Figura 14: Comparación de la capacidad antioxidante de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH, por el tiempo de almacenamiento para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC). .....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	Curva estándar TEP para determinar la concentración de malondialdehído a 532nm.....	81
ANEXO 2:	Curva estándar Trolox (TEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 517 nm- método DPPH (2,2- dipenil-1-picrilhidrazil).....	82
ANEXO 3:	Curva estándar Ácido Ascórbico (VCEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 517 nm – método DPPH (2,2- dipenil-1-picrilhidrazil).....	83
ANEXO 4:	Resultados del contenido de malondialdehído en mg MDA/ Kg de muestra para la carne de cerdo con selenio orgánico y sin selenio orgánico.....	84
ANEXO 5:	Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método de DPPH del tratamiento sin selenio orgánico .....	85
ANEXO 6:	Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método de DPPH del tratamiento con selenio orgánico .....	86
ANEXO 7:	Análisis estadístico de humedad por tipo de suplementación .....	87
ANEXO 8:	Análisis estadístico de grasa en base húmeda por tipo de suplementación ...	88
ANEXO 9:	Análisis estadístico de proteína en base húmeda por tipo de suplementación .....	88
ANEXO 10:	Análisis estadístico de cenizas en base húmeda por tipo de suplementación .....	89
ANEXO 11:	Análisis estadístico de carbohidratos en base húmeda por tipo de suplementación .....	90
ANEXO 12:	Análisis estadístico de grasa en base seca por tipo de suplementación.....	91
ANEXO 13:	Análisis estadístico de proteína en base seca por tipo de suplementación ....	92
ANEXO 14:	Análisis estadístico de cenizas en base seca por tipo de suplementación ....	92
ANEXO 15:	Análisis estadístico de carbohidratos en base seca por tipo de suplementación .....	93



ANEXO 37: Análisis estadístico multifactorial de la oxidación lipídica por el método de TBA.....	111
ANEXO 38: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día uno por tipo de suplementación .....	112
ANEXO 39: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día cuatro por tipo de suplementación .....	113
ANEXO 40: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día ocho por tipo de suplementación .....	113
ANEXO 41: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído para alimentación con selenio orgánico por el tiempo de suplementación.....	114
ANEXO 42: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído para alimentación sin selenio orgánico por el tiempo de suplementación.....	115
ANEXO 43: Análisis estadístico multifactorial de la capacidad antioxidante por el método de DPPH.....	116
ANEXO 44: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día uno por tipo de suplementación .....	117
ANEXO 45: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día cuatro por tipo de suplementación .....	118
ANEXO 46: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día ocho por tipo de suplementación.....	118
ANEXO 47: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH para la alimentación con selenio orgánico por el tiempo de suplementación .....	119
ANEXO 48: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH para la alimentación sin selenio orgánico por el tiempo de suplementación .....	119

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de selenio orgánico a la dieta en la estabilidad oxidativa de la carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) almacenada durante ocho días a  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ . A un grupo de cerdos se le administró la dieta control, es decir la alimentación sin suplementación selenio orgánico, y al otro grupo se le administró la dieta suplementada con selenio orgánico (0.3ppm). A los 40 días de suplementado el selenio orgánico se extrajeron al azar 15 muestras de carne de cerdo (músculo *Longissimus dorsi*) de cada tratamiento provenientes de una población de 140 cerdos, y se midió la oxidación lipídica mediante el método del TBA y la capacidad antioxidante mediante el ensayo de DPPH a los días uno, cuatro y ocho de almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ . Asimismo se realizó un análisis proximal donde se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de grasa, siendo menor en el tratamiento con selenio orgánico. Además hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el perfil de ácidos grasos entre ambos tratamientos. En el análisis de TBA se observó que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el día ocho de almacenamiento por tipo de suplementación. Las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico presentaron menor oxidación que aquellos provenientes del tratamiento sin selenio orgánico. Los valores de capacidad antioxidante para DPPH, fueron mayores para el tratamiento con selenio orgánico que sin selenio orgánico, pero no presentaron diferencias significativas por tipo de suplementación.

*Palabras claves:* selenio; oxidación lipídica, capacidad antioxidante, perfil de ácidos grasos

## SUMMARY

The present study aimed to evaluate the effect of the addition of organic selenium on the oxidative stability of pork (*Sus scrofa domestica*) stored for eight days at  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ . A group of pigs was given the control diet, without organic selenium, and the other group received the diet with organic selenium (0.3 ppm). At 40 days of organic selenium supplemented, 15 samples of pork randomly were extracted (*Longissimus dorsi muscle*) from each treatment from a population of 140 pigs, and lipid oxidation was measured by the TBA method and antioxidant capacity by DPPH test days one, four and eight of storage at  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ . In the proximate analysis results were observed significant difference ( $p < 0.05$ ) in the fat content which was lower in organic selenium treatment. An analysis of the fatty acid profile of the samples were made from both treatments where were found significant differences ( $p < 0.05$ ). In the analysis of TBA was observed that lipid oxidation increased with time, showing significant difference ( $p < 0.05$ ) on day eight of storage for type of supplementation. Meat samples from *Longissimus dorsi* muscle from pigs fed with a diet supplement with organic selenium showed less oxidation than those from treatment without organic selenium. Antioxidant capacity values for DPPH, expressed in terms of TEAC and VCEAC, decreased over time and were higher for treatment with organic selenium than without organic selenium, but without showing significant difference by type of supplementation.

**Keywords:** selenium, lipid oxidation, antioxidant capacity, fatty acid profile

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen 2.3 millones de cerdos a nivel nacional, con una producción anual de 121 mil toneladas de carne, que se consume principalmente en el mercado interno. Las zonas productoras de cerdos se concentran en Lima, Cajamarca, Arequipa y Cusco, aunque su crianza se extiende a todas las regiones del país. El consumo de carne de cerdo en nuestro país apenas llega a los 4.5 kilogramos per cápita al año, y la meta es poder incrementar el mismo hasta 12 kilogramos por persona al año. En Sudamérica es 12 kilogramos y en Estados Unidos llega a 30 kilogramos, mientras en Asia es el principal alimento, con 70 kilogramos per cápita (MINAG, 2013).

La carne de cerdo es un producto saludable, inocuo, y de carne apetitosa que la población debe valorar para incrementar su consumo con el fin de elevar la calidad de su alimentación. Además la carne de cerdo es nutritiva pues aporta un 20 por ciento de proteínas, 5 por ciento a 10 por ciento de lípidos, 1 por ciento de carbohidratos y una diversidad de minerales y vitaminas necesarios para la alimentación humana. Por lo tanto, se debe tener especial cuidado en mantener estas cualidades, por ejemplo, una oxidación excesiva repercute negativamente en las características de calidad de la carne fresca fundamentalmente por la presencia de olores y sabores desagradables lo cual puede causar rechazo por parte del consumidor (López *et al.*, 1999). Por otro lado, la calidad de la carne puede ser protegida mediante el control de la oxidación de lípidos usando antioxidantes (Jadhav *et al.*, 1996).

En los últimos años ha surgido gran interés por los oligoelementos y en particular por el selenio, este mineral es cofactor de la glutatión peroxidasa, enzima encargada de la destrucción del peróxido de hidrógeno que se forma en las reacciones oxidativas en el proceso metabólico (Anzola, 1999; citado por Giraldo *et al.*, 2010). El selenio es un mineral que puede ser depositado en diferentes niveles en los tejidos, según la cantidad y la fuente de selenio adicionada en las dietas animales. En muchas partes

del mundo el consumo de este mineral es insuficiente y no cumple con los requerimientos de las personas, es allí donde productos de origen animal como la carne de cerdo enriquecida con selenio juega un papel importante (Giraldo *et al.*, 2010).

Debido a la importancia y al creciente consumo de la carne de cerdo en nuestro país y acorde con la tendencia mundial por lo saludable y natural y a los estudios que evidencian la acción antioxidante del selenio, es que la presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la estabilidad oxidativa y la capacidad antioxidante de la carne obtenida de cerdos alimentados con selenio orgánico y sin selenio orgánico.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. CERDO DOMÉSTICO**

El cerdo, es la especie animal cuyas bondades han sido apreciadas por el hombre desde tiempos remotos. Se considera que es una de las especies con mayor potencial carnicero, siendo la más consumida en el mundo. El cerdo doméstico llegó a América proveniente de España en el segundo viaje de Cristóbal Colón. Al Perú llega con la conquista y se afirma que la raza de dichos animales era la denominada raza ibérica. La crianza del cerdo se hace atractiva para la crianza doméstica por ser un eficiente cosechador de gran variedad de materiales vegetales y consumidor de residuos domésticos que le sirven de alimento, representando en cierto modo una forma de generación de fuente de proteínas que no implicará mayores costos por el tipo de alimentación recibida. La creciente importancia del cerdo como fuente de alimentación, ha llevado a la evolución de su crianza, pasando de formas de producción doméstica hacia formas de producción más intensivas, desarrollándose inclusive razas especializadas en producción de carne, con menor contenido de grasa, debido al creciente consumo de aceites vegetales (MINAG, 2013).

#### **2.1.1. GANADERÍA PORCINA EN EL PERÚ**

La distribución de la población según tipo de crianza está dividida en 60 por ciento en crianza casera, 20 por ciento en granjas medianamente tecnificadas y el 20 por ciento restante en granjas altamente tecnificadas. Es importante resaltar que la producción de la crianza casera representa un 35 por ciento de la producción total de carne porcina, mientras que la producción tecnificada representan un 65 por ciento de la producción total, lo cual se explica por los altos rendimientos de producción y productividad cuando esta crianza es manejada con tecnificación y genética, mientras que la gran mayoría de animales criollos son criados en condiciones de manejo no óptimas. El departamento de

Lima concentra la mayor producción de carne de cerdo y es la que tiene mayor participación en el abastecimiento a los principales centros consumidores tales como plantas de procesamiento industrial y elaboración de embutidos, así como también a los centros de abastos y supermercados. Otros departamentos importantes en la producción son Huánuco, Cajamarca, La Libertad y Piura participando básicamente en el abastecimiento local (MINAG, 2013). Según Cadillo (2013) los gorrinos deberían alcanzar los 110 kilogramos en 150 días, pudiéndose vender un cerdo entre 100-110 kilogramos.

### **2.1.2. LÍNEAS HÍBRIDAS Y RAZAS**

La producción tecnificada de carne de porcino ha evolucionado bastante en los últimos años gracias a los adelantos de la biotecnología (genética porcina). En la actualidad, además de las clásicas razas porcinas especializadas en la producción de lechones y de altos rendimientos de carne, se cuenta en el mercado con líneas híbridas logradas en base a la biotecnología, y que transmiten características a su descendencia para la producción de carne en forma eficiente. En el mercado nacional existen casas comerciales especializadas en el abastecimiento de estos animales. Los cambios en las condiciones de mercado, han determinado el desarrollo de razas de porcinos acordes al nuevo entorno, que exige la producción de carne de gran calidad y en volúmenes crecientes. Como resultado de esta tendencia la producción se ha orientado a desarrollar animales que produzcan más carne que grasa y cuyo crecimiento sea precoz, tratando de obtener altos niveles de conversión en engorde (MINAG, 2013).

Una de las razas comerciales, provenientes de cruces de razas, que se comercializa en el Perú es la línea PIC. Comercializando machos y hembras mejorados genéticamente que al ser cruzados transmiten a su descendencia las mejores características de producción (PICPERÚ, 2013).

Estos cerdos de la línea PIC, son cerdos genéticamente mejorados, es decir provienen de un proceso de selección de parámetros de interés que son heredables, fijando objetivos de selección y aplicando de intensos programas de mejora (PICPERÚ, 2013). Dentro de las hembras híbridas comerciales podemos encontrar:

**a. Camborough 29**

- Por su altísima capacidad reproductiva y maternal es el producto más recomendado para cualquier granja moderna que desee optimizar su productividad
- Reúne cualidades de durabilidad y calidad de carne, así como eficiente conversión alimenticia
- Reduce costos de producción
- Libre del gen halotano
- Proviene de cruces de cerdos Landrace, Large White, Duroc

**b. Camborough 24**

- Buena productividad
- Excelente conformación
- Temperamento dócil que facilita el trabajo en granja
- Libre del gen halotano

Dentro de los machos híbridos comerciales podemos encontrar:

**a. MP- 410**

- Muy buena conformación y musculatura
- Predominantemente blancos
- Excelente conformación y contenido magro
- Buena ganancia diaria de peso y conversión alimenticia
- Robusticidad y homogeneidad de la progenie

**b. MP- 337**

- Desarrollado para producir cerdos al mercado con excelente porcentaje de tejido magro en la carcasa y con calidad de carne muy superior
- Su progenie también incorpora excepcional potencial para la producción de carne en óptimas características de pH color y retención de agua y todo esto acompañado por una alta eficiencia en conversión alimenticia y ganancia de peso
- Reproductor libre del gen halotano y del gen de carne ácida

Por otro lado, según MINAG (2013) entre las razas tradicionales y más conocidas para la producción intensiva de carne a nivel nacional tenemos a:

- Landrace: Originarios de Dinamarca. Estos animales son muy demandados en el mercado, por la calidad de su carcasa. Se caracterizan por su color blanco, mostrando en algunos casos manchas oscuras en la piel. A diferencia de otras razas, se caracterizan por ser alargados debido a que presentan 16 a 17 pares de costillas, frente a 14 de las otras razas. Su cara es alargada y recta, con orejas grandes, dobladas hacia delante.
- Yorkshire: Originarios de Inglaterra. Son de color blanco y presentan ocasionalmente manchas en la piel. Destaca en estos animales la aptitud maternal de la marrana y su gran prolificidad. Su cara es de longitud media y sus orejas paradas aunque con una ligera inclinación hacia delante. Los machos alcanzan un peso de hasta 155 kilogramos; mientras que las hembras 117 kilogramos.
- Hampshire: Originarios de Inglaterra, son de color negro, con una banda blanca que rodea el pecho del animal y sus patas delanteras. Las marranas son excelentes madres. Estos animales aprovechan muy bien los pastos, produciendo una carne de excelente calidad. Los machos alcanzan un peso de hasta 180 kilogramos; mientras que las hembras 145 kilogramos.
- Duroc: Originario de Estados Unidos. Presenta dos líneas de color: rojo oscuro y rojo claro, las cuales son similares en su capacidad de producción. Sus orejas son medianas y ligeramente caídas. Su cara casi cóncava. Esta raza se

caracteriza por su rusticidad y buena conversión alimenticia. Los machos alcanzan un peso de hasta 195 kilogramos y las hembras 150 kilogramos.

No es posible afirmar que una u otra raza es mejor que la otra, pues dependerá de la función o aptitudes que se quiera desarrollar en la crianza del animal. Para fines comerciales, resulta más práctico el cruce de dos líneas o razas, que algunos también denominan cruzamiento industrial y que tiene como objetivo que cada raza aporte lo mejor de sí. En este caso, la aptitud materna y prolificidad (Yorkshire y Landrace) por un lado y el rápido crecimiento y calidad de carcasa (Hampshire y Duroc). Por lo tanto, lo que se busca es ofrecer en el mercado un producto de calidad y que el animal se desarrolle en el menor tiempo posible. Eso implica desarrollar cruzamientos de diversas razas, para ofrecer al mercado animales con características adecuadas (MINAG, 2013).

### **2.1.3. ALIMENTACIÓN DE LOS CERDOS DE ENGORDE**

El cerdo se caracteriza por ser un animal omnívoro, a pesar de tener un sistema digestivo simple y limitada capacidad para la utilización de forrajes fibrosos. Consume eficientemente granos y sus subproductos, tortas de oleaginosas, raíces y tubérculos. Inclusive están en condiciones de aprovechar una serie de nutrientes de productos poco útiles para otras especies domésticas como: desechos de plantas de beneficio de animales, suero de quesería, desechos de incubadoras de aves y en general de cualquier desecho de naturaleza biológica, convirtiendo a este animal en un eficiente transformador de insumos alimenticios de escaso valor económico en productos de gran valor alimenticio y económico para el hombre. Para el logro de un rendimiento óptimo, se debe de administrar una dieta balanceada, de acuerdo a la edad del animal y su estado fisiológico, proveyéndole de los nutrientes que permitan obtener el peso adecuado para ofrecer el producto al mercado (MINAG, 2013).

En el Cuadro 1 se muestra un ejemplo de dietas de lechón y gorrino donde se observa los diferentes insumos que se utilizan para balancear una dieta. En el Cuadro 2 se muestran los niveles nutricionales recomendados para las dietas de cerdo en las diferentes etapas de crecimiento (lechones, cerdos en desarrollo y cerdos en finalización). El valor energético requerido puede ser expresado como energía digestible

(ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN). Sin embargo, es frecuente el uso de los valores de EM (García *et al.*, 2012).

#### **a. Fuentes de alimentación**

Los ingredientes suelen variar en el contenido de nutrientes, dependiendo de la fuente (vegetal, animal o industrial), procesamiento al que son sometidos, nivel de inocuidad, etapa fisiológica y productividad en la que es utilizada, tamaño de partícula o la combinación entre ellos (García *et al.*, 2012).

Dependiendo del contenido de nutrientes, los ingredientes pueden ser clasificados en proteínicos, energéticos, fibrosos, vitamínicos y minerales tal como se observa en el Cuadro 3. Los que contienen proteínas se agrupan ya sea como proteínas completas o incompletas. Las proteínas completas contienen los nueve aminoácidos esenciales y se encuentran en ingredientes de origen animal. Sin embargo, la pasta de soya es la única proteína vegetal considerada como proteína completa. En tanto las proteínas incompletas carecen de uno o más de los aminoácidos esenciales y siempre están asociadas a las fuentes vegetales. Las proteínas vegetales se pueden combinar para suministrar todos los aminoácidos esenciales y formar una proteína completa (García *et al.*, 2012).

La energía no es técnicamente un nutriente, pero es liberado por las fuentes alimenticias que contienen carbohidratos y grasas (lípidos). La principal fuente de energía alimentaria para el cerdo son los carbohidratos, que constituyen a los cereales o sus derivados. Las fuentes de fibra cruda contienen celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos que los cerdos digieren de forma limitada, sin embargo, son utilizados frecuentemente en las dietas (García *et al.*, 2012).

Las fuentes minerales se pueden dividir según la cantidad nutritiva necesaria en el organismo, para las funciones fisiológicas. Esta se relaciona con la cantidad que un ingrediente aporta a la dieta. El valor de una fuente mineral está en función de la fracción o parte del compuesto mineral que es aprovechado por el animal

(biodisponibilidad), dependiendo de la forma química con la cual es aportado (García *et al.*, 2012).

De manera general en el Cuadro 3, se puede observar algunas fuentes alimenticias considerando su origen y limitantes de uso.

**Cuadro 1: Ejemplo de dieta para lechón y gorrino**

Insumo	Lechón (10 – 20 kg)	Gorrino (50 – 80 kg)
Maíz amarillo	62.00	64.00
Afrecho de trigo	8.00	18.00
Leche Descremada en polvo	5.00	
Aceite hidrogenado de pescado		2.00
Harina de pescado	12.00	
Torta de soya	12.00	15.00
Carbonato de calcio	0.50	1.10
Sal		0.25
Vitaminas más minerales	0.10	0.10
Promotor de crecimiento	0.03	0.02

FUENTE: Cadillo (2002), citado por MINAG (2013)

**Cuadro 2: Niveles nutricionales recomendados en una dieta de cerdos**

	Lechones				Cerdos en desarrollo						Cerdos en finalización	
	Pre-inicio		Destetados		Crecimiento		Hembras		Macho castrado			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Proteína bruta %	18	20	16.5	27	16.5	26	13.2	18.5	12.71	18.5	13.2	16
EM kcal/kg*	2550	2700	3200	3400	2350	3300	2300	3200	3200	3230	2250	2300
Fibra bruta %	2.5	3.5	3	5	3	5.5	3	6	3	6	3	6.5
Calcio %	0.7	0.72	0.7	0.9	0.6	0.9	0.45	0.8	0.45	0.7	0.45	0.8
Lisina digestible %	1.1	1.4	0.91	1.28	0.8	1.04	0.63	0.85	-	-	0.52	0.71
Metionina %	3.14		0.34	0.4	0.25	0.32	0.15	0.29	0.14	0.3	0.23	
Triptófano %	0.22	0.26	0.19	0.31	0.15	0.27	0.11	0.23	0.11	0.23	0.1	0.14
Treonina %	0.66	0.85	0.65	1.11	0.45	0.98	0.38	0.68	0.41	0.68	0.34	0.47
Fósforo disponible %	0.35	0.42	0.31	0.6	0.24	0.55	0.19	0.4	0.19	0.4	0.15	0.22
Na%	0.3	0.4	0.18	2.5	0.15	0.22	0.08	0.22	0.08	0.22	0.1	0.22

\*Energía metabolizable (EM) kcal/ kg de dieta completa

FUENTE: ARC (Agricultural Research Council), 1981; SCA(Feeding Standards for Australian Livestock Pigs), 1987; INRA (Institut National de la Recherche Agronomique),1984; SNGC (Swine Nutrition Guide), 1995; KSNG (The Kansas Swine Nutrition Guide), 1997; NRC (National Research Council), 1998; TBA y C (Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos), 2005; FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), 2006; NSNG (National Swine Nutrition Guide), 2010; mencionado por García *et al.*(2012)

**Cuadro 3: Características limitantes para el uso de fuentes alimenticias en la producción porcina**

Fuente Alimenticia	Tipo	Características Limitantes	Cualidades	Ingredientes
Vegetal	Proteica	Desequilibrio en aminoácidos esenciales; contenido de fibra; fitatos; inhibidores proteínicos	Proteína bruta > 20%; contenido de lisina, ácido linoléico conjugado; medio contenido de Ca y fósforo.	Pastas; soya; girasol; ajonjolí; harina de canola; gluten de maíz.
	Energéticas	Reduce la disponibilidad de lisina; micotoxinas; sabor; rancidez; alto índice higroscópico; fibra; taninos	Contenido de hierro, potasio, cobre, magnesio, contenido de vitamina del complejo B, edulcorante, aglutinante.	Sorgo; maíz; trigo; avena; harina de yuca; remolacha; aceites de palma, coco, soya, maíz, girasol, colza, oliva, palma, linaza. Sacarosa, Dextrosa, Melaza.
	Fibrosas	Digestibilidad limitada; contaminación; biodisponibilidad	Contenido de fósforo	Salvado de arroz, salvado de trigo.

FUENTE: García *et al.* (2012)

«continuación»

Animal	Proteicas	Origen y procesamiento	Equilibrio de aminoácidos; alto valor biológico, calcio, hierro, sodio, potasio y fósforo; biodisponibilidad; alta concentración vitamínicas liposolubles e hidrosolubles.	Harina de pescado, harina de carne, sustituto de leche
	Energéticas	Alto contenido de sodio y cloruro	Valor energético, saborizantes, aglutinante	Lactosa, suero deshidratado, sebo, manteca, grasa de pollo, aceite de pescado, mezcla de grasas.
Orgánica	Minerales	Coste	Biodisponibilidad en minerales	Harinas de hueso, quelatos, levaduras enriquecidas.
Naturales o sintéticas	Vitaminas	Oxidación, inactivación, pérdida rápida de actividad 10-50%, sensibles al calor y humedad, periodos cortos de almacenamiento < 6 meses.	Biodisponibilidad en minerales	Liposolubles (A, D, E, K); Ácido ascórbico; hidrosolubles (B1, B2).
Sintéticos	Aminoácidos	Coste	Pureza, biodisponibilidad	DL-metionina; L-Lisina HLC; Metionina hidroxianáloga(MHA)

FUENTE: García *et al.* (2012)

## 2.2. CALIDAD DE LA CARNE

La investigación de la calidad de la canal y de la carne es una disciplina práctica, enfocada fundamentalmente a la mejora de la capacidad del sector cárnico, para satisfacer las necesidades de los consumidores de carne y productos cárnicos de calidad a un precio aceptable (Kempster, 1989). La calidad de la carne consiste en la combinación de características que son indicativas de su valor comercial y del grado de aceptabilidad del consumidor. Esta definición incluye criterios o características cuantitativas y el criterio cualitativo (Sánchez, 1999).

Wood *et al.* (2004) consideran que el aspecto más importante de la calidad de la carne es la calidad comestible o calidad para el consumo (*eating quality*), definida habitualmente como la puntuación dada por una panel de catadores en los aspectos ternera, jugosidad y sabor.

Para valorar la calidad de la carne de forma directa existen diversos parámetros como los caracteres organolépticos: color, olor, flavor, ternera, capacidad de retención de agua y cantidad y composición de la grasa, que no son fáciles de determinar en la cadena productiva (Hoving- Bolink *et al.*, 1998; Joo *et al.*, 2002; Andersen *et al.*, 2004).

Según Ramos (2008) la calidad de la carne de cerdo está influenciada por un gran número de factores de tipo genético y no genético. Estos se pueden clasificar en:

- Factores *ante mortem*: dentro de ellos tenemos al estado fisiológico del animal, predisposición genética, alimentación, alojamiento y transporte.
- Factores en matadero: corrales, manejo de los animales, tipo de aturdimiento y desangrado.
- Factores *post mortem*: temperatura de la canal, efectividad del enfriamiento, condiciones higiénicas.

### 2.2.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA CARNE

El análisis más básico de la composición de la carne es la determinación de la composición proximal, es decir, del contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Estos análisis revelan el valor nutritivo básico de un producto y cómo puede ser combinado con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes principales de una dieta (Izaurieta, 1994). Para estas determinaciones, con fines de caracterización, se suele utilizar el músculo *Longissimus dorsi* (Ramos, 2008). En general se puede decir que el músculo de los animales adultos contiene 70-78 por ciento de agua, 15 - 22 por ciento de proteínas, 1-13 por ciento de grasa, 1-2 por ciento de minerales y menos de 2 por ciento de hidratos de carbono (Pearson y Young, 1989; citados por Fernández *et al.*, 1997).

Existen factores que influyen sobre la composición química de la carne, como el genotipo, el estado fisiológico, la dieta, el sistema de manejo, el tipo de músculo, etc. (Huerta-Leidenz *et al.*, 2003). USDA (El Departamento de Agricultura de Estados Unidos), (2004), citado por Ramos (2008), ha realizado una publicación donde señala que el contenido de grasa para el cerdo está entre 9.4 y 7.8 por ciento para pierna y lomo, respectivamente, aunque estos valores varían con la raza y el tipo de corte en cada país. Los valores de las tablas de composición química de los diferentes tipos de carne deben observarse cuidadosamente porque muy pocas especifican el tipo genético, músculo, grado de separación/recorte de grasa (Ramírez, 2004).

Todos los cálculos de valor nutricional requieren del conocimiento del contenido de humedad, el cual varía enormemente para poder expresar los resultados sobre extracto seco y húmedo. El método comúnmente usado para la determinación de humedad en la carne es el de secado en estufa. Al someter la carne a altas temperaturas se pierde agua libre en medida proporcional a la temperatura aplicada (Carballo *et al.*, 2001; citado por Ramos, 2008).

El contenido en grasa intramuscular tal vez sea el parámetro de la composición proximal con mayor efecto sobre la calidad de la carne. La calidad sensorial de la carne de cerdo depende del contenido en grasa intramuscular (GIM), considerando que en

general mejora dicha calidad y que una cantidad por debajo del 2 por ciento en el músculo podría ser responsable de rechazo en el consumidor (Mabry y Bass, 2001).

### **2.2.2. COMPOSICIÓN DE LA GRASA DE CERDO**

Los ácidos grasos se dividen de acuerdo al grado de saturación en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI). En general los AGS y AGMI son los mayoritarios en los acilgliceroles de las grasas neutras de la carne de los animales (Ramírez, 2004). Entre los principales AGS en la grasa de origen animal de mayor a menor concentración se encuentran el palmítico (hexadecanoico o C16:0), esteárico (octadecanoico o C18:0) y mirístico (tetradecanoico o C14:0). Por su parte, los AGMI más importantes cuantitativamente en la carne son el ácido oleico (C18:1) y el palmitoleico (C16:1). Normalmente, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados se presentan en la configuración *cis*, siendo menos frecuente la configuración *trans* (Ramos, 2008).

Los AGPI son constituyentes básicos de los fosfolípidos y determinan la fluidez de las membranas y la modulación de las actividades enzimáticas, actuando como portadores y receptores de membrana (Zamaria, 2004). Los AGPI son necesarios para las funciones vitales y no son sintetizados por los organismos superiores, por lo que son llamados ácidos grasos esenciales. Dentro de los AGPI de la carne tenemos principalmente los ácidos linoléico (C18:2  $\eta$ -6), el linolénico (C18:3  $\eta$ -3) y el araquidónico (C20:4). A partir de los dos primeros la mayoría de carnívoros son capaces de sintetizar el resto de ácidos de la familia  $\eta$ -3 y  $\eta$ -6 (Lebret y Mourot, 1998).

En el cerdo, el perfil de ácidos grasos está relacionado fuertemente con el de la dieta. Este hecho es especialmente notable con el ácido linoleico y otros AGPI debido a la imposibilidad de los sistemas enzimáticos de los animales superiores de sintetizar ácido linoleico y linolénico (Cava *et al.*, 1999). Es por tanto, esperable una mayor concentración de ácido linoleico en los animales alimentados con dietas ricas en este ácido graso, tal y como se ha observado en experimentos llevados a cabo con distintas razas de cerdo blanco (Morgan, 1992). La grasa de la dieta se asimila y deposita casi sin sufrir modificación, por lo que la dieta influye en el tipo de lípidos existentes en el

tejido muscular y graso, los que serán responsables de las características organolépticas (sabor, aroma, terneza, jugosidad, etc.) de la carne y también en su aptitud tecnológica (De Pedro, 1999).

Los AGPI son sustratos de la oxidación lipídica, en sus dobles enlaces se fija oxígeno comenzando la reacción de oxidación. Por lo tanto, cuanto más presencia de AGPI, mayor susceptibilidad de la oxidación (deterioro del color y enranciamiento) en detrimento de la calidad (López-Bote, 1998), aunque una oxidación moderada contribuye a la aparición de compuestos volátiles responsables del aroma deseable de la carne (Rhee *et al.*, 1988). Si se llega a producir una oxidación excesiva aparecerán olores anómalos y coloraciones amarillentas y pérdida del color (Girard, 1988). Se ha observado que cuando las concentraciones de ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3) se acercan al 3 por ciento se produce un claro efecto adverso oxidativo en la calidad de la carne (Wood *et al.*, 2004).

Los AGMI y AGPI se consideran ácidos grasos deseables para la salud humana ya que están relacionados con un efecto hipocolesterolémico. Además, los ácidos grasos saturados incrementan la presencia de las LDL (lipoproteínas de baja densidad) en el suero sanguíneo asociadas a la aparición de enfermedades coronarias; los ácidos grasos poliinsaturados reducen los niveles de LDL, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados reducen los niveles de LDL y aumentan los HDL (lipoproteínas de alta densidad) no asociadas con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Smith, 1993).

### **2.2.3. EFECTO DE LA REFRIGERACIÓN EN LA CALIDAD DE LA CARNE**

El deterioro químico relacionado con la oxidación de lípidos es una preocupación importante debido a la disminución de la palatabilidad de la carne y productos cárnicos. Por lo tanto, estos productos se almacenan en condiciones de refrigeración o congelación no sólo para retrasar la oxidación de lípidos, sino también para extender la vida útil mediante la inhibición de deterioro microbiano. Productos cárnicos frescos almacenados bajo condiciones de refrigeración todavía pueden desarrollar deterioro químico lentamente. El grado de oxidación de los lípidos afectada por diversas

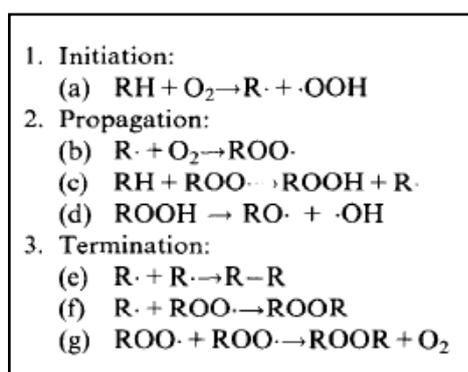
temperaturas de refrigeración es un problema potencial y se necesitan métodos efectivos para controlar la oxidación (Park *et al.*, 2007).

## 2.3. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

### 2.3.1. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN LA CARNE

Una vez sacrificado el animal se inactivan los sistemas biológicos de protección frente a la oxidación *in vivo*, e inevitablemente se produce una reacción de mayor o menor intensidad según el tipo de tratamiento a que se someta la carne (refrigeración, cocinado, curado, etc.), pero en cualquier caso de bastante consideración. Si se consigue retrasar la proliferación microbiana de la carne por cualquier procedimiento tecnológico, la oxidación se convierte en la principal causa de deterioro de la carne (López *et al.*, 1999).

Generalmente se cree que la autoxidación, es decir, la reacción con el oxígeno molecular vía un mecanismo autocatalítico, es la principal de las reacciones implicadas en el deterioro oxidativo de los lípidos (Fennema, 2000).



**Figura 1: Mecanismo de oxidación de lípidos**

FUENTE: Fernández *et al.* (1997)

La oxidación ocurre por un mecanismo de radicales libres, donde un átomo de hidrógeno adyacente a un doble enlace es sustraído del ácido graso (RH) como consecuencia de la exposición a la luz o a iones metálicos. El radical libre así formado

(R•) se combina entonces con oxígeno molecular para formar un radical peróxido (RO•), que a su vez sustrae un átomo de hidrógeno de otro ácido graso insaturado para dar lugar a un hidroperóxido (ROOH). La reacción se repite consecutivamente, generándose continuamente productos que vuelven a ser reactivos, por lo que se provoca una reacción en cadena que se desarrolla exponencialmente una vez iniciada. Los primeros productos de la oxidación son los hidroperóxidos, que son inestables y se rompen para producir un amplio rango de productos secundarios (López *et al.*, 1999). Algunos de estos productos secundarios son aldehídos, cetonas y compuestos carboxílicos, que pueden provocar olores desagradables (Warriss, 2003).

En general la propensión de la carne a sufrir problemas de oxidación está directamente relacionada con su contenido en grasa insaturada. Por lo tanto el pescado es más tendente a oxidarse que la carne de pollo, que por otra parte es más susceptible que las carnes rojas. De estas últimas, la carne de cerdo es la más susceptible, seguida de la de ternera y la de cordero (Warriss, 2003).

La oxidación de lípidos da lugar a la aparición de sabores y olores anómalos, generalmente denominados “a rancio”, en los alimentos que contienen grasas. Estos sabores anómalos deterioran su calidad organoléptica. Las reacciones oxidativas rebajan además la calidad nutritiva del alimento y general ciertos productos de oxidación potencialmente tóxicos (Fennema, 2000). Finalmente, la ingestión de radicales libres y de alguno de los productos finales de la oxidación se asocia con el desarrollo de enfermedades degenerativas en el consumidor (tumores, enfermedad cardiovascular, etc.), lo que provoca una creciente preocupación social (López *et al.*, 1999).

Por otra parte, aunque todos los ácidos grasos insaturados son susceptibles a la oxidación, el problema es más grave cuando mayor es el número de dobles enlaces, dado que es en los dobles enlaces donde se inicia la rotura de la molécula. Así, tanto el ácido linoleico como el linolénico tienen la misma longitud de la cadena (18 átomos de carbono), pero el ácido linolénico tiene tres dobles enlaces, mientras que el ácido linoleico tiene dos; por lo tanto su velocidad de oxidación será en consecuencia mucho mayor (Warriss, 2003). Además, se admite de forma generalizada que la administración

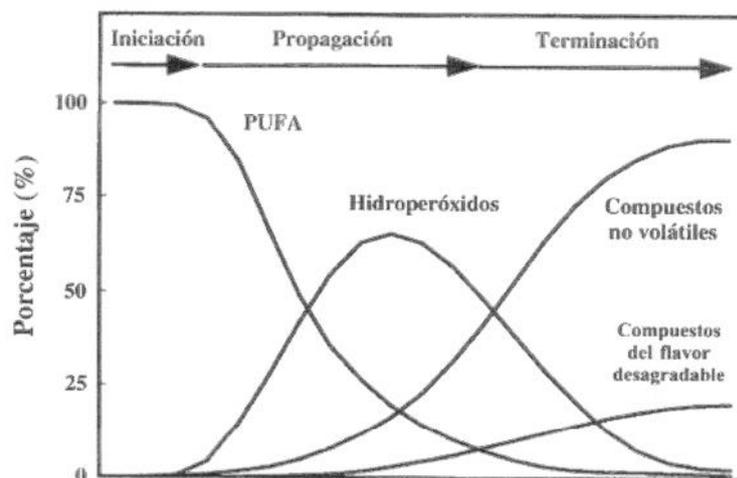
de piensos con alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) aumenta marcadamente la susceptibilidad de la carne a sufrir procesos oxidativos (López *et al.*, 1999).

Como se ha señalado anteriormente, en sistemas musculares se cree que el lugar donde se inicia la oxidación es en los lípidos de membrana, porque tienen una proporción elevada de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PUFA) con un gran número de insaturaciones ( $\geq 4$ ). Dentro de los PUFA, el principal representante de los ácidos grasos de la familia  $\eta$ -6 es el ácido araquidónico, con 4 dobles enlaces. A partir de los ácidos grasos de la familia  $\eta$ -3, los PUFA mayoritarios en las membranas celulares son el C20:5 y el C22:6, con un número de insaturaciones superior y por ello mucho más susceptibles a sufrir procesos oxidativos (López *et al.*, 1999).

Por este motivo la incorporación de aceites con alto contenido en ácidos grasos del tipo  $\eta$ -3 produce un efecto mucho más marcado sobre la oxidación que los de la familia  $\eta$ -6. En este caso sí se hace preciso enriquecer los piensos con vitamina E, incluso aunque se destine al mercado de carne fresca. Existe una competición entre los PUFA de las familias  $\eta$ -6 y  $\eta$ -3 por ocupar lugares en los fosfolípidos de la membrana celular, de modo que si existe un desequilibrio en el alimento, se manifiesta en la relación  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 de las membranas (López *et al.*, 1999).

### **2.3.2. MEDIDA DE OXIDACIÓN LIPÍDICA**

La medida de la oxidación se puede realizar a través de diversos métodos dependiendo de qué compuestos de oxidación se desea evaluar. La medida del índice de peróxidos es muy poco repetitiva porque mide compuestos intermedios (hidroperóxidos) de la oxidación que pueden aumentar o disminuir con el transcurso de la misma, por lo que se suele recurrir al índice del ácido tiobarbitúrico o TBA (expresado como mg de MDA por kg de carne) que mide los productos secundarios de la oxidación (López *et al.*, 1999).

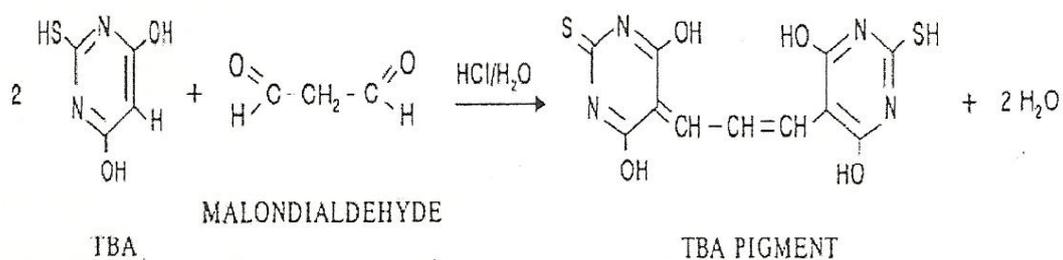


**Figura 2: Oxidación lipídica a través del tiempo**

FUENTE: Iturbe (2008)

### b. Test del ácido tiobarbitúrico

Esta prueba se desarrolló a finales de 1940, es muy utilizado tanto *in vitro* como *in vivo*. Se trata de hacer reaccionar el ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído producido por la descomposición del hidroperóxido de lípidos para formar un cromóforo rojo con pico de absorbancia de 532nm. Este complejo rojo resulta de la condensación de 2 moles de TBA y 1 mol de malondialdehído, bajo el efecto conjunto de la temperatura del medio y el pH (Laguerre *et al.*, 2007).



**Figura 3: Reacción entre el TBA y el MDA**

FUENTE: Fernández *et al.* (1997)

Valores por encima de 0.5 indican cierto grado de oxidación, y cuando están por encima de 1 se trata posiblemente de niveles inaceptables (Warriss, 2003). No obstante, la medida es muy heterogénea y puede variar notablemente entre laboratorios y entre ensayos, por lo que las comparaciones son de poca utilidad cuando no son en las mismas situaciones comerciales o experimentales. Por encima de un valor inicial, lo más importante es la tendencia a sufrir procesos oxidativos. En la práctica, la evolución del índice TBA en la carne del cerdo es muy variable. Aunque algunos factores de variación y sus interacciones no son suficientemente conocidos, existe abundante información que demuestra que la susceptibilidad de los tejidos a sufrir procesos de oxidación depende de la alimentación recibida por los animales, fundamentalmente el tipo de ácido graso y la presencia de agentes antioxidantes en los tejidos (López *et al.*, 1999).

## **2.4. ANTIOXIDANTES**

La calidad de la carne puede ser protegida mediante el control de la oxidación de lípidos usando antioxidantes. El uso de antioxidantes es una forma efectiva para reducir al mínimo o prevenir la oxidación de lípidos en los productos alimenticios, lo que retarda la formación de productos tóxicos de oxidación, manteniendo la calidad nutricional y la prolongación de la vida útil de los alimentos (Jadhav *et al.*, 1996). Los antioxidantes pueden actuar como quelantes de metales y/o limpiador de radicales libres de oxígeno o retrasando la propagación de la oxidación de lípidos (Teets y Were, 2008).

Durante la evolución los organismos vivientes han desarrollado mecanismos específicos de protección antioxidante. Por lo tanto, es sólo la presencia de antioxidantes naturales en los seres vivos que les permiten sobrevivir en un ambiente rico en oxígeno. Estos mecanismos son descritos por el término general “sistema antioxidante”. El cual es diverso y responsable de la protección de las células a partir de las acciones de los radicales libres (Surai, 2006), estos sistemas incluyen:

- Antioxidantes naturales liposoluble (vitamina A, E, carotenoides, etc.).
- Antioxidantes hidrosolubles (ácido ascórbico, ácido úrico, taurina, etc.).

- Enzimas antioxidantes: glutatión peroxidasa (GSH-Px), catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD).
- Sistemas Tiol Redox: sistema glutatión y sistema tioredoxin.

El primer nivel de defensa es responsable de la prevención de la formación de los radicales libres, removiendo los precursores de los radicales libres o inactivando catalizadores, el cual consiste de tres enzimas antioxidantes (SOD, GSH-Px y CAT) (Surai, 2006). La glutatión peroxidasa convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en moléculas inofensivas antes de que puedan formar radicales libres (Céspedes y Sánchez, 2000).

El segundo nivel de defensa consiste en la prevención y la restricción de la formación de la cadena y la propagación de radicales libres (vitamina E, carotenoides, vitamina A, ácido ascórbico, ácido úrico etc.). Estos compuestos a diferencia de las enzimas se consumen durante su acción antioxidante, por lo que deben ser reemplazados. Además provienen principalmente de la dieta (Escalona, 2002; citado por Manchera, 2006). La función de estos compuestos es inhibir la peroxidación al mantener la longitud de la cadena de la reacción de propagación lo más pequeño posible (Surai, 2006).

El tercer nivel de la defensa se basa en los sistemas que eliminan las moléculas dañadas o las reparan (lipasas, peptidasas, proteasas, transferasas, etc.) (Surai, 2006).

#### **2.4.1. ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS**

Los fenómenos de oxidación en la carne y productos cárnicos se pueden reducir añadiendo ingredientes sintéticos o naturales con potencial antioxidante al producto, capaces de eliminar los radicales libres y así terminar la cadena de reacciones que inician los procesos oxidativos (Armenteros *et al.*, 2012).

Varios antioxidantes sintéticos se han utilizado con éxito para prevenir la oxidación de lípidos en las carnes. La adición de los antioxidantes sintéticos tales como hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT) y butil hidroquinona terciaria (TBHQ)

se informa que es muy eficaz (Khalil y Mansour, 1998). Sin embargo, el uso de estos antioxidantes sintéticos se ha restringido debido a los posibles riesgos para la salud y la toxicidad (Buxiang y Fukuhara, 1997).

La utilización de estos antioxidantes sintéticos está limitada porque los consumidores exigen cada vez más productos naturales (Ahn *et al.*, 2002). Por lo tanto, el desarrollo de antioxidantes naturales eficaces ha sido investigado en los productos cárnicos. Dentro de los antioxidantes naturales se encuentran:

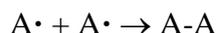
- La vitamina E, conocida como tocoferoles y tocotrienoles. El alfa tocoferol es el más común y biológicamente el que tiene mayor acción vitamínica. Es un antioxidante lipofílico que se localizan en las membranas celulares, cuya absorción y transporte se halla muy vinculado con el de los lípidos. Actúa como protector de las moléculas lipídicas, ya que su acción consiste en proteger de la peroxidación a los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de la membrana celular y también en inhibir la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad. Asimismo neutraliza el oxígeno, captura radicales hidroxilos, neutraliza peróxidos y captura el anión superóxido para convertirlo en formas menos reactivas (Traber y Atkinson, 2007; citado por Armenteros *et al.*, 2012).
- La vitamina C o ácido ascórbico es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes como la vitamina E. Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno, capturar radicales libres hidroxilos y aniones superóxido y regenerar la formación oxidada de la vitamina E, es decir, actúa de forma sinérgica con la vitamina E, y además se ha comprobado que se absorbe mejor si su formulación contiene vitamina E (Shekelle *et al.*, 2003; citado por Armenteros *et al.*, 2012).
- Los compuestos fenólicos o polifenoles pueden actuar como agentes reductores, eliminando radicales libres o como agentes quelantes de metales (Armenteros *et al.*, 2012).

## 2.4.2. MÉTODOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los métodos empleados para medir la actividad antioxidante dependen de la especificidad del radical libre usado como reactivo y están limitados a compuestos solubles en un solvente elegido. Los compuestos antioxidantes pueden tener distinta solubilidad dependiendo del solvente; por esta razón presentan distinta reactividad con los radicales libres reaccionando en diferente porcentaje y con cinética distinta. Dado este hecho, la eficiencia en la extracción de la especie donadora del hidrógeno es un factor importante en la evaluación de la actividad antioxidante (Ibarra, 2010). Si representamos un radical como  $R\cdot$  y el donador de hidrógeno como HA, la reacción que se lleva a cabo es:

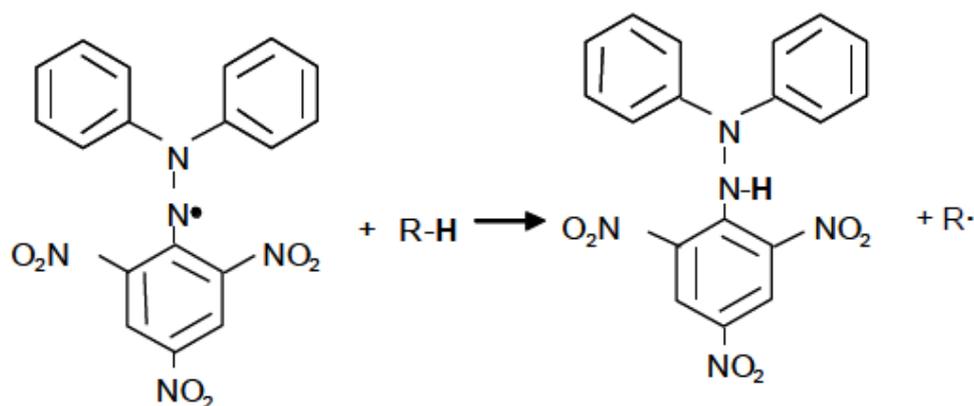


Donde R-H es la forma reducida de  $R\cdot$  y  $A\cdot$  es un nuevo radical libre menos reactivo generado en este primer paso. En la reacción anterior se aprecia la reducción de un radical  $R\cdot$  por una molécula de HA, es decir la estequiometría es 1:1. Además el radical  $A\cdot$  puede formar dímeros en una reacción regulada estequiométricamente por el número de moléculas de  $R\cdot$  reducidas (Ibarra, 2010).



Uno de los métodos más comunes se basa en las propiedades cromáticas del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo conocido como DPPH; esta molécula es un radical libre químicamente estable que no forma dímeros como sucede con otros radicales libres. Una solución de DPPH $\cdot$  es color morado; cuando se mezcla con una sustancia que puede donar uno o varios átomos de hidrógeno, la concentración del radical DPPH $\cdot$  disminuye mientras aparece la forma reducida DPPH-H provocando un cambio en el color de morado a amarillo y la absorbancia de la solución decrece. La decoloración resultante está directamente ligada a la estequiometría de la reacción. Este método no es específico a ningún tipo de antioxidante en particular, por lo tanto aplica para evaluar una capacidad antioxidante total del medio en el cual se analiza. Es importante

mencionar que los resultados obtenidos presentan tendencias similares al reportado usando otros métodos (Ibarra, 2010). Según Fasseas (2007) el ensayo de DPPH en particular, parece dar una buena medida de la actividad antioxidante de la carne ya que son detectadas en sustancias solubles en agua y sustancias no solubles.



**Figura 4: Abstracción de un átomo de hidrógeno por el radical DPPH**

FUENTE: Ibarra (2010)

## 2.5. SELENIO

### 2.5.1. GENERALIDADES

En los últimos años ha surgido gran interés por los oligoelementos y en particular por el selenio, este mineral es cofactor de la glutatión peroxidasa, enzima encargada de la destrucción del peróxido de hidrógeno que se forma en las reacciones oxidativas en el proceso metabólico (Anzola, 1999; citado por Giraldo *et al.*, 2010).

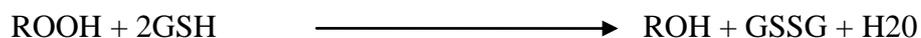
El selenio es un mineral que puede ser depositado en diferentes niveles en los tejidos, según la cantidad y la fuente de selenio adicionado en las dietas animales. En muchas partes del mundo el consumo de este mineral es insuficiente y no cumple con los requerimientos de las personas, es allí donde productos de origen animal como la carne de cerdo enriquecida con selenio juega un papel importante (Giraldo *et al.*, 2010).

## 2.5.2. FUNCIONES ENZIMÁTICAS

Es generalmente aceptado que en los sistemas biológicos, el selenio participa en varias funciones fisiológicas como una parte integral de una gama de selenoproteínas. De hecho, es bien sabido que el azufre y el selenio se presentan en los componentes de los aminoácidos cisteína, metionina como seleniocisteína, y seleniometionina, respectivamente (Jacob *et al.*, 2003; citado por Surai, 2006).

La glutatión peroxidasa es una enzima que utiliza como cofactor al selenio. Cataliza la reacción a través de la cual el glutatión reducido (GSH) reacciona con peróxidos para transformarlos en agua y alcohol. Durante el proceso el glutatión es oxidado (GSSG) para posteriormente ser retornado a su estado original por la enzima glutatión reductasa (Alberro, 2013).

La reacción general descrita por Rotruck *et al.* (1973), citado por Alberro (2013), es la siguiente:



En este esquema ROOH es cualquier hidro o lipo peróxido, GSH es la glutatión reducido, ROH es el peróxido reducido y GSSG es la glutatión en su forma oxidada. El glutatión reducido es formado desde su forma oxidada vía la reacción de la enzima glutatión reductasa. Este proceso de reducción requiere de NAPH que es provisto por la vía de las pentosas fosfato (Rotruck *et al.*, 1973; citado por Alberro, 2013).

La principal forma de la glutatión peroxidasa es el selenio-dependiente (selenoproteínas). La importancia del selenio en la nutrición animal yace en el hecho de que tanto el primer como el segundo nivel de defensa antioxidante descansan en la actividad de la glutatión peroxidasa dependiente de selenio, lo que depende de un estado adecuado de selenio en la célula. La lipoperoxidación por ejemplo es acelerada cuando existe deficiencia de selenio (Halliwell y Gutteridge, 1999).

Según O' Grady *et al* (2001) menciona que la falta de un efecto del selenio en la dieta sobre la actividad de la glutatión peroxidasa y la estabilidad oxidativa en el músculo es probablemente una consecuencia de un nivel muy elevado de selenio en la dieta basal o dieta base.

Hay diferentes formas en las cuales el sistema antioxidante puede ser alterado o regulado. La regulación más importante es la respuesta animal en las condiciones de estrés sintetizando enzimas antioxidantes por ejemplo glutatión peroxidasa. Sin embargo, esta respuesta solo será efectiva si están disponibles los cofactores necesarios para la acción enzimática. Por lo tanto el aporte nutricional de selenio es un factor crucial en la regulación de la actividad de la glutatión peroxidasa y la eficiencia del sistema antioxidante (Surai, 1999; citado por Alberro, 2013).

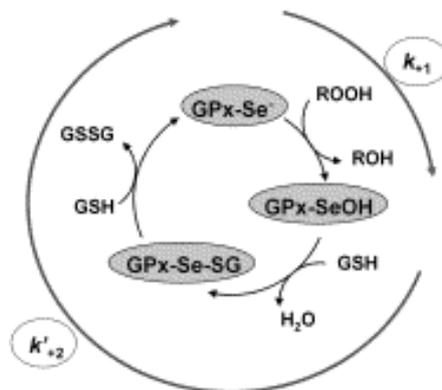
Mientras que la glutatión peroxidasa reduce los peróxidos, la vitamina E reacciona directamente con radicales libres superóxido ( $O_2^-$ ), peroxi ( $ROO^-$ ), oxígeno singlete ( $^1O_2$ ) e hidroxilo ( $OH^\cdot$ ), siendo el antioxidante liposoluble principal que protege a las membranas celulares contra la miopatía asociada con dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (Hernández, 2007).

La calidad de la carne es influenciada por antioxidantes como la vitamina E y enzimas dependientes al selenio, incluyendo la glutatión peroxidasa (GSH-Px). Los productores de carne dependían previamente de la vitamina E para reducir los problemas de oxidación, pero ahora se sabe que la utilización eficiente de la vitamina E en el cuerpo depende de las enzimas dependientes del selenio y de una adecuada cantidad de selenio ingerido para asegurar un mejor uso de esta vitamina costosa (Peric *et al.*, 2009).

Por otro lado, el selenio y la vitamina C (ascorbato) son micronutrientes esenciales. Cada uno tiene un número de funciones bioquímicas, y ambos son clasificados como nutrientes antioxidantes porque sus propiedades redox son usadas para proteger el organismo contra el daño oxidativo. El selenio es componente de un número de enzimas contra la defensa oxidativa a parte de la glutatión peroxidasa, podemos encontrar por ejemplo a la enzima tioredoxin oxidasa y metionina sulfóxido reductasa. El ascorbato

dona electrones a los radicales libres incluyendo el radical tocoferoxil, para terminar con la reacción en cadena. El radical resultante ascobil es reciclado enzimáticamente a ascorbato, en parte por la selenoenzima tioredoxin reductasa. Por lo tanto, hay una potencial interacción entre selenio y ascorbato directamente e incluye también una interacción con la vitamina E (Hill *et al.*, 2009). Una de las propiedades del ascorbato es que puede regenerar  $\alpha$ -tocoferol a partir del radical  $\alpha$ -tocoferil en membranas y lipoproteínas (Surai, 2006).

Según Surai (2006) la protección antioxidante en las células no solo depende en la concentración de vitaminas, sino también de la eficiencia del reciclado. Si el reciclado es efectivo, entonces las concentraciones bajas de vitamina son capaces de mantener una protección antioxidante alta en las condiciones fisiológicas. Por lo tanto el reciclado es el elemento más importante para entender los mecanismos que involucran la protección antioxidante contra el estrés oxidativo. Como resultado de la acción antioxidante de la vitamina E, se forma el radical tocoferoxil. Este radical puede ser reducido a una forma activa de  $\alpha$ -tocoferol al unirse con la oxidación del ácido ascórbico. El ácido ascórbico puede ser regenerado de la forma oxidada por reciclaje con ayuda de la enzima glutatión el cual puede recibir una forma potencialmente reducida de NADPH, sintetizado en el ciclo de pentosa fosfato del metabolismo de los carbohidratos.

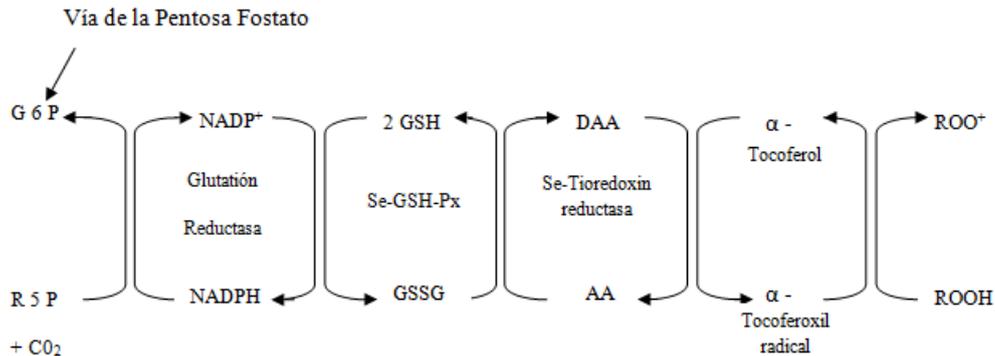


**Figura 5: Ciclo catalítico de la glutatión peroxidasa**

FUENTE: Brigelius-Flohé y Maiorino (2012)

En la Figura 5 se muestra el ciclo catalítico de las Glutation Peroxidasa. En la parte peroxidativa del ciclo, el selenol en GPx se oxida a Ácido selenínico por un

hidroperóxido (ROOH). Aquí el primer GSH forma un selenodisulfuro con el ácido selenínico, y el oxígeno es removido formando agua. El segundo GSH reduce el selenodisulfuro por un intercambio tiol-disulfuro. De esta manera el GSSG es liberado y la enzima es regenerada a su forma selenol, la cual está lista para el próximo ciclo (Brigelius-Flohé y Maiorino, 2012).



**Figura 6: Mecanismo de acción de las selenoenzimas en el reciclaje de la vitamina E y vitamina C**

FUENTE: Edens and Gowdy (2005)

En la Figura 6 se observa que la reducción de la vitamina E requiere la descarboxilación de la 6-fosfogluconato de la ribulosa-5-fosfato en la vía de las pentosa fosfato, dos enzimas antioxidantes-selenoproteínas (glutación peroxidasa [GSH.Px] y tioredoxin reductasa [TxR]), y vitamina C. TrxR reduce el ácido deshidroascórbico (DAA) a ácido ascórbico reducido (AA), el cual recicla el  $\alpha$ -tocoferil a  $\alpha$ -tocoferol (Vitamina E). Sin la reducción del ácido deshidroascórbico oxidado a ácido ascórbico reducido, el reciclaje de la vitamina E sería mínimo (Edens y Gowdy, 2005).

### 2.5.3. FUENTES DE SELENIO

El selenio es un elemento traza en animales y humanos. Existe en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica. Algunos autores sugieren que el selenio orgánico es un aditivo ideal porque los humanos y animales absorben y retienen el compuesto más que la

forma inorgánica. Según algunos estudios el selenio orgánico es retenido más en el tejido de cerdo que el selenio inorgánico (Jiakui y Xialong, 2004).

Las formas químicas de las fuentes inorgánicas y orgánicas son selenito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) y selenato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) para el selenio inorgánico y selenometionina para el selenio orgánico, sin embargo, entre las formas inorgánicas, el selenato que es menos usado ha sido considerado preferible por algunos ya que el selenito se reduce más rápido a selenio menos disponible pudiendo formar compuestos insolubles con otros metales; en tanto que los orgánicos tienen el potencial de ser una mejor fuente de suplementación de selenio para todas las especies debido a su más alta biodisponibilidad (McDowell, 1997; Wolfram, 1999, citado por Segovia, 2005).

Wolfram (1999), citado por Segovia (2005), en su revisión menciona que la biodisponibilidad para el selenio inorgánico (selenito) es de 91 – 93 por ciento y del 95 – 97 por ciento para la forma orgánica de selenio (selenometionina).

Según el Institute of Medicine (2000) una planta que crece en un suelo con bajo contenido de selenio, será una planta con bajo contenido de selenio. El selenio en las plantas está en forma de selenometionina o selenocisteína. Por otro lado, los animales requieren de selenio. Prácticamente todas las proteínas animales contienen selenometioninas obtenidas cuando el animal consume selenio de las plantas ya que las selenometioninas no pueden ser sintetizado por los animales. Es decir, el contenido de selenio en la carne varía dependiendo en gran medida de la selenometionina consumida. Además la forma orgánica de selenio puede ser obtenido de *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura, que crece en un medio de niveles altos de selenio (Schrauzer, 2000; citado por Deniz *et al.*, 2005).

#### **2.5.4. SELENIO EN LA DIETA ANIMAL**

El contenido de selenio en los alimentos varía dependiendo del contenido de selenio en el suelo donde la planta creció y del contenido de selenio de los alimentos que los animales consumieron. En las vísceras de los animales y en los alimentos marinos el

contenido de selenio varía de: 0.4 a 1.5  $\mu\text{g/g}$ ; en el músculo de la carne varía de 0.1 a 0.4  $\mu\text{g/g}$ ; en los cereales y granos hay una presencia menor de 0.1 a 0.3  $\mu\text{g/g}$  y vegetales menores de 0.1  $\mu\text{g/g}$  (WHO, 1987; citado por el Institute of Medicine, 2000). Sin embargo, Jackes (2000), citado por Peric *et al.* (2009), menciona que los niveles de selenio en los suelos están globalmente decreciendo por la intensidad de los cultivos agrícolas. La alimentación de los animales y aves de corral por lo tanto requieren una suplementación para asegurar su salud, una performance eficiente y una buena calidad de la carne.

Años atrás la FDA (Food and Drug Administration) prohibía la suplementación de selenio al ganado debido a su posible toxicidad; sin embargo, esta misma, en el periodo de 1974 – 1980, permitió la administración del mineral (McDowell, 1997; Wolfram, 1999, citado por Segovia, 2005).

En 1974, se aprobó en Estados Unidos la suplementación de selenio en dietas a 0.1 ppm en cerdo y pollos en crecimiento. En el mismo año se aprobó la suplementación en dietas para pavo en 0.2 ppm (FDA, 1974; citado por Cruz, 2008). En 1982, la FDA aprobó la adición de 0.3ppm de selenio en las dietas de cerdos hasta 20 kg, porque 0.1 ppm de selenio no siempre prevenía los signos de deficiencia en cerdos destetados. La actualmente regulación permite hasta 0.3ppm de selenio en la dieta de todos los cerdos (FDA, 1987; citado por NRC, 1998).

Se ha encontrado que niveles superiores de 5 ppm de selenio en la dieta causa toxicidad (Goehring *et al.*, 1984; citados por Kim y Mahan, 2001). Además según Kim y Mahan (2001) la alimentación entre 7 a 10 ppm de selenio en la dieta por periodos de tiempo fue tóxica cuando se suministró selenio orgánico e inorgánico.

Por lo general, las formas orgánicas de selenio tienen mayor biodisponibilidad y propiedades antioxidantes que las formas inorgánicas (Mahan *et al.*, 1999; Mahmoud y Edens, 2003; citados por Wang *et al.*, 2011). Se ha reportado que el selenio orgánico proveniente de levadura (SY) mostró un mejor potencial para mejorar el estado antioxidante de cerdos que selenito de sodio (SS) (Mahan y Parrett, 1996; Mahan *et al.*, 1999; citados por Wang *et al.*, 2011). Muchas investigaciones indicaron que la mayoría

de selenio orgánico proveniente de levadura (SY) estaba presente como Se-Met, es decir selenio como análogo de metionina (Beistein y Whanger, 1986; Schrauzer, 2000; citados por Wang *et al.*, 2011).

Economase<sup>®</sup> es una mezcla patentada de ingredientes como el selenio orgánico, extracto de algas, ácido ascórbico que maximizan el estado antioxidante del animal. Los antioxidantes son necesarios para un óptimo crecimiento, inmunidad y reproducción. Modelos de la expresión genética han demostrado que Economase<sup>®</sup> ayuda a maximizar la síntesis, el reciclaje, y la respuesta del sistema antioxidante del animal, especialmente de la vitamina E, reduce la pérdida por goteo, mejora la calidad del color y prolonga la vida útil (Alltech, 2008).

#### **2.5.5. INFLUENCIA DEL SELENIO ORGÁNICO EN LA OXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE**

El contenido de grasa intramuscular y la composición de los ácidos grasos juegan un papel importante en la calidad de la carne de cerdo (Fernández *et al.*, 1999; Wood *et al.*, 2004; citados por Martínez *et al.*, 2012). Esta grasa intramuscular es susceptible al deterioro oxidativo debido al recambio natural e la oxidación de lípidos y a los fosfolípidos de la membrana que son elevados en ácidos grasos insaturados (Yilmaz *et al.*, 1997, citado por Martínez *et al.*, 2012). Los fosfolípidos, integrantes de la membrana son particularmente susceptibles a la peroxidación por su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Halliweel, 1997, citado por Martínez *et al.*, 2012).

El papel más importante del selenio en el metabolismo de los mamíferos es su función sobre el sitio activo de la selenoenzima (Flohe, 1997, citado por Martínez *et al.*, 2012) al impedir o retrasar las reacciones oxidativas. El beneficio de adicionar alimentos suplementados con levadura enriquecida con selenio aún no es claro (Yoon y McMillan, 2006; citado por Martínez *et al.*, 2012).

En el tejido muscular las funciones antioxidantes de la vitamina E y del selenio vía la actividad de la glutatión peroxidasa persisten después de la matanza y retrasan el comienzo de la reacciones de oxidación en la carne y sus productos (DeVore *et al.*,

1983; citado por Alberro, 2013). Estas funciones antioxidantes son importantes porque la oxidación de los lípidos del músculo después de la matanza puede afectar adversamente el sabor y los valores nutritivos de la carne fresca, congelada y cocida y sus productos (Morrissey et al, 1998; citado por Alberro, 2013). En carnes rojas la oximioglobina muscular oxida en presencia de lípidos oxidables y se produce una coloración marrón indeseable (Greene *et al.*, 1971; citado por Alberro, 2013).

Según reporta Mikulski *et al.* (2009), citado por Alberro (2013), el aumento de la concentración de selenio en tejido disminuye el estrés oxidativo, incluyendo la protección de los ácidos grasos insaturados contra el daño peroxidativo. Por lo tanto, el selenio dietario mejoraría la calidad y estabilidad oxidativa de la carne.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGARES DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los siguientes lugares, de acuerdo a la etapa involucrada:

- Lugar de alimentación de los cerdos: Agropecuaria ISAMISA. Lima
- Lugar de faenamiento: Matadero Frigorífico La Colonial. Lima
- Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos, Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Liofilización de la carne de cerdo: Instituto Nacional de Nutrición. Lima
- Determinación de ácidos grasos en la carne de cerdo: Instituto Tecnológico Pesquero (ITP). Lima

#### **3.2. MATERIA PRIMA Y ADITIVOS**

- 2 grupos de 140 cerdos distribuidos en 7 corrales de 20 animales cada uno. Los cerdos evaluados fueron de madre Cambourough 29 y de padre MP- 410. La línea comercial con la cual se trabajó fue PIC.
- 200 g EconomasE-Alltech<sup>®</sup> por tonelada de alimento (0.3 ppm de selenio orgánico)

### **3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS**

#### **3.3.1. EQUIPOS**

- Balanza Analítica. Sartorius. BL210S. Alemania
- Balanza de precisión. ADAM Equipment. CBW 12aH. Reino Unido
- Refrigeradora General Electric. 1144YTA8. Estados Unidos
- Baño maría. Memmert. WB7. Perú
- Baño maría. Rikakikai. LTD RO. Japón
- Licuadora. Oster. 250-22. México
- Centrifuga. Hettich. D-78522. Alemania
- Centrifuga. Budapesti Vergypary gepeyar. TF-415L2. Hungaria
- Agitador orbital. Lab Companion. SK-300. Corea
- Espectrofotómetro. Thermo spectronic. Genesys 6. Estados Unidos
- Vortex. Velp Wizard. 144521. Europa
- Evaporador rotatorio Heidolph. ML-G3. Reino Unido
- Cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama. Perkin Elmer. Clarus 500. Estados Unidos

#### **3.3.2. MATERIALES**

- Bandejas plásticas
- Bolsas tipo Zip- Lock<sup>®</sup>
- Bureta
- Cronómetro
- Fiolas de 50, 100 y 250 mL
- Papel toalla
- Pipetas pasteur
- Micropipetas de 20-200 y 100-1000  $\mu$ L
- Tubos de ensayo de 15 mL
- Vaso de precipitado

- Matraz de Kitasato
- Papel filtro
- Pera de decantación
- Viales
- Columna de 30 metros para el cromatógrafo de gases

### **3.3.3. REACTIVOS**

- 1,1,3,3-Tetrametoxipropano (TEP)
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)
- Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox)
- Ácido Ascórbico (Fermont)
- Ácido tiobarbitúrico (TBA) (Merck)
- Ácido tricloroacético (TCA)
- BHT Butilhidroxitolueno (Sigma)
- Metanol
- Cloroformo
- NaOH
- HCL
- Éter de petróleo

## **3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.4.1. ESQUEMA EXPERIMENTAL**

En la Figura 7 se detalla todas las etapas de la investigación, desde la alimentación de los cerdos hasta la obtención de los lomos de cerdo para el análisis proximal, la determinación de la estabilidad oxidativa, la capacidad antioxidante, determinación del contenido de selenio y determinación del contenido de ácidos grasos con los análisis correspondientes

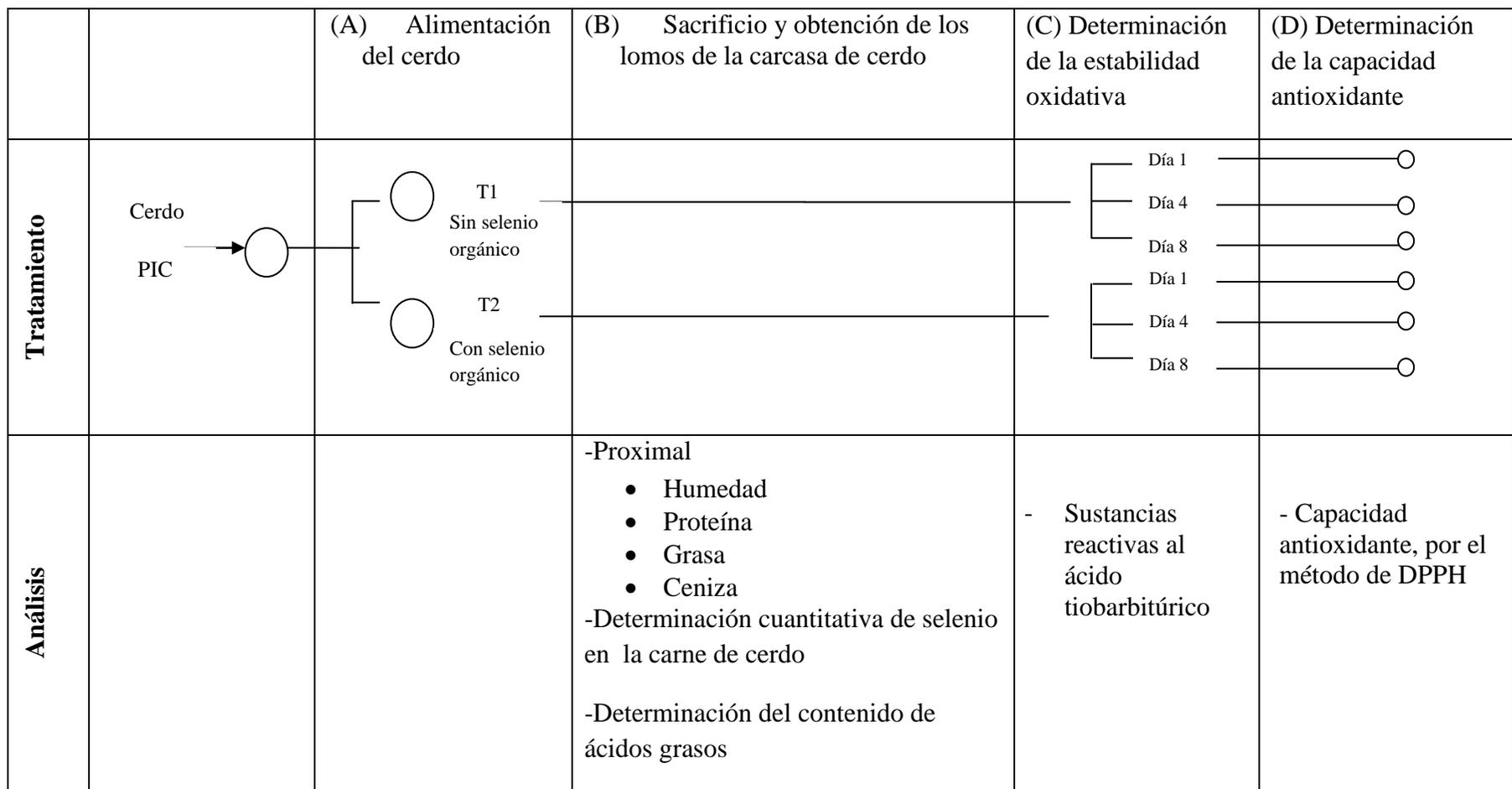
#### **a. ALIMENTACIÓN DE LOS CERDOS**

Se evaluaron dos grupos de 140 de animales, distribuidos en 7 corrales de 20 animales cada uno. El inicio del tratamiento se realizó en la segunda etapa de crecimiento (a los 100 días de edad). A un grupo se le administró la dieta control, es decir la dieta sin suplementación de selenio orgánico y al otro grupo se le administró la dieta con suplementación de selenio orgánico (200 g EconomasE-Alltech<sup>®</sup> por tonelada de alimento el cual contiene 0.3 ppm de selenio orgánico). En el Cuadro 4 se muestra la fórmula alimenticia que fue utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde. Mientras en el Cuadro 5 se muestra los valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde.

#### **b. SACRIFICIO Y MUESTREO DE LOMOS DE CERDO**

Transcurridos los 40 días de suplementación con selenio orgánico a la dieta (desde los 100 días hasta los 140 días de edad), llegando a un rango de peso promedio de 90kg, los cerdos fueron sacrificados. Los cerdos pasaron por el proceso de sacrificio pasando por el desangrado, escaldado, depilado, el corte de esternón, el eviscerado, oreo y finalmente la clasificación de cada canal para determinar el destino que va a seguir. Para el muestreo de los cerdos se siguió el procedimiento de muestreo de la NTP-ISO 2859-1 (2013). Para lo cual se determinó las condiciones del muestreo, siendo estas de un muestreo simple y de inspección reducida, puesto que las condiciones de calidad del proceso productivo (alimentación de los cerdos, crianza de los cerdos, parámetros de temperatura y tiempo del proceso de sacrificio, etc.) que posee la empresa ISAMISA están controladas y además que la empresa tiene implementado sistemas de calidad.

El tamaño de la muestra tomada completamente al azar por cada grupo (cerdos alimentados con una dieta sin suplementación de selenio orgánico y con suplementación de selenio orgánico) fue de 15 canales de cerdos, de las cuales se separaron los lomos de cerdo (*Longissimus dorsi*). Para las pruebas de estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante se tomaron 3 muestras de cada lomo de cerdo y se sacó un promedio, obteniéndose 15 datos promedio de lomo de cerdo los cuales fueron estudiados.



**Figura 7: Etapas de la investigación**

**Cuadro 4: Fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde**

Ingredientes	Primera etapa del crecimiento (81-95 días) kg	Segunda etapa del crecimiento (96-106 días) kg	Primera etapa del engorde (107-122 días) kg	Segunda etapa del engorde (123 -140 días) kg
Maíz Argentino 7.88%	673.41	628.96	614.93	635.96
T. Soya Granoisa+ VEG	187.53	154.45	132.74	143.81
Hominy Feed Saracolca	40	80	120	120
Afrecho de Trigo (SPT)	61.74	100	100	72.3
Aceite de Soya	6.95	9.37	6.05	0.76
Caronato de Calcio	7.22	7.74	8.53	8.27
Harina de Huesos- Llapan	8	4.87	3.53	3.82
Sal Común	4	4	3.5	3.5
Cloruro Colina 75%	0.4	0.4	0.4	0.4
Formcid RM	1	1	1	1
SUB-TOTAL	990.25	990.79	990.68	989.82
Sesquicarbonato Sodio	0.93	0.85	1.05	1.15
L-Lisina HCL	3.63	3.54	3.39	3.38
DL-Metionina	0.51	0.37	0.23	0.52
L-Treonina	1.03	1.05	1.01	1.35
Proapak 8	1	1	1	1
Allzyme Vegpro	1	1	1	1
Allzyme SSF Cardos+ Vegpro	0.2	0.2	0.2	0.2
Alquerfeed Antitox	0.5	0.5	0.5	0.5
Antidip	0.75	0.5	0.75	0.5
Enradin F80	0.063	0.063	0.063	0.063
Finalisse				0.375
Antox	0.13	0.13	0.13	0.13

**Cuadro 5: Valores nutricionales de la fórmula alimenticia utilizada para los cerdos en la etapa de crecimiento-engorde**

Ingredientes	Primera etapa del crecimiento	Segunda etapa del crecimiento	Primera etapa del engorde	Segunda etapa del engorde
Energía Metabólica( kcal/kg)*	3300	3300	3300	3300
Proteína Cruda %	16.57	15.67	14.98	15.32
Grasa Cruda %	4.43	5.34	5.69	5.18
Fibra Cruda %	3.00	3.34	3.40	3.20
Calcio %	0.72	0.63	0.61	0.61
Fosforo disponible %	0.34	0.30	0.28	0.28
Sodio %	0.21	0.21	0.20	0.20
Balance Electrolítico mEq/kg	150	150	150	150
Lisina digestible %	0.97	0.89	0.83	0.85
Met. + Cis. digestible %	0.53	0.49	0.46	0.49
Treonina digestible %	0.60	0.56	0.53	0.58
Triptofano digestible %	0.17	0.15	0.14	0.15
Valina digestible %	0.67	0.62	0.58	0.60
Isoleucina digestible %	0.69	0.61	0.57	0.60

\*Energía metabolizable (EM) kcal / kg de dieta completa

### **c. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Los lomos de cerdo obtenidos fueron utilizados para determinar la estabilidad oxidativa y la capacidad antioxidante de las muestras, para efectuar estos ensayos se trabajó con las muestras los días uno, cuatro y ocho de almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

### **3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.5.1. ANÁLISIS PROXIMAL**

Con la finalidad de caracterizar la materia prima se realizó el análisis proximal a la muestra del tratamiento 1: cerdos alimentados sin selenio orgánico y tratamiento 2: cerdos alimentados con selenio orgánico, para ello se emplearon los siguientes métodos:

- a) Determinación del contenido de humedad. Según el método de análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP- ISO 1442 (2006) de INDECOPI.
- b) Determinación del contenido de proteínas. Según el método de análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP 201.021 (2002) de INDECOPI.
- c) Determinación del contenido de grasa total. Según el método de Soxhlet, previo tratamiento ácido de la muestra, que cita la NTP 201.016 (2002) de INDECOPI.
- d) Determinación del contenido de cenizas Según el método de análisis de carne y productos cárnicos que cita la NTP 201.022 (2002) de INDECOPI.

#### **3.5.2. DETERMINACIÓN DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA POR EL MÉTODO DEL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBA)**

Para medir la oxidación lipídica se empleó el método descrito por Ahn *et al.* (1999); citados por Jung *et al.* (2010), con ligeras modificaciones, el cual se basa en la reacción del malondialdehído (MDA) con el ácido tiobarbitúrico (TBA) para obtener un pigmento rojo que se forma por la condensación de dos moléculas de TBA con una molécula de MDA. A continuación se describe el procedimiento para la determinación del contenido de malondialdehído:

Cada muestra de carne de cerdo de 10 g se homogenizó en 30 mL de agua en una licuadora durante 40 segundos. Se transfirió 2mL del sobrenadante a un tubo de ensayo. En el tubo de ensayo se añadió 100µL de BHT (7.2 por ciento en etanol) y 4mL de

solución TBA/TCA (20 mM de TBA en 15 por ciento de TCA, p/v), esta mezcla se homogenizó en un vortex durante 20 segundos.

Los tubos se calentaron en un baño María a 90 °C durante 30 minutos, luego fueron enfriados por 10 minutos en un baño de agua fría, tras lo cual las muestras fueron homogenizadas y centrifugadas a 5800 r.p.m. por 30 minutos.

Finalmente el sobrenadante fue leído a 532 nm en un espectrofotómetro. Al resultado obtenido se le restó el blanco el cual fue preparado colocando 2ml de agua destilada y 4ml de solución TBA/TCA (sin adición de BHT) y siguiendo el procedimiento anterior.

Los resultados se expresaron en mg de malondialdehído (MDA) por kilogramo de carne de cerdo, para ello se preparó una curva estándar utilizando 1,1,3,3,-Tetrametoxipropano (TEP) (ANEXO 1).

### **3.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

#### **a. Preparación de las muestras para determinación de la capacidad antioxidante**

Se licuó 3g de lomo de cerdo con 15 mL de agua destilada durante 1 minuto. Luego se le añadió 10 mL de cloroformo (para mejorar la separación y así evitar las interferencias de la grasa de la carne) y se agitó vigorosamente 2 a 3 veces. Los lípidos y el sobrenadante acuoso se separaron por centrifugación a 6270 rpm durante 15 minutos. El sobrenadante (fase hidrofílica) se utilizó para la medida de la capacidad antioxidante por los métodos DPPH (Jung *et al.*, 2010).

#### **b. Método DPPH (2,2- difenil-1-picrilhidrazilo)**

La cuantificación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, se realizó de acuerdo al método de Blois (1958), citados por Jung *et al.* (2010), con algunas

modificaciones. En el ensayo se hizo reaccionar 200  $\mu\text{L}$  del extracto con 800 $\mu\text{L}$  de agua destilada y 1mL de solución diluida de DPPH (solución de 0.08mM proveniente de 0.2mM de solución madre), la reacción se dio a temperatura ambiente (20-22°C) con agitación y protegida de la luz durante 30 minutos.

La absorbancia se leyó a 517nm y el resultado fue transformado en % de inhibición los cuales fueron reemplazados en dos curvas estándares considerando al Trolox y al ácido ascórbico, como equivalentes químicos (ANEXO 2 y ANEXO 3). Los resultados fueron expresados como TEAC (actividad antioxidante equivalente al Trolox) y VCEAC (Actividad antioxidante equivalente a la vitamina C).

La curva estándar correlaciona la concentración de Trolox ( $\mu\text{M}$ ) o ácido ascórbico ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) con el porcentaje de inhibición, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = 1 - \left( \frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del blanco}} \right) \times 100$$

### **3.5.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SELENIO EN CARNE DE CERDO**

La determinación cuantitativa de selenio en carne de cerdo fue mediante el análisis por activación neutrónica instrumental, según el método *ksubcero* (Simonits y De Corte, 1975).

La técnica del análisis por activación neutrónica instrumental (AANI) consistió en la irradiación de una muestra con neutrones para hacerla radioactiva y la medición de los rayos gamma emitidos por dicha muestra radiactiva, para identificar y cuantificar los diferentes elementos y minerales trazas presentes en la muestra (Bedregal *et al.*, 2009).

### **3.5.5. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CERDO**

Para la determinación de los ácidos grasos en la carne de cerdo por cromatografía de gases se realizó una extracción previa de grasa en frío según una modificación al método Bligh y Dyer (1959), siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- Una muestra de 500g de carne de cerdo se trituró y se homogenizó. Se tomó 20 gramos de carne de cerdo homogenizada y se colocó en un agitador.
- Después se adicionó 20 mL de cloroformo con 20 mL de metanol y se agitó por un minuto.
- Seguidamente se adicionó 20mL de cloroformo con 20 mL de agua y se volvió a mezclar por un minuto. Luego se filtró al vacío en un matraz de Kitasato y se trasvasó el filtrado en un embudo de decantación para separar las fases y recuperar la fase de cloroformo que es la que contiene la grasa.
- Se utilizó sulfato de sodio y papel filtro, para filtrar esta solución de cloroformo con los ácidos grasos.
- Después se colocó la muestra en el rotavapor a 40°C para facilitar la evaporación del cloroformo.
- Luego que se evaporó el solvente, se tomó con una pipeta pasteur la muestra y se colocó cuatro gotas de muestra equivalente a 60 mg en cada tubo de ensayo y se disolvió la grasa con 3 mL de éter de petróleo. Se agitó en un vortex para disolver la grasa en el éter.
- Luego se agregó 200µL de NaOH 2N en metanol. Se agitó en un vortex por un minuto y se colocó las muestras en baño maría por 20 segundos., se agitó nuevamente
- Posteriormente, se añadió ácido clorhídrico 2N en metanol y se agitó en el vortex.
- Luego se centrifugó la muestra a 3000 rpm por siete minutos.
- Luego con ayuda de una pipeta pasteur se colocó la muestra en 2 viales para ser colocado en el cromatógrafo de gases.

La separación e identificación de los ácidos grasos se llevó a cabo empleando un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama de hidrógeno (FID). El cromatógrafo estuvo equipado con una columna capilar Supelcowax – 10 de sílica fundida marca Supelco de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25  $\mu$ m de espesor de película.

Condiciones de análisis:

- Gas hidrógeno con un mínimo de pureza de 99.995%.
- Temperatura del horno: 240 °C (inicial 50 °C mantenida 1 min, aumento a 150 °C a velocidad de 10 °C por minuto y mantenimiento a esa temperatura durante 1 minuto, subida a 180 °C a 12 °C por minuto, incremento a 188 °C a 2 °C por minuto y mantenimiento durante 6 minutos, subida a 220 °C a 2 °C por minuto y 2 minutos de mantenimiento, e incremento de temperatura hasta 240 °C a 20 °C por minuto a la que se mantuvo durante 7 min.
- Temperatura del inyector: 250 °C
- Temperatura del detector: 260 °C
- Presión del hidrógeno: 5 psi
- Split: 100 : 1
- Inyección: 1  $\mu$ l

La identificación de los ácidos grasos se llevó por comparación de los tiempos de retención con el mix de estándares PUFA N°1, Marine source 100 mg LOTE LB78691 Supelco y FAME. mix. C4-C24 Unsaturates. 100mg. Supelco.

En la determinación del perfil de ácidos grasos se obtuvieron porcentajes relativos de las áreas de cada uno de los ácidos grasos que componen la grasa, la sumatoria de todas las áreas fue el 100 %. Los resultados se expresaron en la presente investigación en porcentaje de cada ácido graso sobre el total de ácidos grasos para fines de comparación.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el factor tipo de dieta y el factor tiempo de almacenamiento de carnes se evaluó si existe o no diferencia estadística con un diseño completamente al azar (DCA) aplicando un arreglo factorial para cada uno de los factores indicados en forma independiente, el que se analizó con un análisis de varianza (ANOVA), que en caso de ser significativo ( $p < 0.05$ ) se continuó con el estudio aplicando el test de comparaciones múltiples de Duncan. Se utilizará el paquete estadístico Statgraphics Centurion®.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE CERDO**

#### **4.1.1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA CARNE DE CERDO**

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del contenido de humedad, grasa, proteína, cenizas y carbohidratos de las muestras de carne provenientes de cerdos sometidos a una dieta suplementada con selenio orgánico y sin selenio orgánico donde se puede observar la composición química entre ambas muestras. Para estas determinaciones, con fines de caracterización, se suele utilizar la carne proveniente del músculo *Longissimus dorsi* (Ramos, 2008). El análisis estadístico se puede observar en los ANEXOS 7 al ANEXO 15.

En términos de extracto seco se observa que no existen diferencias significativas en el contenido de proteína, cenizas, sin embargo, si existen diferencias significativas en el contenido de grasa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico y sin selenio orgánico. Dicha diferencia es explicada por Huerta-Leidenz *et al.* (2003) quienes indican que existen factores que influyen sobre la composición química de la carne, como el genotipo, el estado fisiológico, la dieta, el sistema de manejo, el tipo de músculo, entre otros. Es decir, en este caso, la dieta suplementada con selenio podría ser un factor que haya causado la variación en la composición de la grasa.

Además se observa que existen diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad ( $p < 0.05$ ). Los cálculos de valor nutricional requieren del conocimiento del contenido de humedad, el cual varía enormemente para poder expresar los resultados sobre extracto seco y húmedo (Carballo *et al.*, 2001; citado por Ramos, 2008). El

músculo de los animales adultos contiene 70 a 78 por ciento de agua, 15 a 22 por ciento de proteínas, 1 a 13 por ciento de grasa, 1 a 2 por ciento minerales y menos de 2 por ciento de hidratos de carbono (Pearson y Young, 1989). Los valores de proteínas, grasa, minerales, hallados en las muestras analizadas se encontraron dentro de los rangos reportados por dicho autor. Se debe tener en cuenta que estos valores varían con la raza y el tipo de corte en cada país. Los valores de las tablas de composición química de los diferentes tipos de carne deben observarse cuidadosamente porque muy pocas especifican el tipo genético y músculo (Ramírez, 2004).

**Cuadro 6: Contenido de humedad, grasa, proteína, cenizas y carbohidratos de las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi* de cerdos sometidos a una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (g/ 100 g de muestra original)**

Ensayo	Base húmeda		Base seca	
	Promedio $\pm$ SD Dieta con selenio orgánico	Promedio $\pm$ SD Dieta sin selenio orgánico	Promedio $\pm$ SD Dieta con selenio orgánico	Promedio $\pm$ SD Dieta sin selenio orgánico
Humedad	67.74 $\pm$ 1.08 <sup>a</sup>	70.30 $\pm$ 0.99 <sup>b</sup>		
Grasa	8.05 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	8.45 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	24.94 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>	28.47 $\pm$ 0.42 <sup>b</sup>
Proteína	20.87 $\pm$ 4.79 <sup>a</sup>	18.67 $\pm$ 6.58 <sup>a</sup>	64.69 $\pm$ 14.85 <sup>a</sup>	62.86 $\pm$ 22.15 <sup>a</sup>
Cenizas	1.20 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	1.17 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	3.72 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	3.95 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>
Carbohidratos	2.14 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.40 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	6.64 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	4.73 $\pm$ 0.67 <sup>b</sup>

Los datos muestran el promedio y su desviación estándar (n=3)

Las letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

En términos de base húmeda se observa que el contenido promedio de grasa para las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico fue de 8.05 por ciento y que el contenido de grasa para las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin suplementación de selenio orgánico fue de 8.45 por ciento. En este caso no presentan diferencias significativas.

Estos valores fueron superiores al porcentaje mencionado por Mabry y Bass (2001) quien reporta que por debajo del 2 por ciento de grasa en el músculo podría ser responsable de rechazo en el consumidor. Además el autor menciona que el contenido en grasa intramuscular tal vez sea el parámetro de la composición proximal con mayor efecto sobre la calidad de la carne.

En el presente estudio se determinó un contenido de proteínas en base húmeda de 20.87 por ciento y 18.67 por ciento en muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y sin selenio orgánico, respectivamente. Según Cáceres (2001), citado por Ramos (2008), el contenido medio de proteína en carne de cerdo es de 21.8 por ciento, es decir cercano al valor hallado en el estudio.

Los valores obtenidos del análisis proximal en base seca fueron cercanos a los valores mencionados por Ramos (2008) quien reportó para el caso de proteínas un 67.58 por ciento, para el caso de grasa un 24.72 por ciento y para el caso de cenizas un 3.64 por ciento. Estos datos que menciona el autor son provenientes de la composición proximal del músculo *Longissimus dorsi* del cerdo criollo peruano. Mientras que el análisis proximal realizado en el presente estudio provienen de cerdos de la línea comercial PIC. Es decir cerdos de madre Camborough 29, y de padre MP- 410. Es decir, los valores de la composición de las proteínas, grasas, cenizas en carne de cerdo, pueden depender de la raza de origen.

#### **4.1.2. CONTENIDO DE SELENIO EN LA CARNE DE CERDO**

En el Cuadro 7 se muestra los resultados de la cuantificación de selenio tanto para la muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico, como para las muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico. El análisis estadístico se presenta en el ANEXO 16 y ANEXO 17.

**Cuadro 7: Contenido de selenio en carne de cerdo (*Longissimus dorsi*) provenientes de una dieta suplementada con selenio orgánico y una dieta sin selenio orgánico (mg/kg)**

Muestra	Base Seca	Base Húmeda
Contenido de selenio en la carne de cerdo proveniente de una dieta sin selenio orgánico (mg/kg)	1.5±0.3 <sup>a</sup>	0.45±0.09 <sup>a</sup>
Contenido de selenio en la carne de cerdo proveniente de una dieta suplementada con selenio orgánico (mg/kg)	2.0± 0.1 <sup>a</sup>	0.65±0.03 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ );  $r=3$

Como se observa en el Cuadro 7, la concentración de selenio en la carne de cerdo provenientes del músculo *Longissimus dorsi* fue de 0.65 ppm para los cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico, mientras que para los muestras de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico, el contenido fue de 0.45 ppm. Según WHO (1987); citado por Institute of Medicine (2000), el contenido de selenio en los alimentos varía dependiendo del contenido de selenio en el suelo donde la planta creció y del contenido de selenio de los alimentos que los animales consumieron, en el músculo de la carne de animales el contenido de selenio varía de 0.1 a 0.4 ug/g. El contenido de selenio en las muestras de carne evaluadas, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico, fueron superiores al contenido mencionado por el autor. Esto puede ser debido al contenido de selenio presente en los insumos de la alimentación y suplementación.

Como se aprecia en los resultados el contenido de selenio en base seca en las muestras de carne, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico es mayor al de la muestra de carne, de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico (control); sin embargo, no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Al respecto, Giraldo *et al.* (2010) señalan que el selenio es un mineral que puede ser depositado en diferentes niveles en los tejidos, según la cantidad y la fuente de selenio adicionado en las dietas animales. En muchas partes del mundo el consumo

de este mineral es insuficiente y no cumple con los requerimientos de las personas, es ahí donde productos de origen animal como la carne de cerdo enriquecida con selenio juega un papel importante.

Según el Institute of Medicine (2000) la ingesta diaria recomendada (RDA, nivel de ingesta en la dieta que es suficiente para cubrir las necesidades de nutrientes de casi todos los individuos sanos de un grupo), de selenio en la dieta de hombres y mujeres es de 55  $\mu\text{g}$  al día y el nivel tolerable de ingesta máximo (UL) de selenio es de 400  $\mu\text{g}$  al día en adultos, es decir, es el nivel más alto de la ingesta diaria de selenio que es probable que no representen ningún riesgo de efectos adversos para la salud en adultos humanos. A medida que aumenta la ingesta por encima de la UL (niveles tolerables de ingesta máxima), el riesgo de efectos adversos aumenta.

Por lo tanto, al consumir 100 gramos de lomo de cerdo diarios de las muestras de carne, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico se estaría consumiendo 65  $\mu\text{g}$  de selenio al día, mientras si se consumen 100 gramos de carne provenientes de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico se estaría consumiendo 48  $\mu\text{g}$  de selenio al día. Es decir con las muestras de carne, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico se estaría cubriendo la ingesta diaria recomendada (RDA) y puede que no genere ningún peligro para la salud de los adultos ya que el contenido de selenio se encontró por debajo del nivel tolerable máximo. Lo cual concuerda con Bobcek *et al.*, (2004) quienes mencionan que una suplementación con selenio orgánico en una dieta de cerdo es una de las posibilidades de resolver los problemas de suministro suficiente de selenio en la nutrición humana (Bobcek *et al.*, 2004).

Como se observa en el Cuadro 7, en los cerdos que no fueron alimentados con selenio orgánico, mostraron presencia de selenio en sus tejidos. Esto puede deberse a que el selenio se encuentra presente en los vegetales usados como alimentos los cuales depende de la composición del terreno en el que han sido cultivados (Bruttomesso y Razzoli, 2000). Además el hígado, riñón y los músculos, contienen generalmente concentraciones más elevadas de selenio y los valores de estos se modifican por el consumo en la dieta (Church y Pond, 1992; citado por Segovia, 2005).

## 4.2. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CERDO

En el Cuadro 8 se muestra el contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne de cerdo, originario del músculo *Longissimus dorsi*, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico. El análisis estadístico se puede observar en el ANEXO 18 al ANEXO 29.

Los ácidos grasos están implicados en varios aspectos tecnológicos de la calidad de carne ya que afectan al punto de fusión de la grasa, así como su textura, color y valor nutritivo. Esto último debido principalmente a la mayor o menor presencia de ácidos grasos poliinsaturados o esenciales (Wood *et al.*, 2004).

Por otra parte, los ácidos grasos insaturados sobre todo aquellos con más de dos dobles enlaces, son propensos a oxidarse rápidamente, lo que puede ser limitante sobre la vida útil de la carne (Wood *et al.*, 2004).

Las muestras de carne del músculo *Longissimus dorsi*, provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico, el ácido graso encontrado en mayor proporción fue el C18:1  $\eta$ -9 (ácido oleico), con 34.14 por ciento seguido por el C16:0 (ácido palmítico) con 23.78 por ciento.

Estos ácidos grasos también fueron encontrados en mayores proporciones en el estudio realizado por Martínez *et al.* (2012) en el músculo *Longissimus dorsi* provenientes de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico (0.45 ppm), donde se mostró mayores niveles de ácido esteárico (34.36 por ciento), ácido palmítico (25.83 por ciento), ácido oleico (12.08 por ciento) en el perfil de ácidos grasos.

De igual forma, las muestras de carne del músculo *Longissimus dorsi*, de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico, el ácido graso encontrado en mayor proporción fue el C18:1 *n*-9 (ácido oleico), con 39.47 por ciento seguido por el C16:0 (ácido palmítico) con 23,79 por ciento.

**Cuadro 8: Contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular, expresados como porcentaje de ácidos grasos totales (peso/peso)**

Ácido graso	% Promedio $\pm$ SD	% Promedio $\pm$ SD
	Dieta con selenio	Dieta sin selenio
C 14:0 (Mirístico)	1.40 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.37 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
C 16:0 (Palmítico)	23.78 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>	23.79 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>
C 16:1 (Palmitoleico)	1.80 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	2.46 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
C:17:0 (Heptadecanoico)	0.31 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
C 18:0 (Esteárico)	11.39 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	10.89 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>
C 18:1 $\eta$ -9 (Oleico)	34.14 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	39.47 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>
C 18:1 $\eta$ -7 (Vaccenico)	2.32 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	3.14 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>
C 18:2 $\eta$ -6 (Linoleico)	21.84 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>	15.90 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>
C 18:3 $\eta$ -3 ( $\alpha$ -Linolénico)	0.69 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.49 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
C 20:1 $\eta$ -9 (Eicosaenoico)	0.57 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.62 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
C 20:2 (Eicosadienoico)	0.70 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.56 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>
C 20:3 $\eta$ -6 (Eicosatrienoico)	0.78 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.81 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>

Valores promedio en la misma fila con diferente letra presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ );  $r=2$

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los ácidos palmitoleico, heptadecanoico, esteárico, oleico, vaccenico, linoleico, linolénico y eicosadienoico entre ambos tratamientos por lo que puede que el selenio orgánico cause estas diferencias.

Sin embargo, Skrivanová *et al.* (2007) encontró que la dieta con selenio orgánico (0.5 ppm) no tiene un efecto en el perfil de ácidos grasos del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* en terneros los cuales recibieron una dieta control y una dieta con selenio orgánico. Posiblemente el perfil de ácidos grasos se vea afectado teniendo en cuenta la concentración de selenio que se suministre, el músculo y la especie que se evalúe. Aún no se han realizado muchas investigaciones que relacione el efecto del selenio orgánico sobre el perfil de ácidos grasos en cerdo. Según Shafer (2004) la deficiencia del selenio afecta la concentración de lípidos y la composición de los ácidos grasos en el hígado de ratas. En una de las investigaciones que se realizaron años atrás relaciona la participación del selenio en la desaturación de los ácidos grasos modificando el perfil de

ácidos grasos (Infante, 1986). Según De Met *et al.*, (2004) el índice de desaturación hacia estearoil CoA es el paso terminal en la desaturación y conversión de los ácidos mirístico, palmítico y esteárico hacia los ácidos grasos monoinsaturados, miristoleico, palmitoleico y oleico, respectivamente. Martínez *et al.*, (2012) mencionan en su estudio que las muestras de carne de cerdo provenientes de cerdos alimentados con 0.18ppm de selenio orgánico en la dieta base generaron un índice de desaturación de 70% mientras que las muestras de carne de cerdo provenientes de cerdos que consumieron un concentrado que contenía 0.45ppm de selenio orgánico presentaron un índice de desaturación de 30%. Por lo tanto, una mayor concentración de selenio en la dieta puede que disminuya la desaturación y así evitar una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados los cuales son susceptibles a la oxidación.

Por otra parte, aunque todos los ácidos grasos insaturados son susceptibles a la oxidación, el problema es más grave cuando mayor es el número de dobles enlaces, dado que es en los dobles enlaces donde se inicia la rotura de la molécula.

Así, tanto el ácido linoleico como el linolénico tienen la misma longitud de la cadena (18 átomos de carbono), pero el ácido linolénico tiene tres dobles enlaces, mientras que el ácido linoleico tiene dos; por lo tanto su velocidad de oxidación será en consecuencia mucho mayor (Warriss, 2003). Por lo tanto, es importante ponerle atención a la proporción de los ácidos linoleico y linolénico presentes en las muestras analizadas de carne de cerdo, ya que una alta proporción de estos ácidos grasos podrían generar problemas en la carne como la oxidación.

Las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi*, de cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico y de una dieta sin selenio orgánico presentaron un 21.84 por ciento y un 15.90 por ciento de C18:2  $\eta$ -6 (ácido linoleico), respectivamente, presentando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) siendo mayor en el tratamiento con selenio orgánico.

Similares resultados, fueron encontrados por Martínez *et al.* (2012) quienes mencionan en su estudio que en las muestras de carne de cerdo del músculo *Longissimus dorsi*, el ácido linoleico fue mayor en el tratamiento con selenio orgánico (0.45ppm)

obteniéndose 22.47 por ciento respecto al control de 13.07 por ciento (0.18 ppm de selenio en la dieta base) presentándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Por otra parte, el músculo *Longissimus dorsi* proveniente de una alimentación con selenio orgánico y sin selenio orgánico presentaron un 0.69 por ciento y un 0.49 por ciento de C18:3  $n$ -3 (ácido linolénico), respectivamente; presentando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) siendo mayor en el tratamiento con selenio orgánico.

Según Bañón *et al.* (2000) el aporte de aceite de soya va a incrementar de forma efectiva la cantidad de ácido linoleico en el cerdo. Por lo que, el alto porcentaje de ácido linoleico en las muestras analizadas puede deberse al posible contenido de omega 6 en la dieta. En el Cuadro 4 se observa que dentro de la fórmula de alimentación que recibieron los cerdos, estuvo presente alimentos vegetales como el maíz, aceite de soya, torta de soya, posibles fuentes de omega 6. Además Bañón *et al.* (2000) mencionan que el ácido linoleico tiene una fuerte dependencia de la alimentación ya que no puede ser sintetizado por el cerdo.

En el Cuadro 9 se observa el contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes. El análisis estadístico se puede observar en el ANEXO 30 al ANEXO 36.

En el Cuadro 6, se observa que el tratamiento sin selenio orgánico presentó mayor contenido de grasa. Mientras en el Cuadro 9 se observa que el tratamiento sin selenio orgánico presentó un menor nivel de ácidos grasos poliinsaturados, siendo superior en el tratamiento con selenio orgánico.

Como mencionan Martínez *et al.* (2012) existe una relación entre los niveles de engrasamiento de la canal y los niveles de grasa intramuscular con la distribución del perfil de ácidos grasos, de manera que al aumentar el nivel graso, aumenta el nivel de ácidos grasos saturados y disminuye el nivel de ácido graso poliinsaturado.

Esto se pudo apreciar en el presente estudio, debido a que el tratamiento control presentó mayor nivel de grasa, además presentó bajo contenido de ácidos grasos

poliinsaturados respecto al tratamiento con selenio orgánico. El análisis estadístico se puede observar en el ANEXO 30 al ANEXO 36.

**Cuadro 9: Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)**

Ácidos Grasos	% Promedio $\pm$ SD Con selenio	% Promedio $\pm$ SD Sin selenio
Saturados	36.87 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	36.29 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>
Monoinsaturados	38.82 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	45.68 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>
Poliinsaturados	24 $\pm$ 0.44 <sup>a</sup>	17.75 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>
AGPI/AGS	0.65 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.49 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
$\eta$ -3	0.69 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.49 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
$\eta$ -6	22.62 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>	16.71 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
$\eta$ -6/ $\eta$ -3	32.78 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>	34.45 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>
C18:0/ C18:2	0.52 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.68 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
ND	0.31	0.29

Valores promedio en la misma fila con diferente letra presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

Por el contrario, un alto contenido en ácidos grasos saturados, particularmente en ácido esteárico, es un factor de grasa firme, blanca y de calidad (Chanvel y Saulnier, 1988). Una grasa se considera blanda (fácilmente oxidables) si el porcentaje de ácido linoleico sobrepasa el 15 por ciento, o si la relación C18:0/C18:2 es menor de 1.5 (Wood *et al.*, 1989). En este caso, ambas dietas proporcionaron grasas con un porcentaje de ácido linoleico de 21.84 por ciento y 15.90 por ciento superiores al 15 por ciento como señala dicho autor para grasas blandas. Además, presentaron un cociente C18:0/ C18:2 de 0.52 y 0.68 correspondiente a la dieta con selenio orgánico y sin selenio orgánico respectivamente; por lo tanto son valores menores de 1.5. Es decir, a la luz de estos valores, se podría esperar que estas grasas sean susceptibles a la oxidación durante el almacenamiento y procesamiento. A los problemas de enranciamiento que generan sabores, olores y colores desagradables en los productos cárnicos, habría que sumar los efectos perjudiciales para la salud de ciertos compuestos de oxidación de los lípidos de la carne (Bañón *et al.*, 2000).

Respecto al consumo de este tipo de carne en humanos, las últimas recomendaciones nutricionales están prestando cada vez una mayor atención a la proporción entre los ácidos grasos  $\eta$ -6 y  $\eta$ -3 en la carne, ya que las dietas de los seres humanos basados en alimentos con unos ratios  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 inadecuados se han relacionado con ciertos tipos de cánceres y enfermedades del corazón (Enser *et al.*, 2001; citado por Mas *et al.*, 2011). Sin embargo, en el caso de la carne de cerdo es realmente difícil reducir el valor de este ratio, ya que la dieta de los cerdos se compone de cereales con un alto contenido en C18:2 que produce un elevado ratio de  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 (Wood *et al.*, 2004). La Organización Mundial de la Salud no sólo establecen el valor diario recomendado de cada nutriente, sino que también, fija los valores aceptables de las relaciones  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 como así la relación de los AGIP/AGS que deberían ser de 4 a 10 y mayor a 0.4, respectivamente (Fernández *et al.*, 2010).

En el presente estudio, el ratio  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 de la grasa intramuscular en aquellos animales que tomaron la dieta suplementada con selenio orgánico fue de 32.78 y de aquellos que tomaron la dieta control fue de 34.45 (sin selenio orgánico), sin embargo, en ambos grupos los resultados obtenidos se encontraron muy por encima de los niveles recomendados, menor a 4.0 mencionado por Enser (2001), citado por Mas *et al.* (2011), y por la Organización Mundial de la Salud (Fernández *et al.*, 2010). Este desbalance hacia los  $n$ -6 (mayormente ácido linoleico) es posiblemente dado cuando se emplean aceites y grasas de origen vegetal en la alimentación de los animales, tal como se presentó en la dieta de los cerdos como se puede observar en el Cuadro 4.

En un estudio llevado a cabo por Enser *et al.* (1996), citado por Mas *et al.* (2011), se obtuvieron en la grasa intramuscular de cerdos unos valores de 0.58 para la ratio AGPI/AGS. En el presente estudio se obtuvo 0.65 y 0.49 correspondiente a la dieta suplementada con selenio orgánico y sin selenio orgánico respectivamente. Por lo tanto, ambos estudios obtuvieron ratios AGPI/AGS en cerdo superiores al mínimo recomendado por la OMS (AGPI/AGS mayor a 0.4).

Por lo que se podría asumir que la carne analizada tiene un buen balance de AGPI/AGS, pero no hay que dejar de lado la relación de omega 6 entre omega 3. El exceso de omega-6 sobre omega-3 desplaza el equilibrio redox celular y provoca

alteraciones en la expresión de importantes proteínas reguladoras y, como consecuencia, desórdenes en los procesos modulados por ellas, que contribuyen al desencadenamiento de enfermedades tumorales, cardiovasculares, inflamatorias, autoinmunes y neurodegenerativas (Simopoulos, 2004).

Es decir, el equilibrio omega-6/omega-3 debe contribuir a la prevención de dichas enfermedades. Para conseguir este equilibrio con efectividad no basta con igualar las cantidades de omega-6 y omega-3 de la dieta, sino que el equilibrio redox celular requiere la combinación de los omega-3 con antioxidantes de acción sinérgica (Palanca *et al.*, 2006).

Por otro lado, la elevada cantidad de ácidos grasos monoinsaturados que se observa en el Cuadro 9 pueden ser considerados cantidades de ácidos grasos deseables para la salud humana ya que están relacionados con un efecto hipocolesterolémico. Además, los ácidos grasos monoinsaturados reducen los niveles de LDL y aumentan los HDL (lipoproteínas de alta densidad) no asociadas con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Smith, 1993).

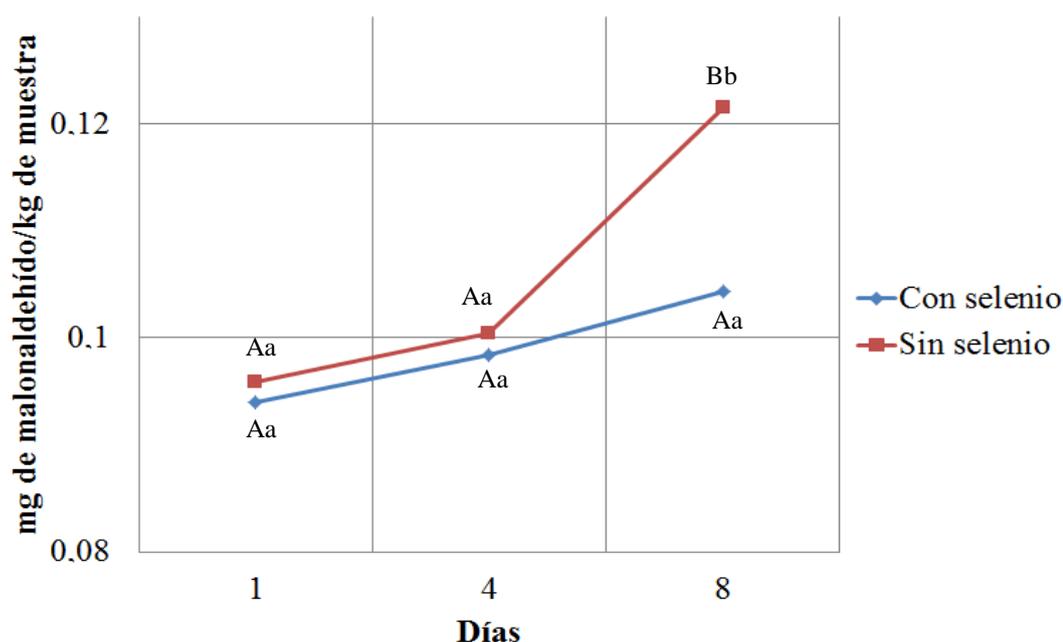
#### **4.3. CONTENIDO DE SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO DE LAS MUESTRAS DE CARNE DE CERDO**

La información existente sobre el nivel máximo aceptable de oxidación en carne fresca, en carne almacenada en refrigeración, en carne almacenada en congelación y en productos cárnicos no es muy uniforme. La medida del índice de peróxidos es muy poco repetitiva porque mide compuestos intermedios de la oxidación que pueden aumentar o disminuir con el transcurso de la misma, por lo que se suele recurrir al índice del ácido tiobarbitúrico o TBA (expresado como mg de MDA por kg de carne) (López *et al.*, 1999). Es por esta razón que se realizó la evaluación de la oxidación lipídica a través de este método durante ocho días de almacenamiento a  $4^{\circ} \text{C} \pm 0.5$ .

Los resultados de los contenidos de mg de MDA/kg muestra de 15 muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi*, de cerdos sometidos a los diferentes tratamientos: dieta suplementada con selenio orgánico y dieta sin selenio orgánico,

almacenadas bajo refrigeración por ocho días; se observan en la Figura 8. El análisis estadístico se puede observar en el ANEXO 37 al ANEXO 42.

El contenido de malondialdehído para las muestras sin selenio orgánico fueron de 0.096; 0.1; 0.122 mg MDA /kg de muestra para los días uno, cuatro y ocho de almacenamiento respectivamente, mientras que para la muestra de cerdos alimentados con selenio orgánico el contenido de MDA fue menor siendo los valores de 0.094; 0.098; 0.101 mg MDA /kg de muestra para los diferentes días de almacenamiento. Estos valores son inferiores a 0.5 los cuales según López et al. (1999) corresponden a carne de una calidad óptima. No obstante, la medida es muy heterogénea y puede variar notablemente entre laboratorios y entre ensayos, por lo que las comparaciones son de poca utilidad cuando no son en las mismas situaciones comerciales o experimentales. Por encima de un valor inicial, lo más importante es la tendencia a sufrir procesos oxidativos.



<sup>A, B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n=15$

<sup>a,b</sup>. Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por día no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ )

**Figura 8: Evolución de la oxidación lipídica (mg MDA/ kg de muestra) en las muestras de cerdo (*Longissimus dorsi*) almacenadas por ocho días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$**

El malondialdehído puede formar complejos con aminoácidos, proteínas, glucógeno y otros constituyentes alimenticios en la que el malondialdehído es una forma ligada (Kwon *et al.*, 1965; citado por Fernández *et al.*, 1997).

Resulta difícil determinar las condiciones óptimas para la liberación del malondialdehído de estas formas ligadas, que difieren de un material a otro y que requieren diferentes condiciones de hidrólisis. Además, resulta muy difícil hidrolizar todo el malondialdehído ligado a las proteínas de la carne sin emplear condiciones ácidas fuertes y calentamiento (Kwon *et al.*, 1965; citado por Fernández *et al.*, 1997), que peligraría la estabilidad del complejo MDA-TBA (Draper *et al.*, 1986; citado por Fernández *et al.*, 1997) y ocasionaría problemas relacionados con la recuperación cuantitativa del MDA durante el test de TBA. Este es un factor que no podemos controlar en la prueba y que puede afectar nuestros resultados, sin embargo, el objetivo de la presente investigación no fue cuantificar el contenido de malondialdehído, sino medir el grado de oxidación lipídica general y observar diferencias entre los tratamientos (con selenio orgánico y sin selenio orgánico).

Ross y Smith (2006), citados por Arbizu (2011), señalaron que el método del ácido tiobarbitúrico puede ser usado para determinar el grado de oxidación lipídica en general, mas no para cuantificar la cantidad de malondialdehído formado.

Analizando los cambios que se dieron en la formación de MDA para los dos tratamientos y tomando al tiempo como factor constante, se observó que no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de carne de cerdo provenientes de una dieta con suplementación de selenio orgánico y las muestras de carne de cerdo provenientes de una dieta sin selenio orgánico, en los días uno y cuatro de almacenamiento.

Sin embargo, en el día ocho se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos tratamientos, siendo mayor el contenido de malondialdehído en las muestras, de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico, es decir se presentó una mayor oxidación lipídica. En un estudio realizado por Vignola *et al.* (2009) se menciona que solo al noveno día post mortem fue cuando los resultados de mg de MDA/kg mostraron

diferencias significativas entre la suplementación con selenio orgánico y el control en muestras de cordero. Lo que podría significar que en los primeros días de almacenamiento en refrigeración no se observa una oxidación lipídica significativa en muestras de carne.

En el estudio realizado por Li *et al.* (2011) mencionan que los resultados de TBARS, provenientes del músculo *Longissimus dorsi* en cerdos de 49 días de edad alimentados por 56 días con 0 mg Se/kg de selenio orgánico, mostraron en la dieta control un 0.85 mg MDA/kg mientras que en la dieta con 0.3 mg Se/kg se obtuvo 0.50 mg MDA/ kg. Por lo tanto, la suplementación en la dieta con selenio orgánico al 0.3 mg Se/kg favoreció a una menor oxidación lipídica a diferencia de la suplementación control (sin selenio orgánico).

Esta diferencia también se observó en la experimentación del presente trabajo encontrándose diferencias significativas a partir del día ocho de almacenamiento siendo menor la oxidación en el tratamiento con selenio orgánico 0.101 mg MDA/ kg y mayor en el tratamiento sin selenio orgánico 0.122 mg MDA/ kg .

Al evaluar el efecto de cada tratamiento por el tiempo de suplementación no se encontraron diferencias significativas entre los días uno, cuatro y ocho de almacenamiento en las muestras de cerdo alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico. Sin embargo, en el caso de las muestras de cerdo alimentados con una dieta sin selenio orgánico, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores hallados en el día cuatro y ocho de almacenamiento; y los días uno y ocho de almacenamiento. Por lo que se puede decir, que con el tratamiento con selenio orgánico hubo una mayor estabilidad en el tiempo ya que no se encontraron diferencias significativas a través del tiempo.

En la Figura 8 se puede observar que las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi*, de los cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico presentaron valores más altos comparados con las de los cerdos alimentados con una dieta suplementada con selenio orgánico, además se observa que conforme pasan los días de almacenamiento a  $4^{\circ} \text{C} \pm 0.5$ ; estos valores van aumentando.

En un estudio realizado por Fasseas *et al.* (2007) en muestras de cerdo y bovino utilizando como antioxidantes orégano y aceite de sage en la alimentación, muestra que el tiempo de almacenamiento tiene un efecto significativo en la oxidación de la carne, señalando que altos niveles en el ensayo de TBA fueron apreciados después del día ocho de almacenamiento en carne de cerdo y bovino.

Mientras que en el estudio de Huang *et al.* (2011) se encontró que el tiempo de almacenamiento tiene un efecto en la oxidación de la carne, presentando altos niveles en el ensayo de TBA después de seis días de almacenamiento en carne de cerdo y bovino. Es decir, el tiempo de almacenamiento es un factor que se puede tener en cuenta cuando se estudian la oxidación lipídica de las carnes de cerdo.

En un estudio realizado por Krska (2001) no se encontró diferencias significativas en valores de TBARS en el músculo *Longissimus dorsi* (refrigerados por siete días) en cerdos que fueron alimentados con selenio orgánico. Señalando que la suplementación con selenio orgánico no afecta la estabilidad oxidativa en el músculo *Longissimus dorsi*. Además concluye que una administración con selenio orgánico (0.3 mg/kg alimentados por 60 días) podría influenciar positivamente en el color y en la estabilidad oxidativa siempre y cuando se suplemente con vitamina E (200mg/kg en la alimentación por 60 días).

En el estudio realizado por O'Grady *et al.* (2001) se analizó la dieta (base) con la cual se alimentó al ganado vacuno, donde se encontró que la concentración de selenio era alta, y eso podría explicar porque la concentración de selenio en el músculo *Longissimus* de la carne de res no respondió a la suplementación del selenio (0.3ppm selenio orgánico) .

Se han reportado correlaciones lineales significativas entre selenio en la dieta y la concentración de selenio en el tejido en cerdos (Ku *et al.*, 1972; Moksnes *et al.*, 1982; mencionado por O'Grady *et al.*, 2001). Sin embargo, se informó que la correlación entre selenio en la dieta y selenio en el tejido en cerdos es lineal en concentraciones bajas de selenio en la dieta. Pero cuando se encuentra una concentración alta de selenio en la dieta base se llega a una estabilización en las concentraciones de selenio en el tejido.

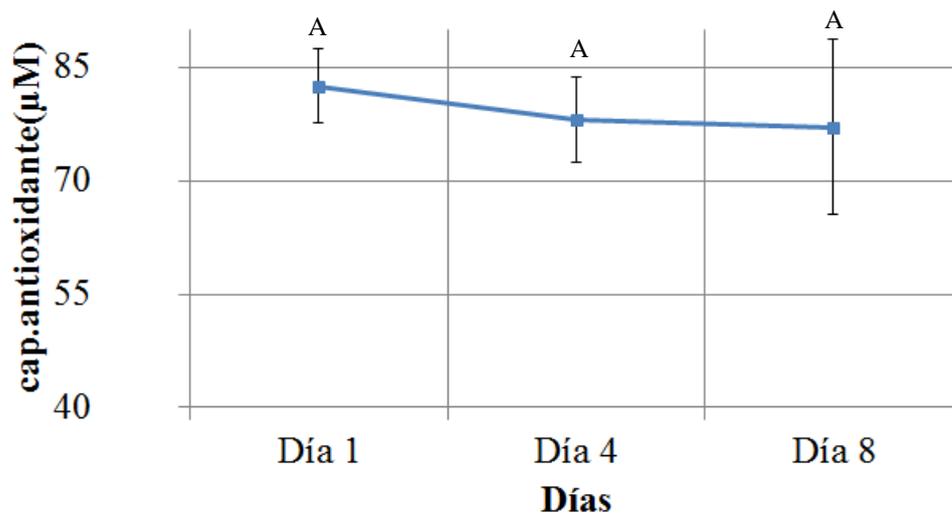
Es por esto que O' Grady *et al* (2001) menciona que el músculo no respondió a la suplementación de selenio. Por lo que la falta de un efecto del selenio en la dieta sobre la actividad de la glutatión peroxidasa y la estabilidad oxidativa en el músculo es probablemente una consecuencia de un alto nivel de selenio en la dieta basal o dieta base. En la Figura 6 se observa que no hubo diferencias significativas en los días uno y cuatro de almacenamiento entre tratamientos. Esto puede ser debido a que el contenido de selenio en la dieta basal o base podría haber sido alta y el músculo no haya respondido a la suplementación con selenio 0.3 ppm.

#### **4.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH**

En las Figuras 9, 10, 11, 12 se observan gráficamente los resultados obtenidos de capacidad antioxidante respecto al efecto del tipo de suplementación en valores TEAC y VCEAC. El análisis estadístico se puede observar en el ANEXO 43 al ANEXO 48. En la Figura 9 se observa que la capacidad antioxidante expresados en TEAC en las muestras de carne, de cerdo alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico disminuye a través del tiempo. En el día uno fue de 82.59  $\mu\text{M}$  y en el día ocho bajó hasta 77.12  $\mu\text{M}$ . Sin embargo, no se muestran diferencias significativas en los valores de capacidad antioxidante a través del tiempo.

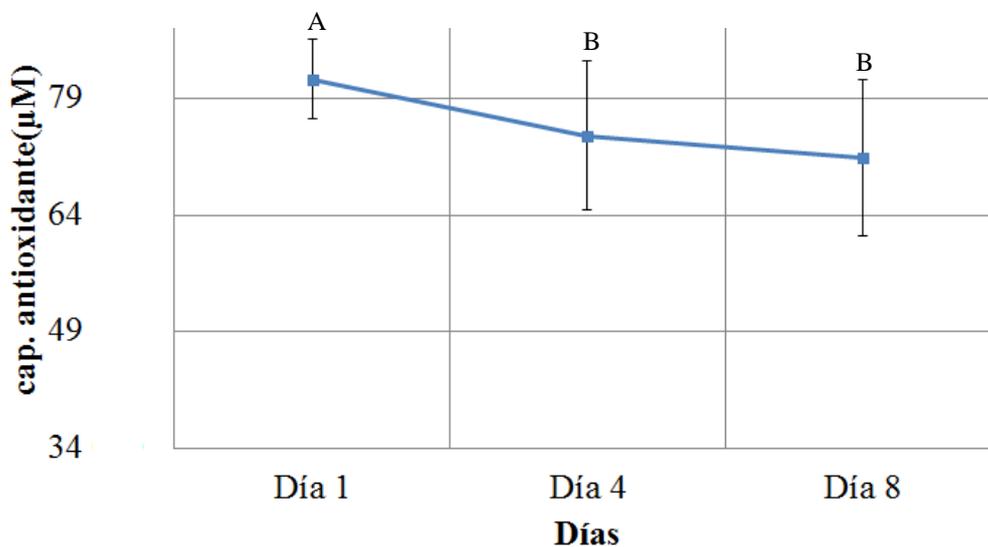
En la Figura 10, se observa la evolución de la capacidad antioxidante expresados en TEAC en las muestras de carne, de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico. Se aprecia que a través de los días disminuye la capacidad antioxidante al igual que en el tratamiento con selenio orgánico. En el día uno se obtuvo una capacidad antioxidante expresados en TEAC de 81.48  $\mu\text{M}$ , en el día cuatro se obtuvo 74.19  $\mu\text{M}$  y en el día ocho se obtuvo 71.31  $\mu\text{M}$ .

A través del análisis estadístico se pudo observar que no existen diferencias significativas en los días cuatro y ocho de almacenamiento. Sin embargo, en los días uno y cuatro de almacenamiento y entre los días uno y ocho de almacenamiento si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Por lo que se puede decir, que con el tratamiento con selenio orgánico hubo una mayor estabilidad en el tiempo a comparación del tratamiento control.



<sup>A</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n = 15$

**Figura 9: Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados con selenio orgánico, almacenadas por ocho días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)**



<sup>A, B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n = 15$

**Figura 10: Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados sin selenio orgánico, almacenadas por ocho días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)**

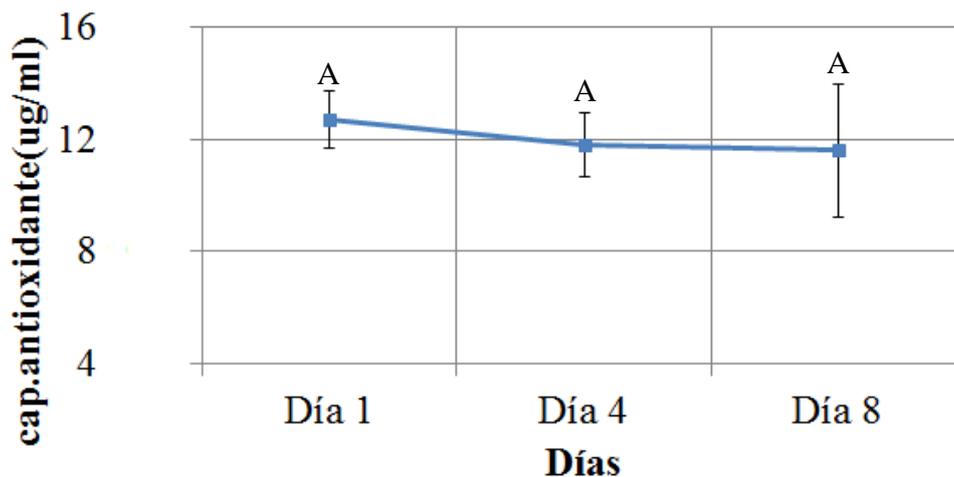
En la Figura 11 se observa la evolución de la capacidad antioxidante expresados en VEAC. Estos resultados pertenecieron a las muestras que se sometieron al tratamiento con selenio orgánico. En el día uno se obtuvo un valor de 12.71  $\mu\text{g/ml}$ , en el día cuatro se obtuvo 11.81  $\mu\text{g/ml}$  y finalmente en el día ocho se obtuvo 11.59  $\mu\text{g/ml}$ . En este caso no se observaron diferencias significativas a través del tiempo en las muestras de cerdo alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico.

En la Figura 12 se observa la evolución de la capacidad antioxidante expresados en VEAC. Estos resultados pertenecieron a las muestras de carne, de los cerdos que se sometieron a una dieta sin selenio orgánico. En el día uno se obtuvo un valor de 12.48  $\mu\text{g/ml}$ , en el día cuatro se obtuvo 10.99  $\mu\text{g/ml}$  y finalmente en el día ocho se obtuvo 10.41  $\mu\text{g/ml}$ . En este caso no se observaron diferencias significativas entre los días cuatro y ocho de almacenamiento. Sin embargo, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los días uno y cuatro de almacenamiento y los días uno y ocho de almacenamiento.

Al realizar el análisis estadístico por el tipo de suplementación por tiempo, se pudo observar que al emplear Trolox y ácido ascórbico como patrones se observaron las mismas tendencias tanto para la alimentación con selenio orgánico como para la alimentación sin selenio orgánico.

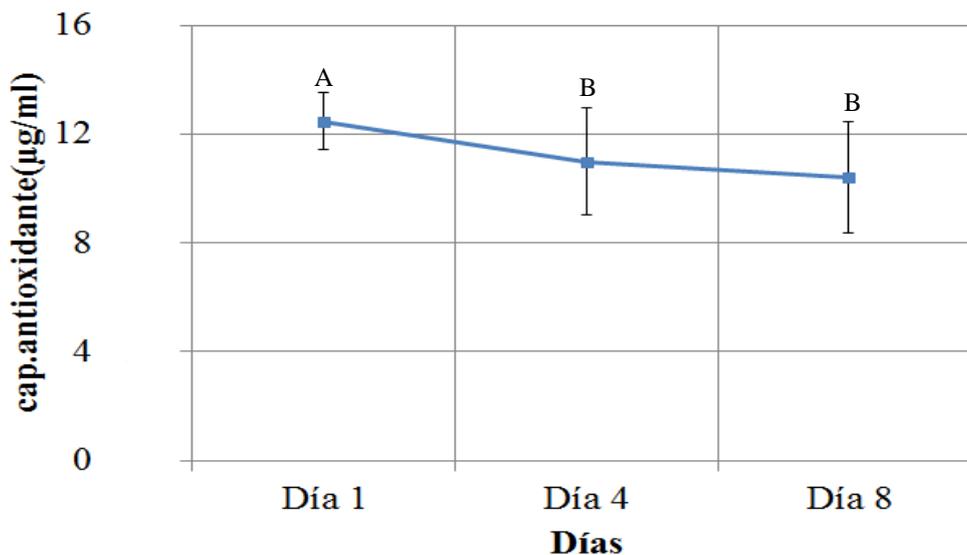
En la Figura 13 y 14 se puede observar los resultados de la capacidad antioxidante por el método de DPPH de las 15 muestras del músculo *Longissimus dorsi* de la carne de cerdo sometida a los diferentes tratamientos: dieta suplementada con selenio orgánico y dieta sin selenio orgánico, almacenadas bajo refrigeración en un tiempo de ocho días bajo una temperatura de  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ ; expresados en TEAC ( actividad antioxidante equivalente a Trolox) y en VCEAC (actividad antioxidante equivalente a la vitamina C).

En la Figura 13 y 14 se puede observar que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre el tipo de suplementación (con selenio orgánico y sin selenio orgánico) evaluando la capacidad antioxidante en términos de TEAC y VCEAC.



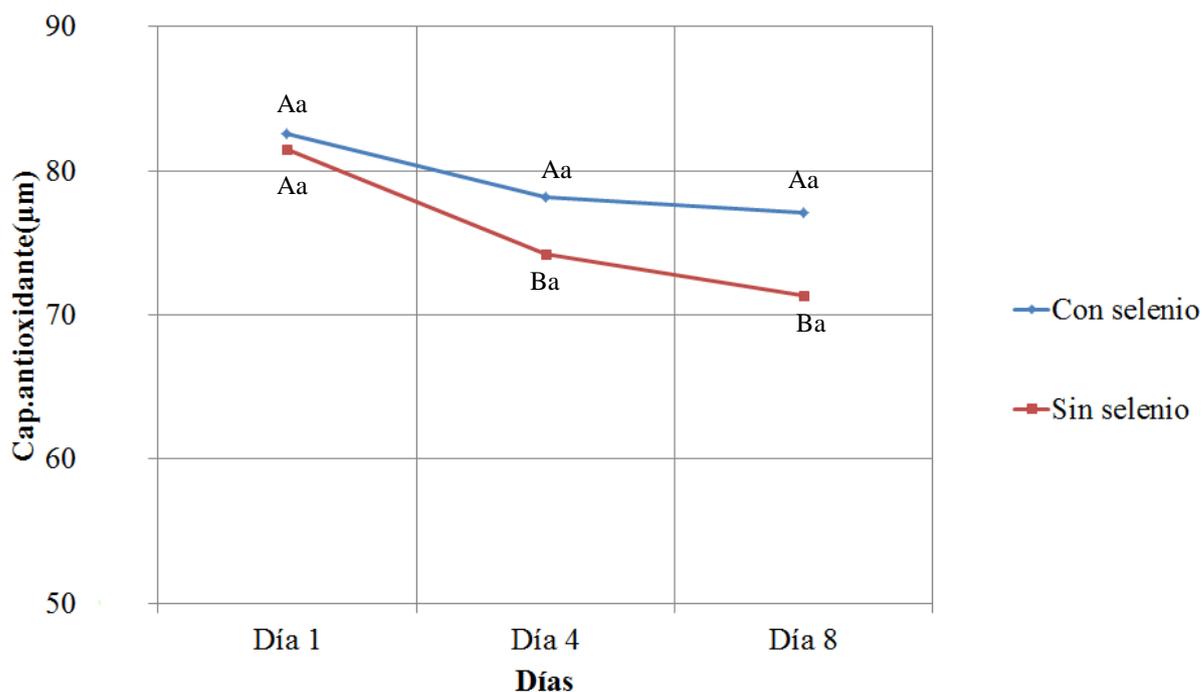
<sup>A</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n = 15$

**Figura 11: Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados con selenio orgánico, almacenadas por ocho días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC).**



<sup>A, B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n = 15$

**Figura 12: Evolución de la capacidad antioxidante por el método DPPH en las muestras de cerdos alimentados sin selenio orgánico, almacenadas por ocho días a  $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC).**



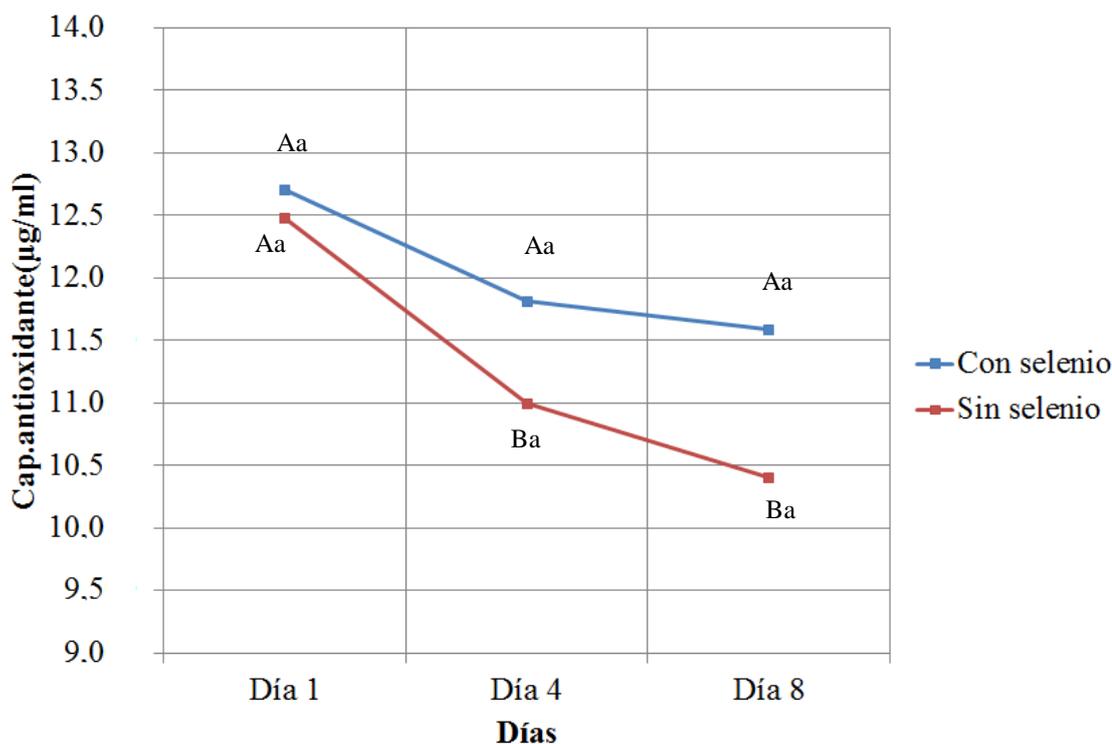
<sup>A, B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ );  $n=15$

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por día no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ )

**Figura 13: Comparación de la capacidad antioxidante de las muestras de carne de cerdo alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH, por el tiempo de almacenamiento para actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)**

Además se observa que las muestras de cerdo alimentados con selenio orgánico muestran un valor de capacidad antioxidante mayor al expresar los resultados tanto en TEAC como en VCEAC.

En el estudio realizado por Bobcek *et al.* (2004) los resultados muestran que la administración de selenio orgánico (0.3 mg Se/kg administrados por 97 días), mejoran la capacidad antioxidante de los tejidos musculares de los cerdos. Sin embargo, en el presente estudio no se observaron tales diferencias comparándolo con el tratamiento control, lo que puede deberse a la diferencia de días que fue suplementado el selenio orgánico. El autor señala que fue suministrado por 97 días mientras en el presente estudio se realizó por 40 días.



<sup>A, B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los días de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ );  $n = 15$

<sup>a, b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por día no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ )

**Figura 14. Comparación de la capacidad antioxidante de las muestras de carne de cerdos alimentados con y sin selenio orgánico por el método de DPPH, por el tiempo de almacenamiento para actividad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC).**

Fasseas *et al.* (2007) señalan que el ensayo TBA es el mejor para describir la oxidación llevada a cabo en muestras de carne porque los lípidos parecen ser los más afectados. Sin embargo el ensayo de DPPH demuestra ser útil en proporcionar información adicional como los cambios que ocurren durante el almacenamiento de la carne.

En el presente trabajo se midió la capacidad antioxidante, es decir que no solo se midió la acción del selenio sobre la carne de cerdo, sino de otros antioxidantes contenidos en la muestra como por ejemplo la vitamina C, el cual según Hill *et al.* (2009) hay una potencial interacción entre el selenio y los antioxidantes como la vitamina C y E. Por lo que se concluye que al medir la actividad de los antioxidantes indirectamente se mide la actividad antioxidante del selenio.

## V. CONCLUSIONES

1. El contenido de grasa de las muestras de carne, de cerdo alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico fue menor a comparación de las muestras de carne, de cerdo alimentados con una dieta sin selenio orgánico. Observándose que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos tratamientos respecto al contenido de grasa.
2. El contenido de selenio en base seca fue mayor en las muestras de carne, de cerdo alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico (2 mg/kg) que en las muestras de cerdo alimentados con una dieta sin selenio orgánico (1.5 mg/kg), sin embargo no presentaron diferencias significativas.
3. El perfil de ácidos grasos se ve afectado por el tipo de suplementación, ya que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los ácidos palmitoleico, heptadecanoico, esteárico, oleico, vaccénico, linoleico, linolénico y eicosadienoico del perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne, de cerdos alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico y de una dieta sin selenio orgánico.
4. Las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi*, de cerdos alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico mostraron un menor grado de oxidación lipídica que las muestras de carne provenientes del músculo *Longissimus dorsi*, de cerdos alimentados con una dieta sin selenio orgánico, observándose que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos tratamientos en el día ocho de almacenamiento. Por lo que la adición de selenio orgánico en la dieta de cerdos tuvo un efecto positivo sobre la estabilidad oxidativa de la carne de cerdo.

5. La capacidad antioxidante no se ve afectada de manera significativa en la carne de cerdo debido a la suplementación del selenio orgánico. Sin embargo, genera mayor estabilidad a través del tiempo. En la prueba de capacidad antioxidante (DPPH), en las muestras de carne, de cerdo alimentados con una dieta sin selenio orgánico se observaron diferencias significativas a través del tiempo ( $p < 0.05$ ) en los días uno-cuatro y uno-ocho de almacenamiento. Mientras que en las muestras, de cerdos alimentados con una dieta suplementada de selenio orgánico no se observaron diferencias significativas a través de los ocho días de almacenamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar pruebas a diferentes concentraciones de selenio orgánico para determinar si una mayor concentración de este componente tiene un efecto significativo en la estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante de la carne de cerdo.
2. Realizar estudios del efecto de selenio orgánico en las propiedades tecnológicas de la carne de cerdo.
3. Realizar estudios del efecto de la adición de selenio orgánico en carne de cerdo en congelación.
4. Realizar una medida de la actividad de la enzima glutatión peroxidasa para evaluar el efecto del selenio orgánico sobre esta enzima antioxidante.
5. Realizar pruebas sensoriales con un panel entrenado para estudiar el efecto del selenio orgánico en la oxidación lipídica de la carne de cerdo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHN, J; GRUN, IU; FERNANDO, LN. 2002. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. *Journal of Food Science* 67(4):1364–1369.
2. ALBERRO, M. 2013. Meta-análisis del efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad de la glutatión peroxidasa en distintas especies y tejidos. Tesina Lic. en Bioquímica. Montevideo, UY, Universidad de la República.
3. ALLTECH. 2008. EconomasE (en línea). Consultado 5 ago. 2013. Disponible en: [www.alltech.com](http://www.alltech.com).
4. ANDERSEN, HJ; OKSBJERG, N; THERKILDSEN, M. 2004. Potential quality control tools in the production of fresh pork, beef and lamb demanded by the European society. *Livestock Production Science* 94: 105-124.
5. ARBIZU, S. 2011. Evaluación del extracto de tara (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze) como inhibidor de la oxidación proteica y lipídica en carne de cerdo. Tesis. Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina.
6. ARMENTEROS, M; VENTANAS, S; MORCUENDE, D; ESTÉVEZ, M; VENTANAS, J. 2012. Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. Tesis. Ing. Vet. Universidad de Extremadura. *Revista Eurocarne* no. 207:63-73
7. BAÑÓN, S; GRANADOS, M; CAYUELA, J; GIL, M; COSTA, E; GARRIDO, M. 2000. Calidad de la grasa obtenida a partir de los cerdos magros. *Anales de veterinaria* 16: 77-88.
8. BEDREGAL, P.; MENDOZA, P.; UBILLÚS, M. y MONTROYA, E. 2009. Informe científico tecnológico 2009: Caracterización química de la cerámica arqueológica de Cotahuasi mediante análisis por activación neutrónica (en línea). Lima, IPEN. Consultado el 10 nov. 2013. Disponible en: [http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/inf\\_cientif/ict2009.pdf](http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/inf_cientif/ict2009.pdf).

9. BLIGH, E; DYER, W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911-917
10. BOBSECK, B; LAHUCKY, R; MRÁZOVÁ, J; BOBCEK, R; NOVOTNÁ, K; VASICEK, D. 2004. Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. *Czech J. Anim.Sci* 49 (9): 411-417.
11. BRIGELIUS-FLOHÉ AND MAIORINO, M. 2012. Glutathione peroxidases. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) General Subjects* 1830: 3289-3303
12. BRUTTOMESSO, G; RAZZOLI, D. 2010. La dieta contra el cáncer. España, Amat editorial.
13. BUXIANG, S; FUKUHARA, M. 1997. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoid on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology* 122(1): 61-72.
14. CADILLO, J. 2013. Crianza de Cerdos-entrevista (en línea).Lima, Perú. Consultado 3 nov. 2013. Disponible en: [http://www.proyectosperuanos.com/cerdos\\_entrevista\\_ing\\_jose\\_cadillo.html](http://www.proyectosperuanos.com/cerdos_entrevista_ing_jose_cadillo.html).
15. CAVA, R; ANDRÉS, AI; RUIZ, J; TEJEDA, JF; VENTANAS, J. 1999. I Jornadas sobre el Cerdo Ibérico y sus productos. Influencia de la alimentación sobre el perfil de ácidos grasos. España, Editorial Estación Tecnológica de la Carne de Castilla y León. p. 126-134.
16. CÉSPEDES, T Y SÁNCHEZ, D. 2000. Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. Instituto de Cardiología y cirugía cardiovascular. *Revista Cubana Cardiol* 14(1):55-60
17. CHANVEL, J; SAULNIER, J. 1988. Influence de l'alimentation sur le qualité du gras des carcasses de porc. *Techni-Pork* 11(1): 39-55.
18. CRUZ, R. 2008. Función fisiológica del selenio suplementado como selenito de sodio y selenometionina en corderos. Tesis Mg.Ciencias. Ganadería. Texococo. México. Colegio de postgraduados.
19. CRUZ, R; RAMÍREZ, E; COBOS, M; REVILLA, A; CROSBY, M; CORDERO, J. 2011. Disponibilidad de selenio complementado con selenito de sodio y selenometionina en corderos. *Revista Científica* 30 (1): 31-38
20. DENIZ, G; GEZEN, SS; TURKMEN, I. 2005. Effects of Two Supplemental Dietary Selenium Sources on Broiler Performance and Drip-Loss. *Revue De Medecine Veterinaire* 156: 8-9, 423-426.

21. DE PEDRO, DE.1999. I Jornadas sobre el Cerdo Ibérico y sus productos. Índices de calidad para una clasificación objetiva de canales de Cerdo Ibérico. Editorial Estación Tecnológica de la Carne de Castilla y León. Salamanca. España. p. 139-154
22. DE SMET: RAES, D; DEMEYER, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors. *Animal Research*. 53(2084): 81-98.
23. EDENS, F Y GOWDY, K. 2005. Involvement of the thioredoxin/thioredoxin reductase system in the maintenance of cellular redox statue. In: *Biotechnology in the feed industry*. Eds. T.P. Lyons and K. A. Jacques. Nottingham University Press, United Kingdom.
24. FASSEAS, M; MOUNTZOURIS, K; TARANTILIS, P; POLISSIOU, M; ZERVAS, G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry* 106:1188-1194.
25. FERNÁNDEZ, J; PÉREZ-ALVAREZ, J; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry* 59: 345-353.
26. FERNÁNDEZ, C; ROMERO, M; FOGAR, R; DOVAL, M; ROMERO, A; JUDIS, M. 2010. Nutritional Value of Chaco Argentine Bakery products. *Actualización nutricional* 11(3):194-200
27. FENNEMA, O. 2000. *Química de los alimentos*. 2 Ed. Zaragoza, ES, Editorial Acribia.
28. GARCÍA, A; DE LOERA, Y; YAGUE, A; GUEVARA, J; GARCÍA, C. 2012. Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 6(1): 21-50.
29. GIRALDO, J; CHICA, J Y NARVÁEZ, W. 2010. Rendimiento zootécnico y depósito muscular de selenio en cerdos alimentados con selenio orgánico en la etapa de finalización. *Veterinaria y Zootecnia* 4(2): 48-53.
30. GIRARD, JP. 1988. *La déshydratation. Technologie de la viande et des produits carnés*. Paris, FR, Tec & Doc Lavoisier.
31. GRAY, JI; PEARSON, A. 1987. Rancidity and warmed-over flavor. *Adv. Meat Res* 3:221–269.
32. HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J. 1999. *Free radical in biology and medicine*. 3 ed. Oxford. UK, Oxford University Press.

33. HERNÁNDEZ, L. 2007. Estudio de la fisiología digestiva, características de la canal y calidad de carne en corderos en crecimiento- finalización con y sin suplementación de selenio y magnesio. Tesis. PhD. Ciencias Biológicas. México. Universidad Autónoma Metropolitana.
34. HILL, K; MOTLEY, A; MAY, J; BURK, R. 2009. Combined selenium and vitamin C deficiency causes cell death in guinea pig skeletal muscle. Nutrition Research 20: 213-219.
35. HOVING-BOLINK, AH; EIKELENBOOM, G; VAN DIEPEN, J; JONGBLOED, AW; HOUBEN, JH. 1998. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality, Meat Science 49: 205 - 212.
36. HUANG, B; HE, J; BAN, X; ZENG, H; YAO, X; WANG, Y. 2011. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. Meat Science 87: 46-53.
37. HUERTA-LEIDENZ, N; ARENAS, L; MORON-FUENMAYOR, O; UZCÁTEGUI-BRACHO, S. 2003. Composición mineral del músculo *longissimus* crudo derivado de canales bovinas producidas y clasificadas en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53 (1)
38. IBARRA, P. 2010. Determinación del contenido fenólico en extractos naturales mediante sensores enzimáticos. Tesis PhD. Ciencias. Distrito Federal. México Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
39. INFANTE, J. 1986. Vitamin E and selenium participation in fatty acid desaturation. A proposal for an enzymatic function of these nutrients. Molecular and cellular biochemistry. 69(2): 93-108.
40. INSTITUTE OF MEDICINE. 2000. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium y Carotenoids. US, National Academy Press.
41. IPEN (INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR). 2011. Informe de análisis. Ministerio de Energía y Minas.
42. ITURBE, F. 2008. Alimentos ricos en lípidos y deterioros (en línea). México. Consultado 11 nov. 2013. Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/docs.php?curso=186>.
43. ZAURIETA, M. 1994. Análisis proximal en harinas de pescado (en línea). Chile. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S12.htm>

44. JADHAV, SJ; NIMBALKAR, SS; KULKARNI, AD; MADHAVI, DL. 1996. Lipid oxidation in biological and foods systems. Food antioxidants. Marcel Dekker 1996:1-18
45. JIAKUI, L Y XIALONG, W. 2004. Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18 (1):65-68
46. JOO, S; LEE, J; HA, Y; PARK, G. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color and water-holding capacity of pork loin. *Journal Animal Science* 80: 108-112.
47. JUNG, S; CHOE, J; KIM, B; YUN, H; KRUK, Z; JO, C. 2010. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential quality of breast meat from broilers. *Meat Science* 86: 520-526.
48. KEMPSTER, A. 1989. Carcass and meat quality research to meet market needs. *Animal Production* 48: 483 – 496.
49. KHALIL, AH; MANSOUR, EH. 1998. Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(3): 1158–1162.
50. KIM, Y; MAHAN, D. 2001. Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium toxicity of growing-finishing pigs. *Journal Animal Science* 79: 942-948.
51. KIM, Y; MAHAN, D. 2001. Effect of dietary selenium source, level, and pig hair color on various selenium indices. *Journal Animal Science* 79: 949-955.
52. KRŠKA, P; LAHUCKY, R; KUCHENMEISTER, U; NURNBERG, K; PALANSKA, O; BAHELKA, I; KUHN, G; ENDER, K. 2001. Effects of dietary organic selenium and vitamin E supplementation on post mortem oxidative deterioration in muscle of pigs. *Arch. Teierz. Dummerstor* 44 (2): 193-201.
53. LAGUERRE, M ; LECOMTE, J ; VILLENEUVE, P. 2007. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trend and challenges. *Progress in Lipid Research* 46: 244-282.
54. LEBRET, B; MOUROT, J. 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. INRA. *Production Animal* 11: 131-143.

55. LI, J; ZHOU, J; ZHAO, H; LEI, X; XIA, X; GAO, G; WANG, K. 2011. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased *Sepw1* gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science* 87: 95-100.
56. LÓPEZ-BOTE, CL. 1998. Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. *Meat Science* 49: 155-163.
57. LÓPEZ, C; ISABEL, B; REY, A. 1999. Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. XV Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal FEDNA 1999: 223-252.
58. MABRY, JW; BAAS, TJ. 1998. The impact of Genetics on pork quality. *American Meat Science* 1998: 1-12
59. MCCANCE AND WIDDOWSON'S. 1978. The composition of foods. Fourth revised edition by A.A Paul and D.A.T Southgate. RSC Publishing. London. United Kingdom.
60. MARCHERA, M. 2006. Influencia del proceso de elaboración de papa seca en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la papa morada (*Solanum tuberosum*). Tesis. Ing. Industrias Alimentarias. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
61. MARTÍNEZ, N; DOMÍNGUEZ, A; MORALES, E; LUGO, J; MARIEZCURRENA, M, A; MARIEZCURRENA, M, D. 2012. Efecto de la levadura enriquecida con selenio y selenito de sodio en la dieta de cerdos en finalización sobre el contenido de grasa intramuscular y ácidos grasos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15(1): 41-46
62. MAS, G; COLL, D; DÍAZ, I; GISPER, M; LLAVALL, M; OLIVER, M; REALINI, C; ROCA, R. 2011. Efecto de una dieta rica en ácidos grasos monoinsaturados sobre la calidad de canal y del perfil de ácidos grasos en cerdos cruzados con Pietrain: resultados de calidad de carne, canal y despiece. *Anaporc* 8(75): 44-48
63. MINAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO). 2013. Porcinos (en línea) Perú. Consultado 02 nov. 2013. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/porcinos?start=4>.

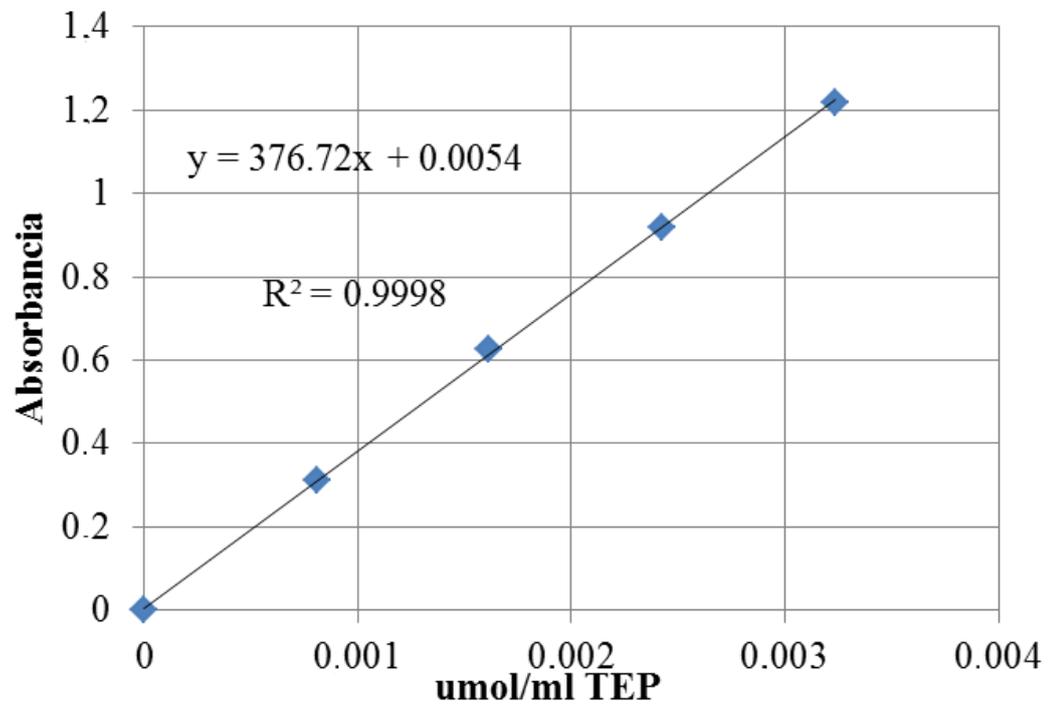
64. MINAG (Ministerio de Agricultura, PE); ASOPORCI (Asociación Peruana de Porcicultores, PE). 2013. Ministerio de Agricultura y Asociación Peruana de Porcicultores promueven consumo de cerdo (en línea). Perú, MINAG. Consultado 21 nov. 2013. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2013/9126-porcicultores-promueven-consumo-de-cerdo>
65. MORGAN, CA. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58: 357-365
66. NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10 th Revised Edition. United States of America
67. NTP-ISO 1442. 2006. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de humedad. 2 ed. Lima, INDECOPI. 7 p.
68. NTP 201.016. 2002. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de grasas total. Lima, INDECOPI. 8 p.
69. NTP 201.021. 2002. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de proteínas. Lima, INDECOPI. 11 p.
70. NTP 201.022. 2002. Carne y productos cárnicos: Determinación del contenido de cenizas. Lima, INDECOPI. 7 p.
71. NTP-ISO 2859-1. 2013. Procedimientos de muestreo para inspección por atributos: Esquemas de muestreo clasificados por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote. 3 ed. Lima, INDECOPI. 115 p.
72. O'GRADY, M; MONAHAN, F; FALLON, R; ALLEN, P. 2001. Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. *Journal Animal Science* 79:2827-2834.
73. PALANCA, V; RODRÍGUEZ, E; SEÑORÁNS, J; REGLERO, G. 2006. Bases científicas para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con actividad biológica combinada. *Nutrición hospitalaria* 21(2): 199-202.
74. PARK, S; YOO, S; UH, J; EUN, J; LEE, H; KIM, Y; CHIN, K. 2007. Evaluation of Lipid Oxidation and Oxidative Products as Affected by Pork Meat Cut, Packaging Method, and Storage Time during Frozen Storage (-10°C). *Journal of Food Science* 72 (2): 114-119.
75. PEARSON, AM; YOUNG, RB. 1989. Composition and structure. *Muscle and Meat Biochemistry*. United States of America. p.1-33.

76. PERIC, L; MILOSEVIC, N; ZIKIC, D; DZINIC, N; NOLLET, L; SPRING, P. 2009. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Poultry Science Association* 18: 403-409.
77. PICPERÚ (PIC IMPROVEMENT CO PERU). 2013. Hembras y Machos comerciales (en línea). Perú. Consultado 01 nov. 2013. Disponible en: <http://www.picperu.com/index.html>.
78. RAMÍREZ, J. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis. PhD. Veterinaria. España. Universidad de Barcelona.
79. RAMOS, D. 2008. Caracterización de la canal y la carne de cerdo criollo y de los productos cárnicos en el departamento de Tumbes-Perú. Tesis. PhD. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. España. Universidad de León.
80. RHEE, KS; ZIPRIN, YA; ORDOÑEZ, G; BOHAC, CE. 1988. Fatty acid profiles and lipid oxidation in beef steer muscles from different anatomical locations. *Meat Science* 23: 293 – 301.
81. SÁNCHEZ, G. 1999. Ciencia básica de la carne. Editorial Guadalupe Ltda. Santa Fe de Bogotá. Colombia.
82. SCHAFFER, K; KYRIAKOPOULOS, A; GESSNER, H; GRUNE, T; BEHNE, D. 2004. Effects of selenium deficiency on fatty acid metabolism in rats fed fish oil-enriched diets. *Journal Trace Elements in medicine and biology*. 18(1): 89-97.
83. SEGOVIA J. 2005. Comparación de dos fuentes de selenio (orgánico vs inorgánico) en ganancias de peso y parámetros ruminales en borregos lactantes. Tesis Mag. Sc. Zootecnia. México. Universidad Autónoma de Chihuahua.
84. SIMONITS, A; DE CORTE, F. 1975. Single-comparator methods in reactor neutrón activation analysis. *Journal of Radioanalytical Nuclear. Chemistry*. 24: 31-46.
85. SIMOPOULOS, A. 2004. Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Rev Int* 20:77-90.
86. SKRIVANOVÁ, E; MAROUNEK, M; DE SMET, S; RAES, K. 2007. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. *Meat Science* 76: 495-500.
87. SURAI, P. 2006. Selenium in nutrition and health. UK, Nottingham University Press.

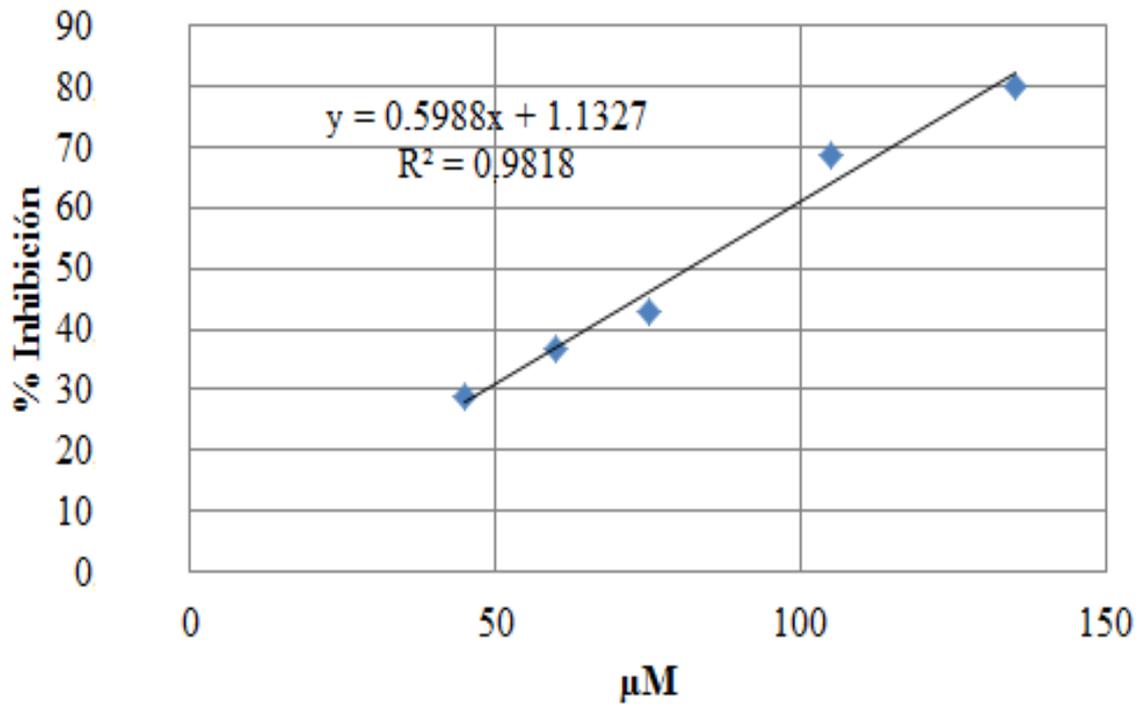
88. SMITH, DR. 1993. Dietary modification for altering fat composition of meat. Fats and cholesterol reduced foods. Eds. C. Haberstroh, C.E. Morris C. E. Porfolio Publishing. Texas. United States of America.
89. TEETS, AS; WERE, LM. 2008. Inhibition of lipid oxidation in refrigerated and frozen salted raw minced chicken breasts with electron beam irradiated almond skin powder. *Meat Science* 80(4): 1326–1332.
90. VIGNOLA, G; LAMBERTINI, L; MAZZONE, M; GIAMMARCO, M; TASSINARI, M; MARTELLI, G; BERTIN. 2009. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. *Meat Science* 81: 678-685.
91. WANG, Y; ZHAN, X; YUAN, D; ZHANG, X; WU, R. 2011. Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. *Feed Science Institute, College of Animal Science* 56:305-313.
92. WARRISS, P. D. 2003. *Ciencia de la Carne*. Editorial Acribia S. A. España.
93. WOOD, JD; ENSER, M; WHITTINGTON, FM; MONCRIEFF, CB; KEMPSTER, AJ. 1989. Backfat composition in pigs: Differences between fat thickness groups and sexes. *Livest. Prod. Sci* 22: 351-362.
94. WOOD, J. D., RICHARDSON, R.I., NUTE, G.R., FISHER, A.V., CAMPO, M.M., KASAPIDOU, E., SHEARD, P.R., ENSER, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66: 21-32.
95. ZAMARIA, N. 2004. Alteration of polyunsaturated fatty acids status and metabolism in health and disease. *Reproduction and Nutrition Development*, 44: 273–282.

## VIII. ANEXOS

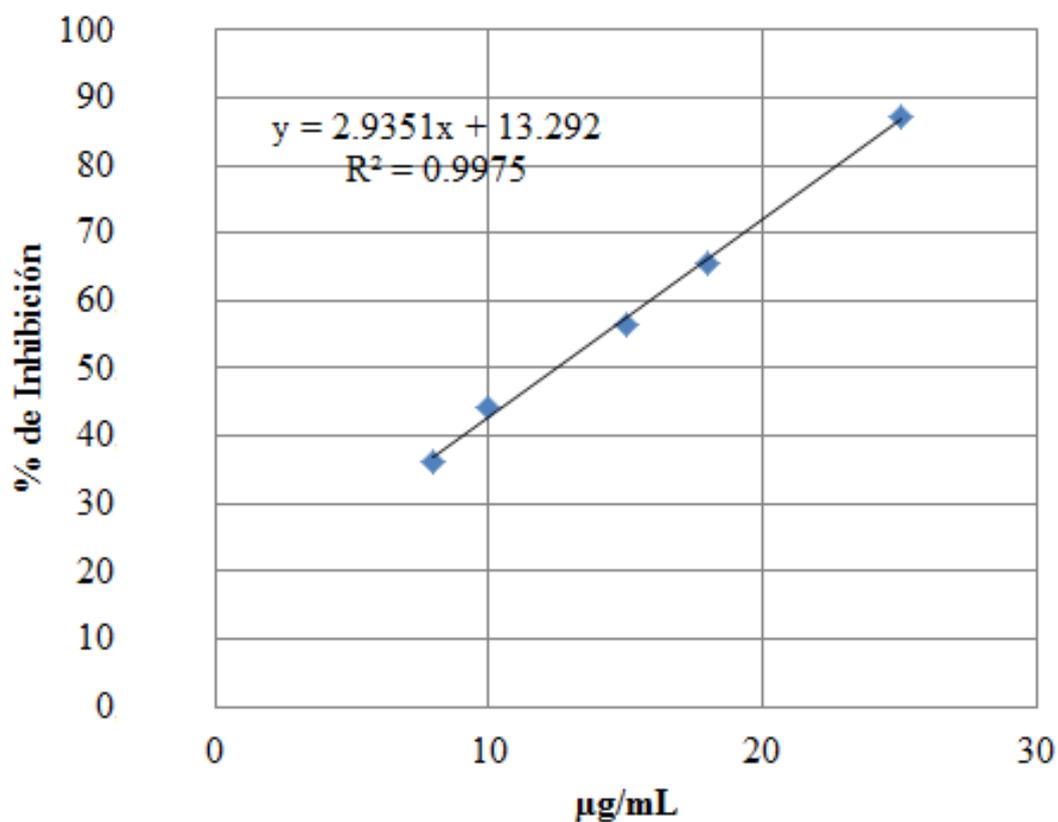
**ANEXO 1: Curva estándar TEP para determinar la concentración de malondialdehído a 532nm**



**ANEXO 2: Curva estándar Trolox (TEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 517 nm- método DPPH (2,2- dipenil-1-picrilhidrazil)**



**ANEXO 3: Curva estándar Ácido Ascórbico (VCEAC) para la determinación de la capacidad antioxidante a 517 nm – método DPPH (2,2- dipenil-1-picrilhidrazil)**



**ANEXO 4: Resultados del contenido de malondialdehído en mg MDA/ kg de muestra para la carne de cerdo con selenio orgánico y sin selenio orgánico**

Con selenio orgánico				Sin selenio orgánico			
Tiempo de almacenamiento (días)				Tiempo de almacenamiento (días)			
Repetición	1	4	8	Repetición	1	4	8
1	0.109 ± 0.020	0.129 ± 0.000	0.106 ± 0.009	1	0.082 ± 0.008	0.108 ± 0.000	0.136 ± 0.013
2	0.092 ± 0.009	0.102 ± 0.012	0.100 ± 0.007	2	0.084 ± 0.010	0.089 ± 0.002	0.119 ± 0.004
3	0.108 ± 0.019	0.120 ± 0.002	0.095 ± 0.002	3	0.104 ± 0.005	0.113 ± 0.000	0.146 ± 0.014
4	0.108 ± 0.009	0.077 ± 0.002	0.093 ± 0.008	4	0.125 ± 0.009	0.102 ± 0.007	0.130 ± 0.012
5	0.094 ± 0.015	0.132 ± 0.004	0.099 ± 0.002	5	0.110 ± 0.007	0.121 ± 0.002	0.119 ± 0.012
6	0.091 ± 0.007	0.111 ± 0.011	0.088 ± 0.005	6	0.122 ± 0.007	0.110 ± 0.002	0.135 ± 0.014
7	0.086 ± 0.005	0.082 ± 0.005	0.096 ± 0.004	7	0.159 ± 0.009	0.094 ± 0.002	0.082 ± 0.011
8	0.102 ± 0.011	0.086 ± 0.007	0.070 ± 0.019	8	0.118 ± 0.022	0.091 ± 0.002	0.085 ± 0.004
9	0.105 ± 0.015	0.102 ± 0.009	0.111 ± 0.008	9	0.118 ± 0.018	0.091 ± 0.002	0.102 ± 0.006
10	0.091 ± 0.010	0.085 ± 0.005	0.100 ± 0.018	10	0.073 ± 0.004	0.091 ± 0.016	0.104 ± 0.011
11	0.107 ± 0.019	0.085 ± 0.005	0.146 ± 0.002	11	0.062 ± 0.001	0.097 ± 0.004	0.122 ± 0.004
12	0.074 ± 0.055	0.111 ± 0.018	0.105 ± 0.007	12	0.065 ± 0.001	0.082 ± 0.005	0.156 ± 0.002
13	0.089 ± 0.010	0.102 ± 0.009	0.110 ± 0.015	13	0.069 ± 0.002	0.091 ± 0.002	0.123 ± 0.005
14	0.091 ± 0.008	0.066 ± 0.002	0.101 ± 0.012	14	0.057 ± 0.001	0.106 ± 0.001	0.128 ± 0.007
15	0.063 ± 0.044	0.085 ± 0.008	0.144 ± 0.002	15	0.091 ± 0.009	0.121 ± 0.000	0.137 ± 0.002

**ANEXO 5: Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método de DPPH del tratamiento sin selenio orgánico**

<b>Sin selenio orgánico</b>					
<b>TEAC(μM)</b>			<b>VCEAC (μg/ml)</b>		
<b>Día 1</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 8</b>
77.498 ± 8.792	66.342 ± 1.433	71.075 ± 4.625	11.668 ± 1.794	9.392 ± 0.292	10.358 ± 0.943
78.183 ± 3.509	80.238 ± 0.125	51.677 ± 0.385	11.808 ± 0.716	12.227 ± 0.025	6.4 ± 0.079
84.049 ± 0.899	53.443 ± 1.496	79.039 ± 1.67	13.005 ± 0.183	6.76 ± 0.305	11.982 ± 0.341
72.873 ± 7.965	79.739 ± 1.371	77.755 ± 2.055	10.724 ± 1.625	12.125 ± 0.28	11.72 ± 0.419
84.949 ± 5.138	60.173 ± 0.249	84.276 ± 0.92	13.188 ± 1.048	8.133 ± 0.051	13.051 ± 0.188
72.231 ± 1.156	82.98 ± 1.62	51.677 ± 0.385	10.593 ± 0.236	12.786 ± 0.331	6.4 ± 0.079
78.525 ± 9.506	67.588 ± 1.932	79.039 ± 1.67	11.878 ± 1.939	9.646 ± 0.394	11.982 ± 0.341
83.664 ± 1.028	79.739 ± 1.371	79.682 ± 1.67	12.926 ± 0.21	12.125 ± 0.28	12.113 ± 0.341
80.966 ± 4.239	72.012 ± 1.67	66.707 ± 0.514	12.376 ± 0.865	10.549 ± 0.341	9.466 ± 0.105
88.417 ± 7.322	66.342 ± 1.433	71.075 ± 4.625	13.896 ± 1.494	9.392 ± 0.292	10.358 ± 0.943
77.883 ± 6.552	83.104 ± 0.249	63.367 ± 1.542	11.747 ± 1.337	12.812 ± 0.051	8.785 ± 0.314
84.949 ± 5.395	84.974 ± 0.374	76.856 ± 0.642	13.188 ± 1.101	13.193 ± 0.076	11.537 ± 0.131
86.619 ± 2.698	82.232 ± 0.623	76.342 ± 0.128	13.529 ± 0.55	12.634 ± 0.127	11.432 ± 0.026
87.775 ± 11.305	72.636 ± 0.249	63.367 ± 1.542	13.765 ± 2.306	10.676 ± 0.051	8.785 ± 0.314
83.536 ± 0.128	81.235 ± 0.374	77.755 ± 2.055	12.9 ± 0.026	12.43 ± 0.076	11.72 ± 0.419

**ANEXO 6: Resultados del análisis de capacidad antioxidante por el método de DPPH del tratamiento con selenio orgánico**

Con selenio orgánico					
TEAC( $\mu\text{M}$ )			VCEAC( $\mu\text{g/ml}$ )		
Día 1	Día 4	Día 8	Día 1	Día 4	Día 8
83.15 $\pm$ 0.5138	73.721 $\pm$ 1.67	76.752 $\pm$ 10.658	12.821 $\pm$ 0.105	10.897 $\pm$ 0.341	11.516 $\pm$ 2.174
84.178 $\pm$ 1.028	72.98 $\pm$ 0.762	75.628 $\pm$ 1.152	13.031 $\pm$ 0.21	10.746 $\pm$ 0.155	11.286 $\pm$ 0.235
78.14 $\pm$ 0.899	77.04 $\pm$ 0.508	55.877 $\pm$ 0.252	11.799 $\pm$ 0.183	11.574 $\pm$ 0.104	7.257 $\pm$ 0.051
91.372 $\pm$ 13.874	69.399 $\pm$ 5.226	93.213 $\pm$ 1.262	14.498 $\pm$ 2.83	10.016 $\pm$ 1.066	14.874 $\pm$ 0.257
80.067 $\pm$ 4.111	85.036 $\pm$ 0.127	71.519 $\pm$ 0.252	12.192 $\pm$ 0.839	13.206 $\pm$ 0.026	10.448 $\pm$ 0.051
80.067 $\pm$ 0.257	82.878 $\pm$ 0.254	76.185 $\pm$ 0.63	12.192 $\pm$ 0.052	12.765 $\pm$ 0.052	11.4 $\pm$ 0.129
72.873 $\pm$ 13.617	75.264 $\pm$ 1.67	58.401 $\pm$ 0.757	10.724 $\pm$ 2.778	11.212 $\pm$ 0.341	7.772 $\pm$ 0.154
79.682 $\pm$ 7.836	80.72 $\pm$ 0.635	72.023 $\pm$ 0.252	12.113 $\pm$ 1.599	12.325 $\pm$ 0.129	10.551 $\pm$ 0.051
84.306 $\pm$ 1.413	75.645 $\pm$ 0.635	75.9 $\pm$ 1.496	13.057 $\pm$ 0.288	11.29 $\pm$ 0.129	11.342 $\pm$ 0.305
85.848 $\pm$ 1.927	79.925 $\pm$ 0.919	71.519 $\pm$ 0.252	13.371 $\pm$ 0.393	12.163 $\pm$ 0.187	10.448 $\pm$ 0.051
88.16 $\pm$ 18.113	77.219 $\pm$ 1.906	74.545 $\pm$ 10.091	13.843 $\pm$ 3.695	11.611 $\pm$ 0.389	11.065 $\pm$ 2.059
81.866 $\pm$ 12.332	74.406 $\pm$ 1.655	91.699 $\pm$ 0	12.559 $\pm$ 2.516	11.037 $\pm$ 0.338	14.565 $\pm$ 0
84.435 $\pm$ 4.625	75.645 $\pm$ 2.062	98.007 $\pm$ 0	13.083 $\pm$ 0.943	11.29 $\pm$ 0.421	15.852 $\pm$ 0
76.085 $\pm$ 4.753	80.728 $\pm$ 1.738	86.402 $\pm$ 7.316	11.38 $\pm$ 0.97	12.327 $\pm$ 0.355	13.484 $\pm$ 1.493
88.674 $\pm$ 8.864	92.277 $\pm$ 1.843	79.181 $\pm$ 5.708	13.948 $\pm$ 1.808	14.683 $\pm$ 0.376	12.011 $\pm$ 1.165

## ANEXO 7: Análisis estadístico de humedad por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - humedad por tipo de suplementación

Variable dependiente: Humedad

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para humedad por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9.805	1	9.805	9.19	0.039
Intra grupos	4.269	4	1.067		
Total (Corr.)	14.074	5			

### Pruebas de múltiple rangos para humedad por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	3	67.743	X
Sin selenio	3	70.3	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-2.557

\* indica una diferencia significativa.

### **ANEXO 8: Análisis estadístico de grasa en base húmeda por tipo de suplementación**

#### **ANOVA Simple - grasa en base húmeda por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Grasa

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para grasa por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.295	1	0.295	6.04	0.069
Intra grupos	0.195	4	0.049		
Total (Corr.)	0.490	5			

### **ANEXO 9: Análisis estadístico de proteína en base húmeda por tipo de suplementación**

#### **ANOVA Simple - proteína en base húmeda por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Proteína

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para proteína por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7.26	1	7.26	0.22	0.664
Intra grupos	132.402	4	33.1005		
Total (Corr.)	139.662	5			

**ANEXO 10: Análisis estadístico de cenizas en base húmeda por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple – cenizas en base húmeda por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Cenizas

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para cenizas por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.001	1	0.001	0.05	0.837
Intra grupos	0.112	4	0.028		
Total (Corr.)	0.114	5			

## ANEXO 11. Análisis estadístico de carbohidratos en base húmeda por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - carbohidratos base húmeda por tipo de suplementación

Variable dependiente: Carbohidratos base húmeda

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para carbohidratos base húmeda por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.821	1	0.821	32.86	0.005
Intra grupos	0.1	4	0.025		
Total (Corr.)	0.921	5			

### Pruebas de múltiple rangos para carbohidratos base húmeda por tipo de suplementación

Método: 95,0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	3	1.4	×
Con selenio	3	2.14	×

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.74

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 12: Análisis estadístico de grasa en base seca por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - grasa en base seca por tipo de suplementación

Variable dependiente: Grasa

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para grasa por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18.656	1	18.656	51.01	0.002
Intra grupos	1.463	4	0.366		
Total (Corr.)	20.119	5			

### Pruebas de múltiple rangos para grasa por tipo de suplementación

Método: 95,0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	3	24.943	X
Sin selenio	3	28.47	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-3.527

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 13: Análisis estadístico de proteína en base seca por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple – proteína en base seca por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Proteína

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para proteína por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.060	1	5.060	0.01	0.911
Intra grupos	1421.03	4	355.257		
Total (Corr.)	1426.09	5			

**ANEXO 14: Análisis estadístico de cenizas en base seca por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple – cenizas en base seca por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Cenizas

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para cenizas por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.077	1	0.077	0.26	0.634
Intra grupos	1.167	4	0.292		
Total (Corr.)	1.244	5			

**ANEXO 15: Análisis estadístico de carbohidratos en base seca por tipo de suplementación**

**Tabla ANOVA para carbohidratos base seca por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.472	1	5.472	20.08	0.011
Intra grupos	1.09	4	0.272		
Total (Corr.)	6.562	5			

**Pruebas de múltiple rangos para carbohidratos base seca por tipo de suplementación**

Método: 95,0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	3	4,73	X
Con selenio	3	6,64	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	1,91

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 16: Contenido de selenio en base seca por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - Contenido de selenio en base seca (mg/kg) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Contenido de selenio (mg/kg)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para contenido de selenio (mg/kg) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.375	1	0.375	7.50	0.052
Intra grupos	0.2	4	0.05		
Total (Corr.)	0.575	5			

**ANEXO 17: Contenido de selenio en base húmeda por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - contenido de selenio en base húmeda (mg/kg) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Contenido de selenio (mg/kg)

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para contenido de selenio (mg/kg) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.06	1	0.06	13.33	0.022
Intra grupos	0.018	4	0.005		
Total (Corr.)	0.078	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para contenido de selenio (mg/kg) por tipo de suplementación**

Método: 95,0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	3	0.45	X
Con selenio	3	0.65	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.2

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 18: Análisis estadístico del contenido de ácido mirístico por tipo de suplementación

**Tabla ANOVA para cenizas por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.077	1	0.077	0.26	0.634
Intra grupos	1.167	4	0.292		
Total (Corr.)	1.244	5			

#### ANOVA Simple - C 14:0 (Mirístico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 14:0 (Mirístico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 14:0 (Mirístico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.001	1	0.001	0.16	0.728
Intra grupos	0.008	2	0.004		
Total (Corr.)	0.008	3			

**ANEXO 19: Análisis estadístico del contenido de ácido palmítico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 16:0 (Palmítico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 16:0 (Palmítico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 16:0 (Palmítico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0001	1	0.0001	0.00	0.9837
Intra grupos	0.3757	2	0.1879		
Total (Corr.)	0.3758	3			

**ANEXO 20: Análisis estadístico del ácido palmitoleico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 16:1 (Palmitoleico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.442	1	0.442	333.75	0.003
Intra grupos	0.003	2	0.001		
Total (Corr.)	0.445	3			

## Pruebas de múltiple rangos para C 16:1 (Palmitoleico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	2	1.795	X
Sin selenio	2	2.46	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-0.665

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 21: Análisis estadístico del ácido heptadecaenoico por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - C: 17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C: 17:0 (Heptadecaenoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0042	1	0.0042	33.80	0.0283
Intra grupos	0.0003	2	0.0001		
Total (Corr.)	0.0045	3			

## Pruebas de múltiple rangos para C17:0 (Heptadecaenoico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	0.245	X
Con selenio	2	0.31	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.065

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 22. Análisis estadístico del ácido esteárico por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:0 (Esteárico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.245	1	0.245	47.81	0.020
Intra grupos	0.010	2	0.005		
Total (Corr.)	0.255	3			

### Pruebas de múltiple rangos para C 18:0 (Esteárico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	10.89	X
Con selenio	2	11.385	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.495

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 23: Análisis estadístico del ácido oleico por tipo de suplementación

#### ANOVA Simple - C 18:1 w-9 (Oleico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:1 w-9 (Oleico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 18:1 w-9 (Oleico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	28.356	1	28.356	899.46	0.001
Intra grupos	0.063	2	0.032		
Total (Corr.)	28.419	3			

## Pruebas de múltiple rangos para C 18:1 w-9 (Oleico) por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	2	34.14	X
Sin selenio	2	39.465	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-5.325

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 24: Análisis estadístico del ácido vaccénico por tipo de suplementación

### ANOVA Simple - C 18:1 w-7 (Vaccénico) por tipo de suplementación

Variable dependiente: C 18:1 w-7 (Vaccénico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 18:1 w-7 (Vaccénico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.672	1	0.672	791.06	0.001
Intra grupos	0.002	2	0.001		
Total (Corr.)	0.674	3			

**Pruebas de múltiple rangos para C 18:1 w-7 (Vaccénico) por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	2	2.315	X
Sin selenio	2	3.135	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-0.82

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 25: Análisis estadístico del ácido linoleico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 18:2 w-6 (Linoleico)\* por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 18:2 w-6 (Linoleico)\*

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 18:2 w-6 (Linoleico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	35.284	1	35.284	556.52	0.0018
Intra grupos	0.127	2	0.063		
Total (Corr.)	35.410	3			

**Pruebas de múltiple rangos para C 18:2 w-6 (Linoleico) por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	15.9	X
Con selenio	2	21.84	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	5.94

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 26: Análisis estadístico del ácido linolénico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 18:3 w-3 (a-Linolénico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 18:3 w-3 (a-Linolénico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 18:3 w-3 ( $\alpha$ -Linolénico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.04203	1	0.04203	1681.00	0.0006
Intra grupos	0.00005	2	0.00003		
Total (Corr.)	0.04208	3			

**Pruebas de múltiple rangos para C 18:3 w-3 (a-Linolénico) por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	0.485	X
Con selenio	2	0.69	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.205

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 27: Análisis estadístico del ácido eicosaenoico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 20:1 w-9 (Eicosaenoico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 20:1 w-9 (Eicosaenoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 20:1 w-9 (Eicosaenoico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.002	1	0.0020	6.23	0.1299
Intra grupos	0.001	2	0.0003		
Total (Corr.)	0.003	3			

**ANEXO 28. Análisis estadístico del ácido eicosadienoico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 20:2 (Eicosadienoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0196	1	0.0196	43.56	0.0222
Intra grupos	0.0009	2	0.00045		
Total (Corr.)	0.0205	3			

**Pruebas de múltiple rangos para C 20:2 (Eicosadienoico) por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	0.555	X
Con selenio	2	0.695	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.14

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 29: Análisis estadístico del ácido eicosatrienoico por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - C 20:3 w-6 (Eicosatrienoico) por tipo de suplementación**

Variable dependiente: C 20:3 w-6 (Eicosatrienoico)

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para C 20:3 w-6 (Eicosatrienoico) por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.001	1	0.001	0.44	0.576
Intra grupos	0.004	2	0.002		
Total (Corr.)	0.005	3			

**ANEXO 30: Análisis estadístico de la sumatoria de los ácidos grasos saturados por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - SATURADOS por tipo de suplementación**

Variable dependiente: SATURADOS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para SATURADOS por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.331	1	0.331	1.47	0.349
Intra grupos	0.449	2	0.224		
Total (Corr.)	0.779	3			

**ANEXO 31: Análisis estadístico de la sumatoria de los ácidos monoinsaturados por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - MONOINSATURADOS por tipo de suplementación**

Variable dependiente: MONOINSATURADOS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para MONOINSATURADOS por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	46.991	1	46.991	1315.35	0.001
Intra grupos	0.071	2	0.036		
Total (Corr.)	47.062	3			

**Pruebas de Múltiple Rangos para MONOINSATURADOS por Tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	2	38.82	X
Sin selenio	2	45.675	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-6.855

\* indica una diferencia significativa.

### **ANEXO 32. Análisis estadístico de la sumatoria de los ácidos poliinsaturados por tipo de suplementación**

#### **ANOVA Simple - POLIINSATURADOS por tipo de suplementación**

Variable dependiente: POLINSATURADOS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para POLIINSATURADOS por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	39.125	1	39.125	404.50	0.003
Intra grupos	0.193	2	0.097		
Total (Corr.)	39.318	3			

#### **Pruebas de múltiple rangos para POLINSATURADOS por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	17.745	X
Con selenio	2	24.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	6.255

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 33: Análisis estadístico del cociente de AGPI/AGS por tipo de suplementación

#### ANOVA Simple - AGPI/AGS por tipo de suplementación

Variable dependiente: AGPI/AGS

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para AGPI/AGS por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0256	1	0.0256	64.00	0.0153
Intra grupos	0.0008	2	0.0004		
Total (Corr.)	0.0264	3			

#### Pruebas de múltiple rangos para AGPI/AGS por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	0.49	X
Con selenio	2	0.65	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.16

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 34: Análisis estadístico de los ácidos grasos  $\eta$ -3 por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple -  $\eta$ -3 por tipo de suplementación**

Variable dependiente: N-3

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para  $\eta$ -3 por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.04203	1	0.04203	1681.00	0.0006
Intra grupos	0.00005	2	0.00003		
Total (Corr.)	0.04208	3			

**Pruebas de múltiple rangos para  $\eta$ -3 por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	0.485	X
Con selenio	2	0.69	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	0.205

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 35: Análisis estadístico de los ácidos grasos  $\eta$ - 6 por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple -  $\eta$ -6 por tipo de suplementación**

Variable dependiente: N-6

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para  $\eta$ -6 por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	34.928	1	34.928	395.79	0.003
Intra grupos	0.177	2	0.088		
Total (Corr.)	35.105	3			

**Pruebas de múltiple rangos para  $\eta$ -6 por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	2	16.705	X
Con selenio	2	22.615	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	5.91

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 36: Análisis estadístico del cociente $\eta$ -6/ $\eta$ -3 por tipo de suplementación

#### ANOVA Simple - $\eta$ -6/ $\eta$ -3 por Tipo de suplementación

Variable dependiente:  $\eta$ -6/ $\eta$ -3

Factor: Tipo de suplementación

Número de observaciones: 4

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para  $\eta$ -6/ $\eta$ -3 por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.789	1	2.789	10.65	0.082
Intra grupos	0.524	2	0.262		
Total (Corr.)	3.313	3			

### ANEXO 37: Análisis estadístico multifactorial de la oxidación lipídica por el método de TBA

Variable dependiente: mg MDA /kg

Factores:

Tipo de suplementación

Tiempo (días)

Número de casos completos: 90

**Análisis de varianza para Test TBA - suma de cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de suplementación	0.001	1	0.001	2.80	0.098
B:Tiempo	0.005	2	0.002	6.62	0.002
RESIDUOS	0.034	86	0.0003		
TOTAL (CORREGIDO)	0.041	89			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**ANEXO 38: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día uno por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - Día uno por tipo de suplementación**

Variable dependiente: Día uno

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día uno por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00003	1	0.00003	0.05	0.8173
Intra grupos	0.01443	28			
Total (Corr.)	0.01445	29			

**ANEXO 39: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día cuatro por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - día cuatro por tipo de suplementación**

Variable dependiente: día cuatro

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día cuatro por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00003	1	0.00003	0.13	0.7224
Intra grupos	0.00742	28			
Total (Corr.)	0.00745	29			

**ANEXO 40: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído en el día ocho por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - día ocho por tipo de suplementación**

Variable dependiente: día ocho

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día ocho por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.002	1	0.002	5.57	0.026
Intra grupos	0.011	28			

## Pruebas de múltiple rangos para día ocho por tipo de suplementación

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Con selenio	15	0.104	X
Sin selenio	15	0.122	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	-0.017

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 41: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído para alimentación con selenio orgánico por el tiempo de suplementación

### ANOVA Simple - con selenio por tiempo

Variable dependiente: Con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 45

Número de niveles: 3

**Tabla ANOVA para con selenio por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00079	2	0.00039	1.29	0.2868
Intra grupos	0.01300	42			
Total (Corr.)	0.01380	44			

**ANEXO 42: Análisis de varianza para el contenido de malondialdehído para alimentación sin selenio orgánico por el tiempo de suplementación**

**ANOVA Simple - sin selenio por Tiempo**

Variable dependiente: Sin selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 45

Número de niveles: 3

**Tabla ANOVA para sin selenio por Tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.006	2	0.003	5.86	0.006
Intra grupos	0.020	42			
Total (Corr.)	0.026	44			

**Pruebas de múltiple rangos para sin selenio por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Día uno	15	0.096	X
Día cuatro	15	0.100	X
Día ocho	15	0.122	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Día cuatro - Día ocho	*	-0.021
Día cuatro - Día uno		0.005
Día ocho - Día uno	*	0.026

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 43: Análisis estadístico multifactorial de la capacidad antioxidante por el método de DPPH**

**ANOVA Multifactorial – DPPH**

Variable dependiente: DPPH

Factores:

Tipo de suplementación

Tiempo (días)

Número de casos completos: 90

**Análisis de varianza para DPPH - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Tipo de suplementación	115.609	1	115.609	4.70	0.033
B: Tiempo	365.019	2	182.509	7.42	0.001
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	34.061	2	17.031	0.69	0.503
RESIDUOS	2066.115	84	24.597		
TOTAL (CORREGIDO)	2580.803	89			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de múltiple rangos para DPPH por tipo de suplementación**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Tipo de suplementación</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sin selenio	45	46.375	0.739	X
Con selenio	45	48.642	0.739	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Con selenio - Sin selenio	*	2.267

\* indica una diferencia significativa.

### Pruebas de múltiple rangos para DPPH por tiempo

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ocho	30	45.482	0.905	X
Cuatro	30	46.788	0.905	X
Uno	30	50.255	0.905	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cuatro - Ocho	-	1.306
Cuatro - Uno	*	-3.467
Ocho - Uno	*	-4.773

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 44: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día uno por tipo de suplementación

#### ANOVA Simple - día uno por tipo de suplementación

Variable dependiente: día uno

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día uno por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.366	1	3.366	0.37	0.547
Intra grupos	252.895	28	9.032		
Total (Corr.)	256.261	29			

**ANEXO 45: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día cuatro por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - día cuatro por tipo de suplementación**

Variable dependiente: día cuatro

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día cuatro por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	45.613	1	45.613	2.07	0.161
Intra grupos	616.614	28	22.022		
Total (Corr.)	662.227	29			

**ANEXO 46: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH en el día ocho por tipo de suplementación**

**ANOVA Simple - día ocho por tipo de suplementación**

Variable dependiente: día ocho

Factor: tipo de suplementación

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 2

**Tabla ANOVA para día ocho por tipo de suplementación**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	100.690	1	100.690	2.36	0.136
Intra grupos	1196.631	28	42.737		
Total (Corr.)	1297.321	29			

**ANEXO 47: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH para la alimentación con selenio orgánico por el tiempo de suplementación**

**ANOVA Simple - con selenio por tiempo**

Variable dependiente: Con selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 45

Número de niveles: 3

**Tabla ANOVA para con selenio por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	89.133	2	44.567	1.95	0.1549
Intra grupos	959.669	42	22.849		
Total (Corr.)	1048.802	44			

**ANEXO 48: Análisis de varianza de la capacidad antioxidante por el método de DPPH para la alimentación sin selenio orgánico por el tiempo de suplementación**

**ANOVA Simple - sin selenio por tiempo**

Variable dependiente: Sin selenio

Factor: Tiempo

Número de observaciones: 45

Número de niveles: 3

**Tabla ANOVA para Sin selenio por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	309.941	2	154.970	5.88	0.006
Intra grupos	1106.471	42	26.344		
Total (Corr.)	1416.413	44			

**Pruebas de múltiple rangos para sin selenio por tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>B.Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Ocho	15	43.6501	X
Cuatro	15	45.5547	X
Uno	15	49.9196	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cuatro - Ocho	-	1.905
Cuatro - Uno	*	-4.365
Ocho - Uno	*	-6.270

\* indica una diferencia significativa.