

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EFFECTO DEL TIPO DE ALIMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE ACIDOS
GRASOS TRANS (ELAÍDICO Y TRNSVACCÉNICO)
EN CARNE DE BOVINO.**

Por

Q.C.B. PEDRO SOTO VÁZQUEZ

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS**

Mayo de 2009

EFFECTO DEL TIPO DE ALIMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE ACIDOS

GRASOS TRANS (ELAÍDICO Y TRNSVACCÉNICO)

EN CARNE DE BOVINO

ACEPTADO

Comité de tesis

DR. CARLOS ABEL AMAYA GUERRA
DIRECTOR

DRA. ADRIANA NUÑEZ GONZÁLEZ
SECRETARIO
ASESOR

DR. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ
VOCAL
ASESOR

TABLA DE CONTENIDO

| Sección | Página |
|-----------------------------------|--------|
| AGRADECIMIENTOS..... | vi |
| LISTA DE TABLAS..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | ix |
| NOMENCLATURA..... | xi |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | |
| 2. HIPOTESIS..... | 4 |
| | |
| 3. OBJETIVO..... | 5 |
| 3.1 Objetivo general | |
| 3.2 Objetivo particulares | |
| | |
| 4. ANTECEDENTES..... | 6 |
| 4.1 Ácidos grasos..... | 6 |
| 4.1.1 Ácidos grasos trans..... | 8 |
| 4.1.1.1 Ácido Elaidico..... | 8 |
| 4.1.1.2 Ácido Transvaccénico..... | 9 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1.1.3 | Ácido Linoleico Conjugado..... | 9 |
| 4.2 | Importancia clínica..... | 15 |
| 4.2.1 | Ácidos grasos trans..... | 15 |
| 4.2.1.1 | Problemas cardiovasculares..... | 15 |
| 4.2.1.2 | Diabetes tipo 2..... | 18 |
| 4.2.1.3 | Problemas en lactantes..... | 19 |
| 4.2.2 | Ácido linoleico conjugado..... | 21 |
| 4.2.2.1 | Anticancerígeno..... | 21 |
| 4.2.2.2 | Antiaterogénicas e Hipolipemiantes..... | 24 |
| 4.2.2.3 | Antidiabetogénicas..... | 25 |
| 4.2.2.4 | Antiadipogénicas..... | 26 |
| 4.2.2.5 | Propiedades sobre el sistema inmune..... | 27 |
| 4.3 | Fuentes de consumo..... | 28 |
| 4.3.1 | Ácido linoleico conjugado..... | 28 |
| 4.3.2 | Ácido transvaccénico..... | 30 |
| 4.3.3 | Ácido elaídico..... | 32 |
| 4.3.3.1 | Aceite vegetal..... | 32 |
| 4.3.3.2 | Margarinas..... | 33 |
| 4.3.3.3 | Shortings..... | 35 |
| 4.3.3.4 | Harinas y derivados..... | 36 |
| 4.3.3.5 | Galletas, productos de bollería y cafetería..... | 36 |
| 4.3.3.6 | Conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales..... | 37 |
| 4.3.3.7 | Salsas y misceláneo..... | 38 |
| | | |
| 5. | METODO..... | 45 |
| | | |
| 5.1 | Material y Reactivos..... | 45 |
| 5.2 | Preparación de soluciones..... | 48 |
| 5.3 | Condiciones cromatograficas..... | 49 |
| 5.4 | Estandarización del método..... | 49 |
| 5.4.1 | Identificación de pico del estándar..... | 49 |
| 5.4.2 | Límite cuantificación, Límite de detección, Linealidad, Precisión y Reproducibilidad del método..... | 50 |
| 5.5 | Obtención de muestras..... | 50 |
| 5.6 | Pre-tratamiento de extracción..... | 51 |
| 5.7 | Proceso de extracción..... | 51 |
| 5.8 | Proceso de metilación..... | 52 |
| 5.9 | Diseño experimental..... | 56 |
| 5.10 | Análisis Estadístico..... | 56 |
| | | |
| 6. | RESULTADOS..... | 57 |
| | | |
| 6.1 | Identificación de pico del estándar..... | 59 |
| 6.2 | Estandarización del método..... | 62 |
| 6.3 | Análisis de muestras..... | 71 |

| | |
|---|-----------|
| 7. DISCUSIÓN..... | 83 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 92 |
| 9. LITERATURA CITADA..... | 95 |

AGRADECIMIENTOS

A dios nuestro señor por enseñarme el camino y iluminarme mi vida.

A mis padres, por darme la vida, una educación y apoyarme en todo momento de mi vida.

A mi esposa Cecilia e hija Tamara, por todo su apoyo, amor, comprensión y paciencia en todo momento. Que son una motivación en mi vida.

A mis hermanas, Graciela y María de la luz por su ayuda e apoyo. Sobrinas y cuñado por todos bellos momentos brindados.

A mis amigos, por la amistad brindada todo el tiempo y además por su apoyo.

A mis asesores de tesis, los doctores Carlos Abel Amaya Guerra, Roberto Mercado Hernández y la doctora Adriana Nuñez González por formar parte del comité de tesis y así mismo por su apoyo, sugerencias y su gran interés.

Además a MC Miriam Motante y al Dr. Alberto Morales Loredó por su gran confianza e apoyo, así mismo sus sugerencias para el desarrollo de la tesis.

Al Comité para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Nuevo León, por el apoyo económico y permitir el uso de las instalaciones, material y equipo. Así mismo su invaluable ayuda para el desarrollo de este estudio. Así mismo, a mis compañeros de trabajo del área de Residuos Tóxicos, por el apoyo y sugerencias, además de la amistad brindada.

Al Departamento de Alimentos de la Facultad de Biología por el uso de las instalaciones e apoyo para el desarrollo de este estudio.

A la Dra. Lidia Naccha, por su amistad y la confianza brindada.

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Página |
|---|---------------|
| 1. Concentración de CLA presente en distintos alimentos de origen animal..... | 29 |
| 2. Contenido en porcentajes de ácidos grasos trans en derivados cárnicos..... | 38 |
| 3. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans en distinto tipo de galleta..... | 39 |
| 4. Contenido en porcentajes de ácidos grasos trans en distinto tipo de bollería..... | 40 |
| 5. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans en productos de confitería..... | 41 |
| 6. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans registrados en conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales..... | 42 |
| 7. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans registrados en Salsas y Misceláneo..... | 43 |
| 8. Condiciones de operación cromatografica SGE..... | 48 |
| 9. Condiciones de operación cromatografica de pro-nmx-f-089-scfi-2007..... | 55 |
| 10. Condiciones de operación cromatografica de SGE modificado..... | 56 |
| 11. Tiempo de Retención de los estándares puros..... | 57 |
| 12. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la primera curva..... | 60 |
| 13. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la segunda curva..... | 62 |

| | |
|---|-----------|
| 14. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la tercera curva..... | 63 |
| 15. Determinación de reproducibilidad del método para AGE y AGTV..... | 67 |
| 16. ANOVA de un factor comparando tipos de alimentación (Elaidico)..... | 69 |
| 17. ANOVA de un factor comparando tipos de alimentación (Transvaccénico)..... | 71 |
| 18. ANOVA de un factor comparando los ácidos en la carne por el sistema por corral..... | 73 |
| 19. ANOVA de un factor comparando los ácidos en la carne por el sistema de pastoreo..... | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| 1. Configuración química de ácidos grasos..... | 7 |
| 2. Estructura química de ácido linoleico (cis-9, cis-12) y son sus principales isómeros del ácido linoleico conjugado (cis-9, trans-11) y (trans-10, cis-12)..... | 13 |
| 3. Biosíntesis y biohidrogenación de AGTV y CLA en el bovino..... | 14 |
| 4. Diagrama de trabajo del análisis de AGT..... | 54 |
| 5. Cromatograma de los estándares de AGE y AGTV con su estándar interno (AGU) puros..... | 58 |
| 6. Cromatograma de los estándares AGE y AGTV. Con un acercamiento..... | 59 |
| 7. Graficas de linealidad de la primera curva de los estándares AGE y AGTV..... | 61 |
| 8. Graficas de linealidad de la segunda curva de los estándares AGE y AGTV..... | 64 |
| 9. Graficas de linealidad de la tercera curva de los estándares AGE y AGTV..... | 65 |
| 10. Graficas para la determinación de reproducibilidad del método..... | 68 |
| 11. Grafica comparativa de tipos de sistema de alimentación con el AGE..... | 70 |
| 12. Grafica comparativa de tipos de carne con el AGE..... | 72 |
| 13. Grafico comparativo del tipo ácido en la carne por corral..... | 74 |
| 14. Grafico comparativo del tipo ácido en la carne por pastoreo..... | 76 |

| | |
|---|-----------|
| 15. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema de pastoreo..... | 77 |
| 16. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema de pastoreo. Un acercamiento a la zona de AGE y AGTV..... | 78 |
| 17. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema por corral..... | 79 |
| 18. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema por corral. Un acercamiento a la zona de AGE y AGTV..... | 80 |

NOMENCLATURA

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| AG | Acido graso |
| AGE | Acido graso elaídico |
| AGT | Acido graso trans |
| AGTV | Acido graso transvaccénico |
| AGU | Acido graso undecanoico |
| FAME | Acido grasos metil ester |
| CLA | Acido linoleico conjugado |
| AGE | Acidos grasos esenciales |
| PUFA | Acidos grasos poliinsaturados |
| KCl | Cloruro de potasio |
| NaCl | Cloruro de sodio |
| r | Coefficiente de correlación |
| TC | Colesterol total |
| CG | Cromatógrafo de gases |

| | |
|-------------|--|
| HPLC | Cromatógrafo de líquidos de alta resolución |
| FDI | Detector de ionización de flama |
| DMBA | Dimetilbenzilantraceno |
| FDA | Food and drugs administration |
| G | Grado |
| °C | Grado centígrados |
| g | Gramos |
| NaOH | Hidróxido de sodio |
| IGA | Inmunoglobulina A |
| IGE | Inmunoglobulina E |
| IGG | Inmunoglobulina G |
| IGM | Inmunoglobulina M |
| Kg | Kilogramo |
| HDLC | Lipoproteínas de alta densidad |
| LDLC | Lipoproteínas de baja densidad |
| ± | Más, menos |
| MS | Materia seca |

| | |
|-------------------------------------|---|
| > | Mayor |
| ≥ | Mayor o igual |
| m | Metros |
| μL | Microlitros |
| μm | Micrometros |
| mg | Miligramos |
| ml | Mililitros |
| min | Minutos |
| M | Concentración Molar |
| Nd | No detectado |
| N.L. | Nuevo león |
| ppm | Partes por millón |
| % | Porcentaje |
| %CV | Porcentaje de coeficiente de variación |
| Na₂SO₄ | Sulfato de sodio |
| BF₃ | Trifloruro de boro |

RESUMEN.

Con el objetivo de determinar la concentración de los ácidos grasos trans, en específico, elaídico y transvaccénico, se analizó la carne de bovino de dos sistemas de alimentación distintas. Se analizaron 16 muestras de carne de bovino, provenientes de ranchos que se localizan en el Estado de Nuevo León, de los cuales 8 muestras son de sistemas de alimentación por engorda, y 8 muestras por sistema de pastoreo. Se analizó por medio de un método de cromatografía de gases, que previamente se había evaluado y modificado. Obteniendo medias para ácido elaídico de 149.9231 ± 33.0153 ppm en carne de engorda, y para pastoreo es de 76.5009 ± 29.4378 ppm; mientras para ácido transvaccénico son de 202.1206 ± 54.0988 ppm en carne de engorda, y en pastoreo fue de 397.4527 ± 199.7957 ppm. Se aplicó un análisis de varianza al azar, considerando la variable dependiente como: ácido graso elaídico (AGE) y ácido graso transvaccénico (AGTV), y como factor el tipo de carne (engorda y pastoreo). Asimismo, se compararon las medias en forma inversa: variable dependiente del tipo de carne y el factor como ácido grasos. Se obtuvieron diferencias altamente significativas con F de 66.11, 21.37, 16.28 y 60.61, y con $p < 0.01$. Se observó que la dieta influye en el contenido AGE y AGTV en carne, ya que la carne obtenida por sistema de alimentación por pastoreo presentó un mayor contenido de AGTV en comparación del AGE, mientras que en el sistema de alimentación por engorda se observó un aumento de AGE y disminución de AGTV. Se concluye que el aumento de AGE no es tan elevado para superar al AGTV. Esto nos permite pensar que la carne es un alimento funcional, ya que el AGTV va a permitir contrarrestar los efectos provocados por AGE.

ABSTRACT

With the objective to determine the content of trans fatty acid, (elaidic and transvaccenic) in bovine meat, It is realized a analyses in meat presented in two different feed systems. There were analyzed sixteen samples of bovine meat from ranches located in the state of Nuevo Leon, eight samples of fattening system and eight samples of pasture system. It was analyzed by the chromatograph gas method, which previously was evaluated and modified. As result the media for elaidic acid obtained is 149.9231 ± 33.0153 ppm in fattening meat, and 76.5009 ± 29.4378 ppm for pasture meat, while for transvaccenic acid the results shows 202.1206 ± 54.0988 ppm in fattening meat, and 397.4527 ± 199.7957 ppm for pasture meat. It was applied an analyses of aleatory variation, considering the dependent variable like: elaidic fatty acid (AGE) and transvaccenic fatty acid (AGTV), and like factor the kind of meat (fattening and pasture). Likewise, were comparing the medias in inverse way, the dependent variable of the kind of meat and the factor as fatty acids. There were obtained highly significant differences with f of 66.11, 21.37, 16.28, and 60.61, and $p < 0.01$. It was observed the diet has influence in the content of AGE and AGTV in meat, because the meat obtained by pasture feed system presents a higher content of AGTV in comparison to AGE, while in fattening feed system was observed an increase of AGE and a decrease of AGTV . In conclusion the rate of AGE is no so high to surpass the AGTV in both feed systems, this allow us think, the meat is a functional food, because of the AGTV allows to offset the AGE effects.

1. INTRODUCCIÓN

En la zona norte de la República Mexicana, el ramo de la industria de la carne, tiene una gran importancia debido a su alto consumo y producción. Además, por el tratado de libre comercio con Estados Unidos, han entrado al país grandes cantidades de productos cárnicos; Por estas razones, los productores mexicanos tienen que ser más competitivos y desarrollar mejores herramientas de producción, con el fin de generar productos de mayor calidad. A su vez, hay una gran preocupación por parte de los consumidores, acerca de los riesgos de consumir carne de bovino; ya que, pese a sus excelentes características nutricionales, que la ubican como una de las mejores fuentes de proteínas, hierro y vitaminas del grupo B, ésta no tiene la imagen que debiera de acuerdo a su valor nutricional. Debido a lo anterior, en las últimas décadas, ha habido una campaña de desprestigio por parte del área médica, por el contenido de colesterol y de ácidos grasos saturados y su efecto en la salud humana (obesidad y afecciones cardíacas), este desprestigio toma mas fuerza en las nuevas generaciones, y afectarán, sin duda, el consumo de carnes a futuro.

Un problema que pudiera presentar el consumo de carne de res, es la presencia de los ácidos grasos llamados “trans”. La FDA a partir de 2006, dispuso una nueva reglamentación, en la cual, se deben incluir el contenido de ácidos grasos trans en el recuadro de la declaración nutricional de alimentos (FDA, 2004). En México, se

carece de alguna disposición semejante, y el contenido de ácido grasos trans sólo aparece en algunas etiquetas de alimentos.

Los consumidores solicitan más información y productos de mayor calidad que aporten algún beneficio extra a la salud. En los últimos tiempos, los consumidores son más críticos, exigentes y concientes del papel que tiene la alimentación en la salud. En respuesta a esta demanda, han nacido los alimentos funcionales, los cuales son aquellos alimentos que poseen algo más de su valor nutricional habitual y que han demostrado satisfactoriamente tener un efecto benéfico sobre una o más funciones específicas en el organismo en una forma que resulta relevante para mejorar el estado de salud y bienestar y/o para la reducción de riesgo de enfermedad. Un alimento funcional será similar en apariencia a un alimento convencional, consumido en cantidades habituales y como un componente más de la dieta. Su efecto beneficioso lo puede ser para todos los miembros de una población o sólo para un grupo particular. Un alimento funcional puede ser un alimento natural o transformado mediante procedimientos tecnológicos o biotecnológicos (Diplock et al., 1999).

Profundizando en la investigación bibliográfica se encontró que un ácido graso trans, el ácido transvaccénico, es precursor del ácido linoleico conjugado (CLA) y este posee efectos benéficos para la salud, por el cual la American Dietetic Association consideró a la carne como un alimento funcional (Hasler et al., 2004). Por lo que se direccionó el trabajo en tratar de cuantificar el contenido del ácido eláidico (ácido trans de mayor presencia en los alimentos procesados) y el ácido transvaccénico que tuviera propiedades benéficas a la salud.

En base a esto, el presente trabajo se monto la técnica para la cuantificación de ácidos grasos trans en la carne de res de animales alimentados con alimento balanceado y pastoreo, ya que existe evidencias que los animales de pastoreo tienen mas ácidos grasos transvaccénico que los que consumen alimentos balanceados. Esta evidencia sería muy importante para los pequeños y medianos productores que utilizan el pastoreo como principal método de alimentación del ganado, por que daría evidencias de una mejor calidad de carne de los que utilizan una dieta en forma balanceada. Así mismo este estudio podría servir como base para replantear el balance en la dieta de pastoreo y de alimento balanceado del ganado.

2. HIPOTESIS

La carne obtenida de animales alimentados por pastoreo tiene un contenido de ácidos Elaídico (C18:1n9t) mayor y de ácido Transvaccénico (C18:1, n9t) menor que la carne obtenida de animales que consumen alimento balanceado.

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el contenido de los ácidos grasos Elaídico y Transvaccénico (C18:1 n-9t y n-11t) en carne de bovino alimentados por el sistema de engorda y pastoreo.

3.2 OBJETIVO PARTICULARES

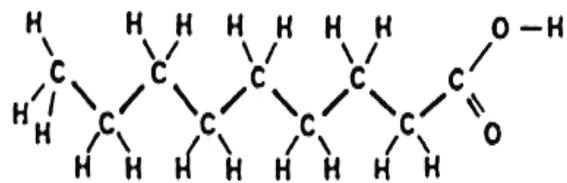
- Evaluar y elegir muestras representativas de carne procedente de carne de bovinos alimentados por el sistema de engorda y pastoreo.
- Seleccionar el método para cuantificar los ácidos grasos elaídico y transvaccénico y adaptarlo para el análisis en la carne de los dos sistemas de alimentación.
- Determinar estadísticamente la relación de los sistemas de alimentación con el contenido de los ácidos grasos elaídico y transvaccénico.

4. ANTECEDENTES

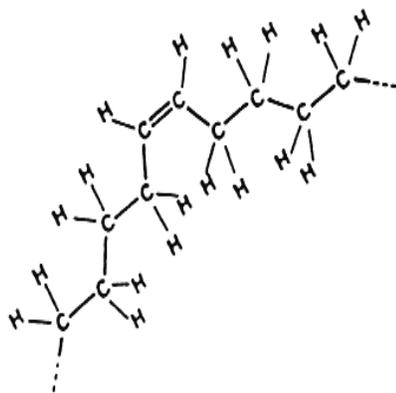
4.1 ÁCIDO GRASO

Es una molécula orgánica de naturaleza lipídica (Clavo, 1991), raramente libre, y casi siempre esterificado al glicerol y eventualmente a otros alcoholes (Horton, 1995). Está formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo o doble. Al átomo de su extremo le quedan libres tres enlaces que son ocupados por átomos de hidrógeno (H_3C-). Los demás átomos tienen libres dos enlaces, que son ocupados igualmente por átomos de hidrógeno (... $-CH_2-CH_2-CH_2-$...) (Calvo, 1991).

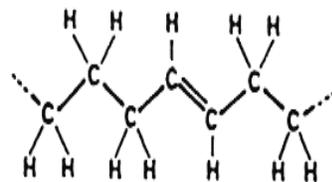
Los ácidos grasos que no tienen un doble enlace carbono-carbono se clasifican como saturados, mientras que los que tienen al menos un doble enlace se clasifican como insaturados. Los ácidos grasos insaturados con un sólo doble enlace se llaman monoinsaturados, y aquellos con dos o más se llaman poliinsaturados (Fessenden, 1983). La configuración de los dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados son llamados isómeros cis-trans que son estereoisómeros que difieren porque los grupos están del mismo lado o de lado opuesto en un lugar de rigidez de la molécula (Codex Alimentarius, 2004).



a) Saturado



b) Configuración cis



c) Configuración trans

Figura 1. Configuración química de ácidos grasos.

4.1.1 Ácido GRASOS TRANS (AGT).

Se suele denominar ácidos grasos *trans* a un grupo heterogéneo de ácidos grasos insaturados que poseen una configuración tipo *trans* en un doble enlace carbono-carbono como mínimo en su estructura molecular (León, 2003). Se producen por tres diferentes procesos:

1. Biohidrogenación: Tiene lugar por bacterias en el rumen de los animales poligástricos.
2. Hidrogenación industrial: en la producción de grasas plásticas.
3. Calentamiento de grasas
 - Refinación de aceites y grasas principalmente en los procesos de desodorización.
 - Procesos de fritura (Sampugna et al., 1982).

Causa la isomerización de algunas o de todas las configuraciones naturales tipo *cis* en los dobles enlaces carbono-carbono en los ácidos grasos componentes a la configuración tipo *trans* (León, 2003).

4.1.1.1 ÁCIDO ELAÍDICO (AGE)

Es un ácido graso de 18 carbonos con una insaturación en el carbono 9 con configuración *trans* llamado *trans* 9-octadecenoico. Este ácido predomina en margarinas y aceite vegetal formado durante proceso de hidrogenación química (Valenzuela and Morgado, 1999). En la hidrogenación química, causa que los aceites y grasas insaturados ocurra la isomerización de algunas o de todas las

configuraciones naturales tipo *cis* en los dobles enlaces carbono-carbono en los ácidos grasos componentes a la configuración tipo *trans* (León, 2003). Esta técnica, desarrollada ya en los años 30, consiste en la introducción de gas hidrógeno en aceite vegetal líquido bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, y mediante el uso de un metal catalítico; con el fin de que los aceites vegetales pudieran transformarse en grasas sólidas a temperatura ambiente, como es el caso de la margarina (Bell et al., 2001).

4.1.1.2 ÁCIDO TRANSVACCÉNICO (AGTV)

Es un ácido graso de 18 carbonos con una insaturación en el carbono 11 llamado ácido trans 11-octadecenoico (ácido trans-11 vaccénico). Es formado como el segundo producto intermedio de la biohidrogenación del ciclo del ácido linoleico, que resulta de la biohidrogenación de un enlace doble en el CLA (Mosley et al., 2002). Pero también es producido por el ácido linolénico (18:3) y oleico por la biohidrogenación microbiana en el rumen (Ha et al., 1990).

4.1.1.3 Ácido Linoleico Conjugado (CLA).

El ácido linoleico conjugado (CLA), se refiere a varios isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12 ácido octadecadienoico), cada uno dispuesto con un doble enlace conjugado. Estos enlaces pueden ser de varias posiciones distintas, tales como 9 y 11, 10 y 12, y 11 y 13 (Mulvihill, 2001).

El CLA tiene el mismo largo de la cadena que el ácido linoleico (C18:2), pero en el CLA los dobles enlaces son conjugados (Kim et al., 2000). La estructuración de los dobles enlaces (insaturación) de los ácidos grasos naturales obedece a un patrón muy característico y conservado. En un ácido graso diinsaturado, ambos dobles enlaces

siempre estarán separados por un carbono intermedio que no participa de la estructura de insaturación. Esto es, un ácido graso donde los dobles enlaces están entre los carbonos 9-10 y 12-13, el carbono 11 no participará de la estructura de insaturación. Esta sería una estructura no conjugada y el carbono 11 se le designaría como un carbono metilénico intermedio. Este es el caso de la estructura de la mayoría de los ácidos grasos en su forma natural. Sin embargo, como consecuencia de la manipulación tecnológica de las grasas y aceites y/o por efecto de la metabolización a nivel celular de ciertos ácidos grasos, es posible que un doble enlace cambie de posición, siguiendo el ejemplo anterior, desde la posición 9-10 a la 10-11, o de la posición 12-13 a la 11-12. En ambos casos desaparecería el carbono metilénico intermedio y el ácido graso formado se transformaría en una estructura “conjugada”, o sea, en un ácido graso conjugado. La conjugación de los dobles enlaces puede, además, ocasionar un cambio en la isomería espacial del ácido graso. Esto es, en un ácido graso diinsaturado cuyos dos dobles enlaces tienen isomería *cis* (c), uno de estos dobles enlaces, o ambos, pueden adoptar la isomería *trans* (t). Por lo cual podrán existir ácidos grasos conjugados diinsaturados con isomería c,c (poco probable) o c,t, o t, c o t, t. (Valenzuela and Morgado, 1999)

El ácido linoleico conjugado se origina a partir de dos fuentes diferentes:

La primera fuente es la biohidrogenación del ácido linoleico como el primer producto intermedio proveniente de la dieta por las bacterias del rumen (Mosley et al., 2002). Siendo la bacteria identificada como *Butyrivibrio fibrisolvens*, quien al realizar la hidrogenación del ácido linoleico para transformarlo en un ácido graso monoinsaturado, genera como intermediario del proceso a los diferentes isómeros del CLA (Griinari et al., 1997). El segundo producto intermedio formado en la biohidrogenación del ciclo del ácido linoleico es el ácido *trans* octadecenoico (como

el ácido trans-11 vaccénico), que resulta de la biohidrogenación de un enlace doble en el CLA. La completa biohidrogenación del ácido linoleico resulta en el ácido esteárico (C18: 0). En alguna etapa de este proceso algunos de estos ácidos (CLA y C18:1, trans-11) escapan del rumen y se incorporan dentro de la leche y de la carne (Mosley et al., 2002).

Los 2 pasos iniciales ocurren rápidamente; mientras que el tercer paso ocurre a una tasa inicial más lenta, debido que parece involucrar un grupo diferente de organismo en la conversión (Griinari and Bauman 1999). Por esta razón, la reducción del trans-11 C18:1 parece ser limitante en la secuencia de biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados de 18C. Como consecuencia, esta penúltima biohidrogenación acumula intermediarios en el rumen quedando más disponibles para la absorción.

La segunda fuente es a partir de la síntesis de AGTV dentro de la glándula mamaria bovina. Esto es posible a través de la acción de estearoyl-CoA desaturasa (delta9-desaturasa), una enzima capaz de añadir un doble enlace cis-9 al C18:1 trans-11 para obtener cis-9, trans-11 (CLA) (Mahfouz et al., 1980).

Griinari y sus colaboradores, propusieron que una porción del CLA en la grasa de rumiantes era de origen endógeno, a partir de la delta-9 desaturasa presente en la glándula mamaria y en el tejido adiposo de los animales, además predijeron que la síntesis endógena de cis-9, trans-11 CLA es la mayor fuente de CLA en la grasa corporal de rumiantes (Griinari and Bauman 1999).

La Delta-9 desaturasa es una enzima que esta presente en varios tejidos diferentes como intestinales y/o hepáticas, (Yurawecz et al., 1998). Esta podría ser la razón por

la que en los mamíferos no rumiantes, incluidos los humanos, también se encuentra CLA en sus tejidos y secreciones (leche) (Ackman et al., 1981), aunque en menor proporción que en los rumiantes. El ser humano al consumir carne de rumiantes (o productos lácteos), conteniendo ácido vaccénico, este sería transformado a CLA por la desaturación enzimática, proceso que incrementaría el aporte de CLA proveniente de la carne y de la leche de rumiantes (Ascherio et al., 1996).

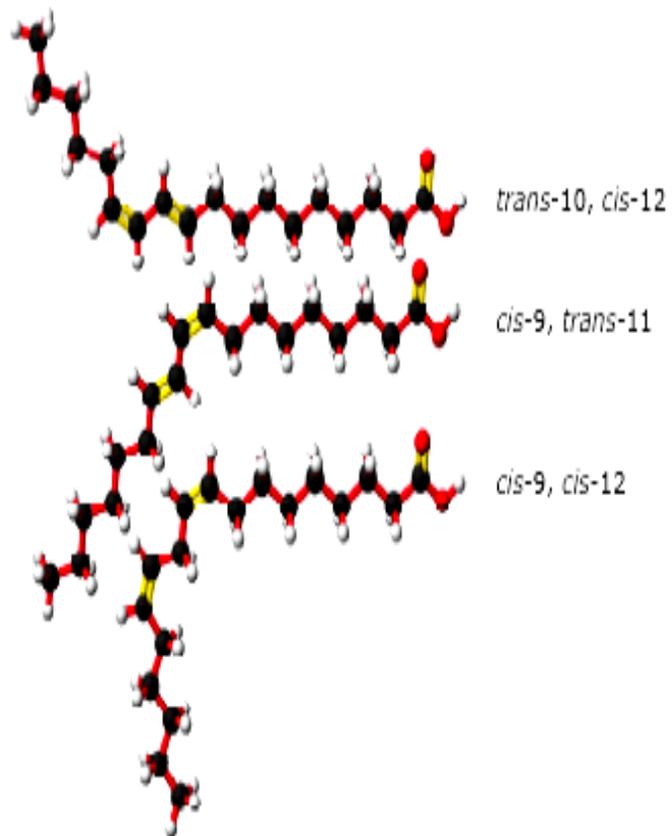


Figura 2. Estructura química de ácido linoleico (cis-9, cis-12) y sus principales isómeros del ácido linoleico conjugado [(cis-9, trans-11) y (trans-10, cis-12)]

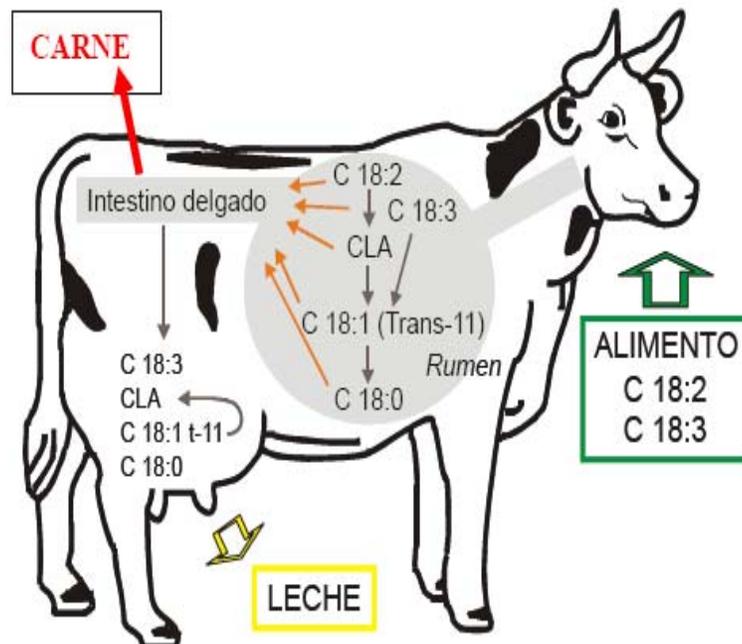


Figura 3. Biosíntesis y biohidrogenación de AGTV y CLA en el bovino

4.2 Importancia clínica

4.2.1 Ácidos Grasos Trans

4.2.1.1 Problemas cardiovasculares.

El consumo de ácidos grasos trans (AGT) liga directamente la formación de desorden en el corazón. Un estudio epidemiológico evidencia la relación de los niveles de AGT en la dieta a el riesgo desorden en el corazón, como los tres estudios convergen cerca de 150000 sujetos que fueron monitoreados de 6 a 14 años: The Health Professionals Follow-up study, USA 1996 (Pietinen et al., 1997), the Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study, Finland 1997 (Hu et al., 1997) y the Nurses' Health Study, USA 1997 (Oomen et al., 2001). Por otra parte el Zutphen Elderly Study, Holland 2001 (Stender et al., 1994) el cual cubre 667 hombres sobre una observación de un periodo de 10 años. Los cuatro estudios se encontraron una asociación positiva entre el consumo de AGT y el riesgo un desorden en el corazón. Esta asociado con un incremento absoluto de 2% de energía en el consumo de AGT, con un correlación estadística de 1.36 (95% intervalo de confianza 1.03-1.81) en Health Professionals Follow-up Study; 1.14 (0.96- 1.35) en Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study; 1.93 (1.43-2.61) en Nurses' Health Study y 1.28 (1.01-1.61) en Zutphen Elderly Study. Los cuatro son referidos a 1.25 (1.11-1.40) (Stender et al., 1994).

Un estudio comparativo sobre el consumo de AGT y la mortalidad por un desorden en el corazón realizado desde 1977 a 1996 en Dinamarca. Se observó una disminución en el consumo AGT, de 6 g hasta 1-2 g y una disminución en la mortalidad de 50% (Thom and Epstein, 1994; Zegarska and Borejszo, 2001). Esto es debido a un cambio de estilo de vida a finales de los años ochenta (Zegarska and Borejszo, 2001) En década reciente se observa un alza en mortalidad de desorden en el corazón en oeste de Europa por incremento en el consumo de AGT (Mensink and Katan, 1990).

Existe evidencia convincente en un efecto adverso sobre lípidos en plasma y lipoproteínas con el incremento consumo de productos con ácidos grasos trans. En 1990 Mensink y Katan, aportaron en fecha temprana la evidencia de que los AGT pueden afectar el corazón, basándose para ello en ensayos clínicos realizados con seres humanos. Observando un incremento no sólo el nivel total de colesterol y el de colesterol "malo" (LDLC, lipoproteína de baja densidad) sino que redujo notablemente las concentraciones de colesterol "bueno" (HDLC, lipoproteína de alta densidad), arrojando por consiguiente un índice TC/HDLC menos favorable (Aro et al., 1997). El informe de ambos investigadores fue seguido de numerosas publicaciones en revistas científicas, a tenor de las cuales el consumo de aceites y grasas hidrogenados que contienen AGT eleva el perfil de riesgo cardiovascular (Judd et al., 1994; Louheranta et al., 1999; Muller et al., 1998; Sundram et al., 1997; Institute of Medicine, 2002; Ascherio et al., 1999). Datos recientes han probado la existencia de una relación dosis dependiente entre la ingesta de AGT y la relación LDLC/HDLC. Un meta-análisis aplicado a los resultados de varios ensayos clínicos humanos publicados reveló que los AGT incrementan el índice LDLC/HDLC (efecto

adverso) casi en dos veces en comparación con los ácidos grasos saturados. Es decir se necesita 2% de energía para incrementar el índice 0.1 de LDLC/HDLC; mientras tanto un correspondiente aumento en la dieta con ácidos grasos saturados necesita 5% de energía (Lichstenstein et al., 1999).

Las concentraciones de plasma de lipoproteína (a) [o Lp (a)], un factor de riesgo genéticamente determinado, se asocian a un mayor riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares o de sufrir una apoplejía. Resulta interesante el hecho de que se comunicó que las concentraciones de Lp (a) aumentaban como consecuencia del consumo de dietas ricas en grasas hidrogenadas/AGT (Judd et al., 1994; Institute of Medicine, 2002; Mensink et al., 1992; Nestel et al., 1992; Ascherio et al., 1999).

Un alto consumo de productos con ácidos grasos trans incrementa la concentración de triglicéridos en la sangre (Lichstenstein et al., 1999). El alto nivel de triglicéridos en plasma tiene ser un factor de riesgo independiente para un desorden en el corazón (Stensvold et al., 1993; Jeppesen et al., 2001).

Varios estudios extensos de cohorte han llevado también a la conclusión de que la ingestión de AGT agrava el riesgo de contraer enfermedades de las arterias coronarias (Oomen et al., 2001; Stender et al., 1994; Willet et al., 1993). En vista de la evidencia, la consulta conjunta de expertos OMS/FAO sobre dieta, nutrición y la prevención de enfermedades crónicas recomendó que, para promover la salud cardiovascular, la alimentación debería aportar una ingestión muy baja de AGT, a saber, menos del 1% de la ingesta energética diaria (OMS/FAO, 2003).

Uno de los mecanismos posibles para generar un infarto agudo al miocardio, es la incorporación de los AGT en las células de músculo de corazón donde el sistema de conducción disminuye el umbral generando una arritmia cardíaca (McLennan, 1993). El soporte de la hipótesis de arritmia es concerniendo AGT con los ácidos grasos omega 3 de aceite de pescado, estudios realizados en animales de experimentación (McLennan, 1993) y en humanos con un consumo diario de 1-2 g, aparente tiene un efecto opuesto (Christensen et al., 2001; Schmidt et al., 1999). Su efecto es la estabilización de la arritmia, que mejor explicación del efecto de aceite de pescado ya que extiende la vida de los pacientes que previamente tiene un infarto agudo al miocardio (Burr et al., 1982; GISSI-Prevenzione Investigators, 1999).

Teóricamente el mecanismo se relaciona a los cambios de composición de los ácidos grasos de la membrana celular de músculo. Donde afecta los canales de iónicos, que los cuales son importantes para la formación y la propagación de los impulsos eléctricos de las células (Katz, 2002).

A su vez, el consumo de AGT en la dieta provoca una disminución en las funciones en la pared vascular de endotelio (de Ross et al., 2001). Donde el endotelio es la capa celular más profunda en los vasos y tiene contacto directo con la sangre. Entre otras funciones provee protección contra trombosis y la regulación de la sangre a los tejidos. La disfunción del endotelio es probablemente la primera etapa en el desarrollo de arterioesclerosis

4.2.1.2 Diabetes tipo 2

En el Nurses Health Study, un equipo de investigadores de la Harvard School of Public Health examinó la relación a largo plazo existente entre diferentes

tipos de grasa dietética y el riesgo de contraer diabetes tipo 2. El estudio reveló que el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 está asociado al consumo de ácidos grasos trans, mientras que la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) entrañaba un bajo nivel de riesgo. Los datos sugieren que el riesgo de contraer diabetes tipo 2 se reduce en casi un 40% reemplazando el 2% de energía proveniente de AGT por PUFA (Salmeron et al., 2001; Meyer et al., 2001; van Dam RM et al., 2001).

La administración de alimentos con alto contenido de ácido elaidico comparado con ácido oleico, se observó un aumento en los niveles de insulina y glucosa en sangre, indicando que el ácido elaidico produce un incremento en la resistencia a la insulina (Bray et al., 2002). Estudios de ácidos grasos trans *in vivo* y *in vitro* afectan la sensibilidad y secreción de la insulina, soportando la hipótesis de que los ácidos grasos trans promueven la diabetes (Christiansen et al., 1997; Alstrup 1999). Siendo el efecto de los ácidos grasos trans sobre la membrana celular en los canales iónicos.

4.2.1.3 Problemas en lactantes.

Los estudios acerca del transporte de AGT a través de la placenta han proporcionado resultados contradictorios (Larqué et al., 2001). Las observaciones más recientes indican que sí se produce un paso significativo de estos ácidos grasos de la madre al feto, aunque los niveles fetales son menores que los hallados en sangre materna, por lo que parece existir un cierto grado de discriminación contra estos isómeros en la placenta (Koletzko and Müller, 1990). Sin embargo otros estudios presentan una misma relación entre la sangre del recién nacido y de la madre (Berghaus et al., 1998; Elias and Innis 2001). La cantidad de AGT detectada en los fosfolípidos fetales se correlaciona con la encontrada en los fosfolípidos maternos y

depende, por tanto, de la dieta de la madre (Craig-Schmidt, 2001). Un informe publicado en 1997 concluyó que los AGT son transferidos por la placenta al feto e incorporados a los tejidos fetales (International life sciences institute, 1997). Sin embargo, parece demostrado que la cantidad de isómeros trans que alcanzan el cerebro fetal es despreciable, sugiriendo una cierta protección de este órgano durante el desarrollo precoz (Pettersen and Opstvedt, 1989).

Existe una correlación inversa entre AGT y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en sangre de prematuros, tejidos fetales y sangre umbilical de neonatos a término y fosfolípidos plasmáticos de niños sanos. Estos estudios apuntan un efecto parcialmente inhibitorio de la actividad delta 6-desaturasa; ya que disminuye la prolongación de la cadena de los ácidos grasos poliinsaturados y, por tanto, una disminución en el desarrollo en la visión y sistema nervioso central en fases precoces de desarrollo (Koletzko, 1992). Además tienden a desplazar los ácidos grasos esenciales (EFA: ácido linoleico y ácido alfa-linolénico) en la leche materna, y los AGT acaban por incorporarse a los fosfolípidos de plasma y a los triglicéridos de los lactantes amamantados (Innis and King, 1999). Por lo tanto se necesita de aumentar el aporte de ácido grasos esenciales para compensar este efecto, especialmente durante el embarazo y la lactancia (Mensink and Katan, 1990).

Otros trabajos han encontrado una correlación inversa entre el contenido de AGT y el peso al nacer de neonatos y prematuros. En 1992, un estudio publicado de bebés prematuros se encontró una correlación negativa entre peso nacimiento y nivel de ácido grasos trans en el plasma después de 4 días de nacido (Koletzko, 1992). Un

estudio publicado 2001, refleja nivel AGT en cordón umbilical de 84 neonatos con los niveles de TFA en la sangre y el consumo de AGT de la madre. Al mismo tiempo, se encontró que el periodo de embarazo era corto en madres con alto niveles de AGT (Elias and Innis, 2001). En estudios mostrados anteriormente, existía una relación inversa entre AGT y PUFA; en este caso el ácido graso omega 3 de aceite de pescado prolonga el embarazo, por la inhibición de la contracción en las células uterinas por el efecto sobre los canales iónicos de estas células, mientras AGT aparente lo acorta (Decsi et al., 2001).

Un estudio realizado en 1998 se encontró una asociación entre el alto consumo de AGT y el riesgo de preclamsia. En este estudio se observó que las mujeres quien desarrolló preclamsia tienen un aproximado de 30% nivel de AGT en glóbulos rojos que mujeres no desarrollo este desorden (Williams, 1998).

4.2.2 Ácidos Linoleico Conjugado

4.2.2.1 Anticancerígeno

Un grupo de investigación del Dr. Michael Pariza, de la Universidad de Wisconsin, aisló el ácido linoleico conjugado de la carne molida asada (Ha et al., 1987) y encontraron que poseía propiedades que prevenían la fase de iniciación en el modelo de dos etapas (iniciación y promoción) del cáncer de piel en los ratones. Después descubrieron que el ácido administrado en la dieta también inhibía la fase de promoción (proliferación) de los tumores de piel en los ratones (Belury et al., 1996).

Así mismo, este efecto anti-iniciador del ácido linoleico conjugado se encontró en los casos de cáncer de estómago de ratones en los que los tumores fueron inducidos por el mutágeno benzo(a)pireno (Mulvihill, 2001) y en ratas con cáncer de colon que fueron inducidas por 2-amino-3-metilimidazol[4,5-f]quinolina (Liew et al., 1995).

El grupo de investigación del Dr. Ip reportó los primeros trabajos realizados en ratas Sprague-Dawley con cáncer de mama (Ip et al., 1991) Estos animales se alimentaron durante dos semanas con dietas que contenían diferentes porcentajes de ácido linoleico conjugado (0,5, 1,0 y 1,5%, en peso) que se proporcionaron antes y 24 semanas después de la administración del mutágeno dimetilbenzilantraceno (DMBA). En las ratas a las que se les dio ácido linoleico conjugado en su dieta hubo una menor incidencia de tumores y una disminución del número total de adenocarcinomas y fibroadenomas, comparadas con las que se alimentaron con dietas control. La máxima inhibición de tumores se logró en las ratas nutridas con 1,0% de ácido linoleico conjugado, aunque las concentraciones más bajas de este último (0,1% en peso) también dieron protección contra el cáncer de mama (Ip et al., 1994). Extrapolando estos valores al organismo humano se requerirían consumir 3 g de ácido linoleico conjugado por día para prevenir el cáncer de mama. Sin embargo para calcular una ingestión equivalente de CLA en el ser humano, resulta más adecuado utilizar el peso metabólico en lugar de peso vivo directo. Dicho cálculo propone un consumo diario 0,8 g de CLA, el cual podría ejercer un efecto terapéutico sobre el cáncer (Watkins and Li, 2003). En conclusión y a partir del efecto anticancerígeno del CLA demostrado en la rata, se ha considerado el consumo entre 0,8 a 3,0 g de CLA por día podría aportar un efecto terapéutico en el ser humano (Parrish et al., 2003).

Existe poca información epidemiológica disponible y probatoria de que los CLA ejercen un efecto anticancerígeno en el humano. Sin embargo estudios recientes sugieren la existencia en una relación positiva entre el consumo de CLA y la prevención (Aro et al., 2000), así mismo con la disminución de proliferación de células cancerosas (O'Shea et al., 2000).

Un estudio realizado en Francia sobre el contenido en CLA de tejido adiposo mamario humano (261 mujeres con cáncer mamario localizado y 99 con tumores incipientes) reveló que el cis-9 trans-11 CLA fue el isómero más abundante (85% de total de CLA). El contenido de CLA fue mayor en el tejido adiposo mamario de mujeres sin cáncer lo que indicaría un efecto protector (Banni et al., 2003).

También CLA puede actuar como agente co-terapéuticos en tratamientos anticancerígeno. La exposición de células mamarias cancerígenas humanas al CLA previo a la administración de una droga anticancerígena redujo la cantidad necesaria de medicamentos para alcanzar el 50% de la actividad inhibitoria (Banni et al., 2003). Resulta de gran interés ya que utilizar menores dosis de droga atenuaría en los efectos colaterales sobre la salud humana.

Una adecuada alimentación capaz de asegurar un óptimo crecimiento durante el primer año de vida contribuye a prevenir enfermedades posteriores en el ser humano (Parodi, 2003). En este contexto, los CLA juegan un papel muy importante en los lactantes ya que se ha propuesto que el consumo de cis-9 trans-11 CLA representa un factor de crecimiento en animales jóvenes (Pariza, 1999). La presencia de CLA en la

leche materna protegería al par de madre-hija contra futuros riesgos de cáncer de mamario programando al niño contra la diabetes y la obesidad (McGuire et al, 1990).

4.2.2.2 Antiaterogénicas e Hipolipemiantes

Varios estudios han proporcionado datos de que el ácido linoleico conjugado normaliza las dislipidemias y reduce las placas ateromatosas en animales experimentales. En uno de ellos se encontró que los conejos alimentados durante 12 semanas con dietas altas en grasa (14%), 0,1% de colesterol y con 0,5 g de ácido linoleico conjugado por día tuvieron una disminución en el colesterol total, en el de las lipoproteínas de baja densidad y en las concentraciones de triglicéridos, produciendo al mismo tiempo una disminución de la relación LDLC/HDL, y una disminución de la acumulación de placas ateroscleróticas en los grandes vasos cuando se compararon con los animales a los que se les suministraron dietas altas en grasa y colesterol sin ácido linoleico conjugado (Lee et al., 1994). La información acumulada sugiere que el CLA tendría un efecto de ahorro de la capacidad antioxidante del plasma, actividad que de alguna manera se podría relacionar con efectos antiaterogénicos (Nicolisi et al., 1997). A pesar de atribuirle al CLA un efecto antiaterogénico, a través de su acción hipocolesterolemica e hipotrigliceridémica, el mecanismo de este efecto es aún desconocido, como lo es también la real proyección nutricional que tienen estos resultados experimentales (Sanhueza et al., 2002). Son pocos los estudios realizados con ácido linoleico conjugado en humanos que han examinado su impacto en el perfil de los lípidos séricos y, además, sus resultados son inconsistentes (Moya and Silvia, 2002). Sin embargo un estudio realizado por Mougios, encontraron tendencias a la disminución de los lípidos séricos, incluyendo el HDL, en adultos sanos (normolipidémicos, no obesos) que consumieron de 0,7 a 1,4 g/CLA/día durante cuatro y ocho semanas

(Mougios et al., 2001). En contraste, en el estudio de Benito y colaboradores (Benito et al., 2001) la suplementación con 3,9 g/día de ácido linoleico conjugado, durante 63 días, no modificó las concentraciones de colesterol, LDLC, HDLC y triglicéridos en los adultos con similares características a las del estudio antes descrito. Es importante hacer notar que en ambas investigaciones participaron personas normolipídicas, lo que explicaría, en parte, esta ausencia de respuesta sobre el perfil de lípidos.

4.2.2.3 Antidiabetogénicas

El grupo de investigación de la doctora Martha A. Belury, de la Universidad Purdue, publicó que el ácido linoleico conjugado tiene actividad similar a las tiazolidinedionas, que es un grupo de fármacos aprobados para el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (Houseknecht et al., 1998) En ratas prediabéticas obesas Zucker, el ácido linoleico conjugado dietario (1,5% en peso) normalizó la tolerancia a la glucosa y mejoró la hiperinsulinemia de manera similar a la troglitazona (medicamento del grupo de las tiazolidinedionas). El ácido linoleico conjugado y la troglitazona administradas en la dieta redujeron la concentración de los ácidos grasos libres en el plasma de las ratas. Estos datos muestran que el ácido linoleico conjugado mejora la sensibilidad a la insulina; normaliza la tolerancia a la glucosa; disminuye la insulina y baja los niveles circulantes de ácidos grasos libres y, por lo tanto, previene o retrasa la aparición de la hiperglicemia en la rata Zucker.

Belury reportó el uso del ácido linoleico conjugado en pacientes con diabetes tipo 2 y encontró que el suministro de 6g/día durante ocho semanas causó una disminución significativa en la concentración de la glucosa en ayuno, la leptina, el índice de masa corporal y el peso. Sin embargo, no se observaron efectos sobre las concentraciones

de insulina en ayuno, la hemoglobina glicosilada, los triglicéridos, el colesterol y el HDLC (Belury, 2002).

4.2.2.4 Antiadipogénicas

Existen algunos estudios realizados en animales que muestran que el ácido linoleico conjugado reduce la grasa corporal y aumenta la masa corporal libre de grasa, sin disminuir el consumo de energía, lo cual sugiere un posible efecto sobre el metabolismo energético (Chin et al., 1994; Zambell et al., 2000).

Los estudios realizados en humanos indican que el efecto del ácido linoleico conjugado en la grasa corporal depende de la adiposidad preexistente; es decir, cuando se administra a humanos no obesos, no se observan cambios significativos en la grasa corporal, el peso y el índice de masa corporal (Mougios et al., 2001; Zambell et al., 2000). En cambio, en algunos estudios con ácido linoleico conjugado en humanos con sobrepeso y obesidad se ha encontrado una reducción en el diámetro sagital abdominal (Risérus et al., 2001) y en la grasa corporal sin efectos en la masa corporal libre de grasa, el índice de masa corporal o los lípidos sanguíneos (Blankson et al., 2000).

La información obtenida respecto al efecto del CLA en la reducción del peso corporal sugiere que el ácido graso afectaría la interconversión metabólica de los ácidos grasos y produciría una activación de la lipólisis, probablemente por una activación de la beta oxidación mitocondrial (Clouet et al., 1998). Produciría, además, una disminución de los niveles de leptina y una estimulación de la actividad de la enzima carnitina palmitoiltransferasa (Rahman et al., 2001). La inhibición de la actividad de la enzima lipoproteína lipasa dependiente de heparina, también podría

estar involucrada en el efecto modulador del peso corporal que produce el CLA, ya que disminuiría la biodisponibilidad de los ácidos grasos hacia los tejidos extra hepáticos (Lin et al., 2001). Este es otro aspecto interesante del CLA que requiere aún de mucha información científica.

4.2.2.5 Propiedades sobre el sistema inmune

Los efectos del CLA sobre el sistema inmune constituyen conocimientos más recientes y se refieren, principalmente en el estímulo que ejerce en la síntesis de IgA, IgG, IgM y a la disminución significativa de los niveles de IgE, por lo cual se presume que el ácido graso podría tener efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias (Sugano et al., 1998). Estudios similares han demostrado, en una relación dosis dependiente, que el CLA aumenta el nivel de linfocitos en el bazo de ratones y la secreción de IgG e IgM por parte de estas células (Hayek et al., 1999). El CLA disminuye, la producción de interleukina 6 inducida por polisacáridos en macrófagos peritoneales, la producción del factor de necrosis tumoral, y la producción de prostaglandina E en el hígado de la rata (Tarek et al., 1998). Una dieta que contiene un 1% de CLA produce un efecto protector de la acción mitogénica de las fitohemoaglutininas y de la concanavalina A en las ratas, respuesta que es más efectiva cuando se trata de animales jóvenes (Hayek et al., 1999). Una observación interesante es la demostración del efecto protector del CLA en la anorexia inducida por endotoxinas en las ratas, acción que se refleja en la prevención de la detención del crecimiento de los animales por efecto de las toxinas (Miller et al., 1994). Las acciones sobre el sistema inmune atribuidas al CLA guardan estrecha relación con su efecto en la prevención del desarrollo de ciertos cánceres.

4.3 Fuentes de consumo

4.3.1 Ácido linoleico conjugado

Se encuentra principalmente en la grasa de la carne y de la leche de los rumiantes. La grasa de la leche es considerada la fuente natural más rica en CLA (Parodi, 1977). De acuerdo con el informe de Chin realizado en 1992 (Chin et al., 1992) las principales fuentes de este ácido son los productos derivados de los rumiantes, como la carne de res, que contiene 2,9 a 4,3 mg CLA/g de grasa. El contenido de CLA en los quesos naturales varía de 2,9 a 7,1 mg CLA/ g grasa y, en los procesados, alrededor de 5 mg CLA/ g de grasa, con muy poca variación en su contenido. La leche de vaca tiene 5,5 mg CLA /g de grasa; sin embargo las condiciones geográficas y de estacionalidad, así como la alimentación del animal influyen en su contenido de ácido linoleico conjugado (la leche entera de vaca contiene 3,9 mg CLA/g de grasa en invierno, mientras que en verano, 22,7 mg CLA/g grasa, en función al consumo de praderas ricas en precursores) (Lavillonnière et al., 1998; Stanton et al., 1997; Banni et al., 1996; Jiang et al., 1996). Los factores que determinan el contenido del ácido en la leche también alteran el de los quesos, por ejemplo: el queso fabricado con leche en invierno tuvo 5.3 mg CLA/g de grasa, en promedio, y los procesados en verano tuvieron 15.8 mg CLA/g.

Los aceites vegetales, tal como los extraídos de canola, y el maíz entre otros, contienen menos ácido linoleico conjugado que las grasas de origen animal (<0,7 mg y 2,6 mg CLA/g de grasa para aceites y grasa de res, respectivamente.) Es importante

mencionar que casi el 80% del CLA encontrado fue del isómero cis-9, trans-11 CLA, al cual se le ha atribuido actividad biológica (Pariza et al., 1991). En la tabla 1, esta presentado los diferentes tipos de alimentos que contienen CLA.

Tabla 1. Concentración de CLA presente en distintos alimentos de origen animal.

| ALIMENTO | CLA TOTAL (mg/g de grasa) | ISOMER O (cis- 9, trans- 11 en %) |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Derivados lácteos | | |
| Leche homogenizada | 5,5 | 92 |
| Mantequilla | 4,7 | 88 |
| Nata | 4,6 | 90 |
| Yogurt natural | 4,8 | 84 |
| Helado | 3,6 | 86 |
| Quesos | | |
| Cheddar | 3,6 | 93 |
| Mozzarella | 4,9 | 95 |
| Cottage | 4,5 | 83 |
| Carnes | | |
| Fresca picada | 4,3 | 85 |
| Bife redondo | 2,9 | 79 |
| Ternero | 2,7 | 84 |
| Cordero | 5,6 | 92 |
| Cerdo | 0,6 | 82 |
| Aves | | |
| Pollo | 0,9 | 84 |
| Carne de pavo | 2,5 | 76 |
| Marinos | | |
| Salmón | 0,3 | Nd |
| Trucha de lago | 0,5 | Nd |
| Camarones | 0,6 | Nd |
| Aceites vegetales | | |
| Cártamo | 0,7 | 44 |
| Girasol | 0,4 | 38 |
| Canola | 0,5 | 44 |
| Maíz | 0,2 | 39 |

4.3.2 Ácidos Grasos Transvaccénico

El ácido transvaccénico en alimentos de origen animal tanto en carnes como productos lácteos es el principal isómero presente (Chen et al., 1995; Wolff, 1995; Leth et al., 1998; Fritsche and Steinhart, 1998), aunque también se forman cantidades de isómeros *trans* de C14:1, C16:1, C18:2 y C18:3 (Pfalzgraf et al., 1994; Precht and Molkentin, 1995; Matsuzaki et al., 1998c). El contenido en la carne depende de varios factores, siendo la principal el tipo de animal, en los rumiantes son las más abundantes que en los animales no rumiantes, ya que son sintetizados en el rumen por hidrogenación microbiana de los ácidos grasos poliinsaturados (Leth et al., 1998; Sommerfield, 1983; Matsuzaki, et al., 1998a). La cantidad de AGT en la carne de los animales no rumiantes es generalmente baja y depende de la presencia de dichos ácidos grasos en los alimentos que ingiere el animal (Pfalzgraf et al., 1994; Aro et al 1998a), aunque otros autores (Ascherio et al., 1996) afirman que en el intestino de los cerdos, por el proceso microbiano se originan algunos AGT que contribuyen a la presencia de estos ácidos en dichos animales. La carne de cerdo y pollo contienen, respectivamente, entre 0,19% - 2,23% y 0,24% - 4,71% (Aro et al 1998a). Otro factor es la edad del animal, ya que, según algunos autores (Aro et al 1998a), la carne de ternera tiene menos cantidad de estos ácidos grasos (1,5 - 3,3%) que la de vaca (2,8 - 9,5%). Sin embargo, otros autores (Leth et al., 1998), encuentran la relación inversa.

En general, los isómeros C18:1t están presentes en mayor cantidad en el tejido adiposo (4,6%) que en los músculos (2%) del ganado bovino (Wolff, 1995). Una explicación a este fenómeno sería que los músculos contienen fosfolípidos en mayor

proporción que el tejido adiposo, que es un tejido de reserva de grasa. El nivel de C18:1t es menor en los fosfolípidos que en los triacilgliceroles, por lo que los lípidos totales de los músculos tienen menor contenido de dicho isómero que los lípidos del tejido adiposo, casi exclusivamente compuesto por triacilgliceroles (Lluch et al., 1993a).

La Tabla 2 muestra el contenido de ácidos grasos en derivados cárnicos. La variabilidad observada se debe a los distintos productos analizados (salchichas, jamón, chorizo, etc.), y a que el contenido de carne de cerdo y de vaca en los mismos es variable, siendo menor el contenido en *trans* cuanto más proporción de la primera de éstas tenga el embutido. Así, los productos analizados por Matsuzaki, tienen una elevada cantidad de ácidos grasos *trans* (4,40%) debido a que proceden de carne de ganado vacuno (Matsuzaki et al., 1998a), mientras que los analizados por Fritsche y Steinhart tienen poca cantidad de dichos isómeros (0,21%-0,67%) porque en sus productos prima la carne de ganado porcino (Wolff et al., 1998). En cuanto a los diferentes ácidos grasos *trans*, el detectado en general como mayoritario es el C18:1t, el segundo en cantidad es el C18:2t, y el tercero el C16:1t, que no es identificado por diversos autores. El C14:1t sólo es detectado en una muestra de carne de pollo, en dos de vaca, en una de cerdo y en una de derivados cárnicos, siempre en cantidades muy pequeñas. Por su parte, ningún isómero *trans* del C18:3 es detectado en las muestras.

En la leche de vaca el contenido en ácidos grasos *trans* oscila entre 1,50%-5,20% (Fritsche and Steinhart, 1997), teniendo los quesos y natas cantidades algo superiores; por su parte, las mantequillas tienen desde cantidades nulas (Matsuzaki et al., 1998b) hasta 7,90% (Pfalzgraf, 1994). En la leche condensada, unos autores

(Wolff et al., 1998) encuentran que dicho contenido es prácticamente la mitad que la citada por otros (Matsuzaki et al., 1998c) (2,46% y 4,50%, respectivamente). Las variaciones en el contenido de ácidos grasos *trans* pueden explicarse por las diferencias estacionales. Los alimentos lácteos tienen mayor contenido de dichos isómeros en primavera-verano que en otoño-invierno, debido a la alimentación del ganado con pastos frescos en aquellas épocas del año (Matsuzaki et al., 1998b; Mensink and Katan, 1990; Wolff, 1995), lo que se refleja en cambios en el perfil lipídico de la leche. También pueden ser debidas al proceso de fabricación, tales como el tratamiento térmico durante la pasteurización y la fermentación de los quesos y yogures (Fritsche and Steinhart, 1998).

4.3.3 Ácido Graso Elaídico

El Ácido Elaídico se encuentra presente en diferentes productos como aceite vegetal refinado, margarinas, shortening, panes, galletas, productos de bollería y confitería. Además en conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales, salsas y misceláneo. En estos productos presentaran diferentes AGT pero en menor proporción, siendo este ácido que se encuentra en mayor proporción.

4.3.3.1 Aceite Vegetal

En aceite vegetal, la mayoría de las semillas usadas no presenta isómeros *trans* y su vez los aceites vegetales sin refinar (Wolff, 1994). Durante el proceso de refinado, son necesarias altas temperaturas, especialmente durante los tratamientos con vapor y desodorización. En este proceso, los enlaces *cis* se modifican a *trans*. Los ácidos grasos *trans* se forman aproximadamente a 190° C,

que es la temperatura normal en estos procesos (Wagner et al., 2000). La cantidad de ácidos grasos *trans* en los aceites refinados está influenciada más por la temperatura que por la duración de la refinación (Pudel and Denecke, 1997). El contenido en ácidos grasos *trans* en los aceites refinados varía desde 0,10% y 0,80%, mientras que los aceites de oliva prensados en frío contienen un máximo de 0,10% de dichos ácidos grasos.

Los isómeros formados en los aceites vegetales durante el proceso de refinación son diferentes en tipo y niveles de los formados durante el proceso de hidrogenación. (Precht and Molkentin, 1995). Mientras que en los aceites hidrogenados son mayoría los isómeros *trans* monoenoicos, en los originados por desodorización y refinación física a elevadas temperaturas son mayoría los *trans* di- y trienoicos, independientemente de la formación de isómeros de posición (Ackman et al., 1974). Por su parte, Slover, indican que la hidrogenación parcial produce isómeros geométricos tanto de los ácidos grasos poliinsaturados (el 9,12 octadecadecanoico), como de los monoinsaturados (Duchateau et al., 1996).

4.3.3.2 Margarinas

Existe una gran variabilidad en el contenido de ácidos grasos *trans* en margarinas (Slover et al., 1985). Así, las margarinas neozelandesas poseen cantidades que oscilan entre 12,6% y 19,7% (Griguol et al., 2006); las canadienses entre 0,9% y 46,4% (Lake et al., 1996); las austriacas tienen contenidos entre 0,3% y 3,7% (Wagner et al., 2000); las alemanas entre 1,9% y 6,15% (Ratnayake et al., 1998); las escocesas poseen como término medio 6,7% (Precht and Molkentin, 2000); las estadounidenses entre 2,4% y 23,4% (Wilson et al., 2000); las portuguesas entre 0,2% y 8,9% (Okamoto et al., 2001); las turcas oscilan entre 0-37,8% (Torres et

al., 2002) y 0,9-32% (Tekin et al., 2002); las griegas entre 0,1 y 19% (Cetin et al., 2003), las pakistaníes entre 1,6 y 23,1% (Triantafillou et al., 2003) y las españolas es de 0,40-19,2% (Bhanger and Anwar, 2004).

Todos estos estudios destacan la gran variabilidad de dichos ácidos grasos existente en las muestras. Esta variabilidad puede explicarse por los distintos parámetros usados durante el proceso de fabricación, por ejemplo las condiciones de hidrogenación y/o desodorización (Wolff et al., 1998), así como por la cantidad de ácidos grasos insaturados que haya en las materias primas usadas para la elaboración de estos productos (Larqué et al., 2003). Henninger y Ulberth afirman que la composición de las margarinas puede depender del precio que las materias primas tengan en el mercado. Otra razón de la variabilidad es la aparición de las margarinas llamadas “libres de *trans*”. Una práctica utilizada para producirlas es la llamada “interesterificación”, que es una alternativa al proceso de hidrogenación parcial que puede ser usada para conseguir aceites y grasas deseadas desde un punto de vista funcional. Consiste en una mezcla de aceites o grasas vegetales altamente saturadas (ej. aceite de palma o aceites totalmente hidrogenados) con aceites líquidos (Enig et al., 1983).

Los niveles de AGT de las mezclas interesterificadas son muy bajos (0,10%), comparados con los de las grasas de los alimentos comerciales (1,30% - 12,10%) (Henninger and Ulberth, 1996). Un estudio llevado a cabo en 12 margarinas turcas (Okamoto et al., 2001), estableció que 4 de las muestras analizadas no poseían ácidos grasos *trans*, sugiriendo que las mismas habían sido elaboradas por medio de este proceso. La presencia de ácidos grasos de cadena corta insinúa la utilización de aceite de coco en su formulación, el cual no es deseable para el perfil lipoproteico.

Esto es debido a la creciente publicidad sobre los efectos desfavorables de los AGT parece haber influenciado a los productores de margarinas, a reducir la cantidad de estos isómeros en sus productos (Lake et al., 1996). Esta tendencia se ha detectado en las margarinas de Francia (Petrauskaite et al., 1998), Dinamarca (Bayard and Wolff, 1995), Austria (Larqué et al., 2003), Alemania (Precht and Molkentin, 2000; Ovensen et al., 1998), Escocia (Wilson et al., 2000) y Estados Unidos (Okamoto, 2001); mientras que en Canadá (Lake et al., 1996), las margarinas siguen teniendo grandes cantidades de estos ácidos grasos. Puede decirse que en España la tendencia también es a reducir este tipo de ácidos grasos, ya que hasta 1996, con la excepción de las seis margarinas analizadas por Coll y Gutiérrez, el contenido de los mismos estaba por encima del 10% (Molkentin and Precht, 1996), reduciéndose a 8,87% en 2000 (Coll and Gutiérrez, 1989), hasta llegar al 2,50% actual (Triantafillou et al., 2003).

4.3.3.3 Shortenings

Es un término genérico utilizado para describir grasas y aceites usados en la preparación de alimentos. Recientemente, se analizaron en España 22 muestras de shortenings utilizados como materia prima de sandwiches, helados, coberturas de chocolate, etc. dando una media de 6,55% de AGT (Coll and Gutiérrez, 1989), aunque en otros países, como Pakistán se han detectado cantidades mucho mayores, hasta 31,7% (Cetin et al., 2003). La tendencia a la reducción de dichos ácidos grasos, al igual que en margarinas, también se registra en estos productos, como se desprende de un estudio llevado a cabo en Alemania (Precht and Molkentin, 2000), ya que en 1994 la media era 11,77%, bajando en 1999 a 9,91%.

4.3.3.4 Harinas y derivados

En los panes hay gran variabilidad en el contenido de AGT, ya que existen diferentes tipos de pan según su elaboración; va desde 0,1% (Alonso et al., 2002) hasta valores medios superiores al 10% (Daglioglu and Tasan, 2003; Ratnayake et al., 1993; Cuadrado et al., 1998). Hay que aclarar que en el estudio Transfair llevado a cabo en 12 países europeos (Tavella et al., 2000), la cantidad total de *trans* en 5 de las muestras de pan analizadas es igual o inferior a 0,52%; en otros 4 ronda el 2%, siendo del 6% solamente en 2 países, mientras que el máximo valor, encontrado en pan de molde, le corresponde a España: 17,35%, país que también tiene el máximo valor para las pizzas (10,40%). Con excepción del primero de los autores mencionados, que cita al C18:2t, todos ellos coinciden en registrar al C18:1t como el isómero mayoritario.

4.3.3.5 Galletas, productos de bollería y confitería.

Los contenidos en ácidos grasos *trans* en galletas, productos de bollería y confitería se observan una gran variabilidad hasta en un mismo tipo producto, debido a las diferentes recetas usadas por los productores para su elaboración, que pueden basarse en un bajo o alto contenido de estos isómeros. Igualmente en el bollo relleno al cacao, de gran consumo por parte de niños y adolescentes se encuentran valores entre 0,63% y 2,25% de dichos isómeros, lo que indica que para un mismo producto se han usado fuentes distintas de grasa (grasa animal, una de ellas, y grasas y/o aceites vegetales, la otra muestra). Este hecho ha sido constatado incluso dentro de una misma marca comercial, elaborada en fábricas situadas en zonas geográficas españolas distintas (van Erp-Baart et al., 1998). El C18:1t es el mayoritario de los ácidos grasos *trans* en este tipo de productos. Martín estima que representa el 83,2% del total de dichos ácidos grasos (Ochoa et al., 1998). Su

presencia es debida a los aceites hidrogenados utilizados como ingredientes en la elaboración de estos productos (Tavella et al., 2000; Martin et al., 2005; Daglioglu et al., 2000).

4.3.3.6 Conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales

El aceite de pescado en su estado natural tiene cantidades insignificantes de ácidos grasos *trans*, menos de 1,10% (Wolff et al., 1998). Cuando los mismos se procesan enlatados, puede apreciarse en la Tabla 6 que la cantidad de los mismos se incrementa, llegando a constituir el 8,93% del total de los ácidos grasos en sardinas en salsa de tomate (Fernández, 2000). La variabilidad observada en el contenido de AGT podría deberse al aceite de cobertura utilizado y a la zona geográfica de captura de los peces (Fernández, 2000; Castro et al., 2001a). Otros factores que pueden influir en la cantidad de dichos ácidos grasos son: la época del año en que se captura el pez, así se encuentran niveles más altos en sardinas capturadas en septiembre que en las capturadas en febrero (Tabla 6), y también el proceso de esterilización a que ha sido sometido el producto (Castro et al., 2001b).

La variabilidad observada dentro de los AGT en los alimentos congelados, sobre todo patatas fritas, que oscila entre 0,28% y 41,5% (Cavallaro et al., 1996) (Tabla 5), es debida a que estos productos se fríen en una mezcla de aceites y/o grasas vegetales parcialmente hidrogenados de diferente origen, los cuales tienen un contenido variable de dichos ácidos grasos porque dependen de las condiciones de hidrogenación a las que son sometidos los mismos (catalizador, temperatura, presión y tiempo) (Wolff et al., 1998); sin olvidar que en el proceso de fritura también se

originan nuevos AGT (Aro et al., 1998b; O'Keefe et al., 1993). La cantidad de AGT en caldos oscila entre 7,61% y 19,13% (Cavallaro et al., 1996); y en sopas y cremas entre 2,90% (Pfalzgraf et al., 1994) y 41,3% (Cavallaro et al., 1996). La elevada cantidad de ácidos *trans* monoinsaturados es debida al proceso de hidrogenación a que son sometidos los aceites para endurecerlos (Duchateau et al., 1996). Por su parte, los *trans* poliinsaturados aparecen durante los tratamientos con calor (Romero et al., 2000; Berdeaux et al., 1996), ya que estos productos hierven mucho tiempo durante su elaboración, para deshidratarlos.

4.3.3.7 Salsas y misceláneo

Además de los alimentos mencionados anteriormente, los AGT pueden encontrarse en cantidades considerables y muy variables en otros alimentos como: salsas, donde dichos ácidos grasos oscilan entre 0,34% (Sèbèdio et al., 1987) y 18,69% (Cavallaro et al., 1996); patatas fritas: 0,50% - 39,70% (Griguol et al., 2006; Daglioglu and Tasan, 2003) y snacks: entre 0,10% (Daglioglu et al., 2000) y 22,01% (Wolff et al., 1998) (Tabla 7). La variabilidad observada en este tipo de ácidos grasos es debida a que estos productos contienen una mezcla de aceites vegetales parcialmente hidrogenados de diferente origen (soja, maíz, girasol, etc.). Las proporciones de aceites hidrogenados y no hidrogenados en estos alimentos son variables para obtener las propiedades físicas deseadas. La mayoría de los autores consideran mayoritario al isómero *trans* octadecenoico, argumentando que aparece debido al uso de aceites hidrogenados (Wolff et al., 1998).

Tabla 2. Contenido en porcentajes de ácidos grasos trans en derivados cárnicos (Griguol et al., 2007)

| muestra | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | Trans totales |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| Embutidos de carne porcina | | 0,18-0,69 | 0,14-1,53 | 0,01-0,23 | 0,37-2,14 |
| | | | | | 0,50 |
| | <0,01 | | 0,20-2,60 | Tr-0,30 | 0,20-3,40 |
| | | 0,01-0,03 | 0,14-0,53 | 0,06-0,23 | 0,21-0,67 |
| | | | | | 0,20-0,87 |
| Salchichas | | | | | 0,60-6,40 |
| | | | 0,25-3,63 | | 0,30-5,30 |
| Embutidos de carne vacuna | | | | | 4,40 |

Tabla 3. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans en distinto tipo de galleta (Griguol et al., 2007).

| tipo de galleta | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | C18:3t | Trans totales |
|-----------------|--------|----------|-----------|----------|----------|---------------|
| Diversas | | | Nd-34,20 | | | |
| | | | | | | 7,60-38,70 |
| | | | | | | 1,10 |
| | | 0,10 | 1,50 | 0,30 | 0,10 | 1,90 |
| | | | 0,1-25,15 | | | 0,12-27,96 |
| | | | 1,2-29,1 | 0,3-3,1 | 0,0-0,2 | 1,0-30,50 |
| Mantequilla | 0,02 | 0,08 | 0,41 | 0,59 | | 1,10 |
| | 0,14 | 0,26 | 0,57 | 0,35 | 0,24 | 1,41 |
| María | | | | | | 0,25 |
| Crackers | | | Nd-29,0 | | | |
| | | | | | | 13,8-35,4 |
| | | Nd | 1,60 | 0,30 | 0,10 | 2,00 |
| | | 0,0-6,82 | 5,18-10,8 | 0,44-1,3 | 0,08-5,3 | 9,10-29,1 |
| | | | 7,62-11,1 | | | |
| | | | | | | 12,2-31,2 |
| | | 0,00 | 0,01 | 6,29 | 0,87 | 0,04 |

Tabla 4. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans en distinto tipo de bollería (Griguol et al., 2007).

| tipo de producto | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | C18:3t | trans totales |
|-----------------------------------|----------|------------|------------|-----------|----------|---------------|
| Bollería diversa | | | Nd-32,10 | | | |
| | | | | | | 10,0-25,7 |
| | | | | | | 1,60 |
| | | | 0-14,30 | 0-0,80 | | 0-15,50 |
| | | 0,05-1,46 | 0,37-4,85 | 0,02-0,14 | | 0,44-5,01 |
| | | | | | | 9,40 |
| | 0,03 | 0,03-0,4 | 3,0-7,1 | 0,0-0,4 | 0,0-0,3 | 3,6-7,5 |
| | <0,01 | <0,01-0,05 | 0,39-5,51 | 0,05-0,44 | | 0,44-5,95 |
| | | | | | | 15,35 |
| | | | T-29,97 | | | 0-33,32 |
| | | Tr-0,03 | 0,38-11,1 | 0,17-2,15 | | 0,6-11,85 |
| | | | 2,7-36,7 | 2,1-4,2 | 0,0-0,4 | 5,2-40,0 |
| | | | 1,49-41,44 | | | |
| | 0,0-0,03 | 0,0-0,16 | 0,0-5,16 | 0,07-0,66 | 0,0-1,52 | 0,15-5,49 |
| Croissants | | | 2,16-13,0 | | | 3,03-14,6 |
| | | Tr | 5,16 | 0,46 | 0,32 | 5,94 |
| magdalenas | | 0,0-4,35 | 0,1-4,94 | 0,1-0,36 | 0,2-2,14 | 0,39-12 |
| | | tr | 0,0 | 0,66 | 1,44 | 2,10 |
| pasteles de cubierto de chocolate | | | | | | 3,10 |
| | 0,30 | 0,40 | 3,70 | 0,50 | 0,40 | 5,30 |
| | | | 2,80-3,60 | Nd-0,20 | | 2,80-3,80 |
| | | 0,70 | 1,31 | 0,59 | 1,49 | 4,10 |

Tabla 5. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans en productos de confitería (Griguol et al., 2007)

| Muestra | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | trans totales |
|--------------------|--------|--------|----------|--------|------------------|
| Chocolate | | | | | 11,10 |
| | | | 0,2-13,7 | tr-2,7 | 0,2-15,7 |
| | <0,01 | <0,01 | 0,35 | 0,08 | 0,43 |
| | | | | | 0,0 |
| Cremas de cacao | | | | | 0,9-12,3 |
| | | | | | 6,60 |
| | | | | | 6,20 |
| | <0,01 | <0,01 | 5,51 | 0,44 | 5,59 |
| | | | | | 12,36 |
| | | | | | 4,90 |

Tabla 6. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans registrados en conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales (Griguol et al., 2007).

| muestra | | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | C18:3t | trans totales |
|----------------------|--------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| sardinas | carne | | 0,31 | 0,13 | 0,36 | | 1,08 |
| | | | | 0,70 s Tr f | 1,34s 0,33f | 0,25s 0,11f | 2,30s 0,44f |
| | aceite | | | 0,03 | 0,01 | | 0,04 |
| | | | | 0,17-0,19 | 0,57-0,14 | | |
| atún | aceite | | | 0,28-0,31 | 0,31-0,51 | | 0,63- 0,79 |
| | agua | | | 0,37-0,16 | 1,39-1,50 | | 1,77- 2,73 |
| Papas prefritas | | | | | | | 32,8- 42,8 |
| | | | | | | | 20,90 |
| | | <0,01 | <0,01 | 19,7-29,5 | 4,61-6,7 | | 26,4- 34,1 |
| | | | | 0,01-40,1 | | | 0,28- 41,5 |
| Croquetas | | | | 24,39 | | | 25,77 |
| Caldos | | | | | | | 15,40 |
| | | | | 6,69- 18,42 | | | 7,61- 19,13 |
| Sopas y cremas | | | | 2,30-27,7 | 0,1-0,9 | | 2,90- 34,9 |
| | | | | | | | 15,40 |
| | | | | | | | >9,0 |
| | | | | 6,18-40,2 | | | 6,57- 41,3 |

Tabla 7. Contenido en porcentaje de ácidos grasos trans registrados en Salsas y Misceláneo (Griguol et al., 2007).

| Muestra | C14:1t | C16:1t | C18:1t | C18:2t | trans totales |
|---------------|--------|------------|------------|---------------|------------------|
| | <0,01 | <0,01 | 5,03 | 0,95 | 5,98 |
| Salsa tártara | | | 0,04 | | 0,48 |
| Tomate frito | <0,01 | <0,01-0,03 | 0,41-15,85 | 0,25- 6,16 | 1,22- 22,01 |
| Papas fritas | Nd | Nd | 0,20 | 0,30 | 0,50 |

5. METODO

5.1 MATERIAL Y REACTIVOS

Reactivos

- Agua, G. HPLC.
- Aire.
- Cloroformo.
- Cloruro de potasio.
- Cloruro de sodio anhidro.
- Heptano, G. GC.
- Hidrogeno.
- Hidróxido de sodio.
- Metanol G. CG
- Nitrógeno.
- Rojo metilo.
- Sulfato de sodio anhidro.
- Trifluoruro de boro.

Materiales

- Barras magnéticos para agitación.
- Botellas de centrifuga de polipropileno de 250 ml.

- Bulbo de tres vías.
- Condensador.
- Embudo ordinario.
- Embudo de separación de 250 ml.
- Espátulas acanaladas.
- Gradillas para tubos de 15 y 50 ml.
- Insertos para vial de 2 ml.
- Mangueras de plástico.
- Matraces volumétricos de 10, 50 y 100 ml.
- Matraces redondos de fondo plano de 250 ml con junta 24/40.
- Tubos concentradores de vidrio de 15 ml, con tapón esmerilado.
- Tubos de terminación cónica de 50 ml de polipropileno.
- Papel Whatman número 1.
- Perlas de ebullición.
- Pipetas Automáticas de 100, 200 y 1000 μ l.
- Pipeta lineal de 10 ml.
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10 y 50 ml.
- Pipetas Pasteur de punta corta.
- Probetas de 100 y 500 ml.
- Vasos de precipitado de 50, 250 y 1000 ml.
- Varilla de vidrio.
- Viales de 2 ml.

Equipos

- Agitador mecánico.
- Agitador vórtex.
- Balanza analítica.
- Balanza granataría.
- Baño de calentamiento con evaporador de nitrógeno Marca OASYS N-EVAP 116.
- Bomba de agua.
- Bomba de vacío.
- Centrifuga de 5000 rpm marca Thermo.
- Cromatógrafo de gases marca Varian CP-3800 equipado con detector ionización de flama, inyector capilar y automuestreador.
- Columna capilar BX-70 0,2 μm de diámetro y 120 m de largo.
- Estufa con temperatura controlable.
- Picadora de carne.
- Plancha de calentamiento y agitación.
- Refrigerador.

Estándares

- Ácido Elaídico (Fluka).
- Ácido Transvaccénico (Sigma).
- Ácido Undecanoico (Fluka).
- Mezcla FAME de 37 componentes (Sigma).

5.2 PREPARACION DE SOLUCIONES

5.2.1. Hidróxido de sodio 0,5 M en Metanol:

Mezclar 2g de hidróxido de sodio en 70 ml de metanol CG y 30 ml de agua hasta disolver. Dejar enfriar a temperatura ambiente y aforar a 100 ml.

5.2.2. Solución de Cloruro de Sodio Saturada:

Pesar 36 g de cloruro de sodio a 100 ml de agua en un vaso de precipitados, mezclar bien.

5.2.3. Rojo de metilo al 0,1%:

Pesar 0,1 g de rojo de metilo; adicionarle 100 ml de etanol al 60%, mezclar hasta disolver.

5.2.4. Solución de cloruro de potasio al 4%:

Pesar 20 g de cloruro de potasio y disolver y aforar a 500 ml con agua.

5.2.5. Solución de Folch (cloroformo:metanol 2:1)

Medir en una probeta 1 000 ml 666.67 de cloroformo y 333.33 de metanol y mezclar.

5.3 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

Las condiciones de operación utilizadas en el estudio, son las proporcionadas por el proveedor SGE. Son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 8. Condiciones de operación SGE

| PARAMETROS | CONDICIONES |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Temperatura de inyección | 250°C |
| Temperatura de detector | 280°C |
| Temperatura de horno | 130°C por 1 min, 1°C/min hasta 220°C. |
| Gas acarreador | Helio 99% de pureza grado CG |
| Flujo | 60 psi |
| Relación de partición (Split ratio) | 100:1 |

5.4 ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO

5.4.1 Identificación de pico del estándar

Se inyectaron en forma individual, los estándares y una mezcla de los mismos. Donde se obtuvieron, los tiempos de retención y el orden de elución; en la cual evaluamos la repetibilidad, reproducibilidad y la resolución de los picos.

5.4.2 Límite cuantificación, Límite de detección, Linealidad, Precisión y Reproducibilidad del método.

La determinación de estos parámetros, se realizó por medio de una curva; de la cual se realizaron, una serie de diluciones de la solución mezcla de estándares de Acido Elaídico y Transvaccénico, de la cual se adicionó una concentración constante del estándar interno (Acido Undecanoico). Los resultados obtenidos de la curva, permitió calcular el factor de calibración, la desviación estándar, promedio, porcentaje de coeficiente de variación y coeficiente de correlación. Este procedimiento se realizó en tres días diferentes.

5.5 OBTENCION DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron obtenidas a través del Rastro Monterrey BFI, ubicado en el municipio de Monterrey. Las muestras se seleccionaron por medio el tipo de sistema de alimentación; de los cuales son el sistema de engorda y pastoreo. Las primeras, son originarias del rancho Los Chapotes, con domicilio en el municipio de Doctor González Nuevo León, con el numero 8739312 del certificado zoosanitario de movilización y las segundas, son originarias del rancho de Gomas, con domicilio en el municipio de Salinas Victoria Nuevo León, con el numero 8507930 del certificado zoosanitario de movilización. De las cuales, se obtuvieron 8 muestras de músculo de bovino de la región de cuello (bistec estrella) de cada sistema. El sistema de engorda es de la raza Zoises y de pastoreo son de la raza de Cruzas Europeas.

Los bovinos de engorda, se alimentaron con una dieta consistente en 30% de grano de maíz, 30% de grano de sorgo, 15% de minerales, 15% de paca, 7,5% de Melaza, 7,5% de harinolina y 5% de galleta molida. No se hizo ningún estudio sobre el tipo

de alimentación de los animales de pastoreo, sin embargo; en el capítulo de discusiones se hace una breve descripción de la posible alimentación.

5.6 PRE-TRATAMIENTO DE EXTRACCION

Las muestras se transportaron a través de una hielera a temperatura de refrigeración. Donde fueron llevados a área de molienda, ahí se les quitó el exceso de grasa externa y ligamentos y se cortaron en trozos pequeños, para después moler hasta obtener una muestra homogénea, se colocaron en recipientes previamente identificados y fueron llevadas a guardar en refrigerador hasta el momento del uso. Estos pasos se realizaron para cada uno de las muestras.

5.7 PROCESO DE EXTRACCIÓN

La extracción de la grasa de la carne, se realizó por medio de la técnica utilizada por Portes y sus colegas en la Universidad de Utah (Porter S.F., et. al, 2003), que se basa en la técnica de Folch. De la cual nosotros hicimos nuestras modificaciones. Los pasos son los siguientes:

1. Pesar $40 \pm 0,1$ g de muestra descongelado en un frasco de polipropileno de 250 ml.
2. Adicionar 100 ml de sol. Folch y 20 ml de KCl 4%
3. Agitar mecánicamente por 10 min y centrifugar a 413g durante 10 min.

4. Aspirar la fase acuosa (parte superior)
5. Filtrar la fase orgánica usando papel filtro Whatman No. 1 110mm. El frasco se lavara con 5 ml de cloroformo, se filtra. Se combinara con la fase ya filtrada
6. Agregar 5 ml de metanol y 5 ml de agua; se agitara mecánicamente por 10 min y centrifugar a 413g por 10 min.
7. Aspirar la parte superior y descartar
8. Agregar sulfato de sodio anhidro a la fase orgánica
9. Filtrar el extracto con papel filtro. El tubo se lavara con 5 ml de cloroformo y se filtrara, se combinara con la fase ya filtrada.
10. Evaporar con nitrógeno hasta obtener la grasa.

5.8 PROCESO DE METILACIÓN. (969.33 de la AOAC) (AOAC Official Method 969.33, 2000)

1. Pesar 350 mg de grasa de la muestra en un matraz bola
2. Añadir 6 ml de NaOH 5M y perlas de ebullición

3. Conectar el condensador poner en reflujo hasta dispensar los glóbulos de grasa (15 min).
4. Añadir 6 ml de BF₃ 10 v/v a través del condensador y continuar aboliendo por 2 min.
5. Añadir 2 a 5 ml de Heptano a través del condensador y continuar ebulviendo por 1 min.
6. Dejar enfriar y retirar el condensador (15 min.).
7. Añadir 15 ml de solución saturada de NaCl y agitar por 15 sg.
8. Pasar a un embudo de separación 250 ml y lavar el matraz bola con suficiente de solución saturada de NaCl y pasar al embudo
9. Lavar con 20 ml de agua destilada hasta que este libre de acidez (utilizando rojo metilo al 0,1%)
10. Pasar a un tubo de 50 ml de propileno y agregar Sulfato de sodio anhidro
11. Pasar a un tubo de vidrio de 15 ml de vidrio graduado

12. Llevar evaporar con una corriente de nitrógeno suave en un baño de calentamiento hasta sequedad a 60°C hasta 1 ml.
13. Pasar a un vial de 2 ml.
14. Inyectar en el cromatógrafo de gases

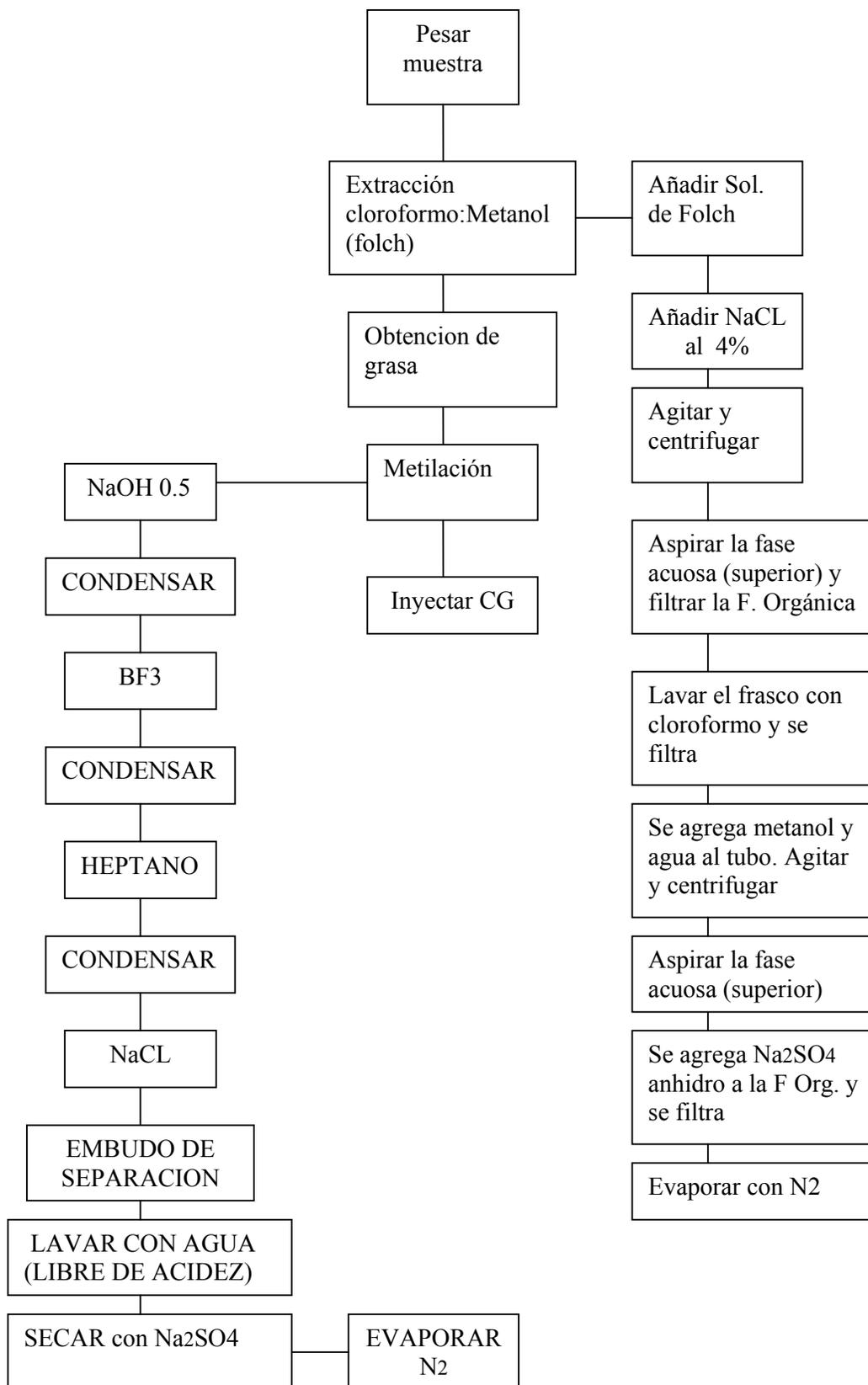


Figura 4. Diagrama de trabajo del análisis de AGT

5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se realizaron por triplicado el procedimiento mencionado anteriormente a cada tipo de muestra. De los cuales, se obtuvieron ácidos grasos metil ester. La cual se realizó un análisis de varianza al azar, considerando la variable dependiente como: ácido graso eláidico (AGE) y ácido graso transvaccénico (AGTV), y como factor el tipo de carne (engorda y pastoreo). Asimismo, se compararon las medias en forma inversa: variable dependiente el tipo de carne y el factor como ácido grasos.

5.10 EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se determino las estadísticas descriptivas (media, desviación típica, error típico, mínimo y máximo) de cada par de variables dependientes de acuerdo al diseño experimental descrito anteriormente.

El procedimiento experimental, mencionados anteriormente fueron realizados en: Laboratorio de Bromatológico en el Departamento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas ubicada en la unidad B y en el Laboratorio de Residuos Tóxicos del Comité y Fomento Pecuario del Estado de Nuevo León.

6. RESULTADOS

Al inicio del estudio, se utilizó las condiciones cromatográficas del método publicado por la norma mexicana pro-nmx-f-089-scfi-2007 (pro-nmx-f-089-scfi-2007), de las cuales son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 9. Condiciones de operación cromatográficas de pro-nmx-f-089-scfi-2007

| PARAMETROS | CONDICIONES |
|-------------------------------------|---|
| Temperatura de inyección | 250°C |
| Temperatura de detector | 250°C |
| Temperatura de horno | 180°C |
| Columna capilar | Sílice fundido de 100 m de largo, 0.25mm de diámetro interno (id) cubierto con una fase estacionaria de SP-2560 o CP-Sil 88, Cianopropilsilicon 100% con un espesor de 0,20µm |
| Gas acarreador | Helio o hidrogeno con 99% de pureza grado CG |
| Flujo | 1 ml/min |
| Relación de partición (Split ratio) | 100:1 |

Se inyectaron los estándares en forma individual, para conocer los tiempos de retención, y después se inyectaron una mezcla de los mismos, y se observó que los AGE y AGTV no presentaban una resolución adecuada, ya que se requería de 1,5. Se

siguió utilizando las mismas condiciones si ninguna modificación, se inyectó un blanco de muestra y un blanco de muestra fortificado con los estándares, en la cual se observó que la zona de AGE y AGTV no se podía resolver e identificar los picos. Unas causas posibles de la obtención de estos resultados, es debido a que no se cumplían con las condiciones establecidas por el método, ya que se utilizó nitrógeno como gas acarreador y el uso de una columna de 120 m x 0.25mm id BX70 0,25 μ m. Por lo siguiente se utilizó las condiciones establecidas por el proveedor SGE, ya que la columna que se adquirió es especial para determinar ácidos grasos.

Tabla 10. Condiciones de operación cromatográficas de SGE modificado.

| parámetros | condiciones |
|---|--|
| Temperatura de inyección | 250°C |
| Temperatura de detector | 280°C |
| Temperatura del horno | 130°C por 1min, 0,5°C/min hasta 185°C, 10°C hasta 220°C por 15 min. |
| Gas acarreador | Nitrógeno 99% de pureza grado CG |
| Flujo | 0.5 ml/min |
| Relación de partición (splits ratio) | 100:1 |

En la tabla 10, es presentada las modificaciones finales en las condiciones de operación. Estas son debidas, que se presentaron los mismos problemas mencionados anteriormente, por lo tanto se realizó una serie de modificaciones hasta obtener una resolución mas adecuada.

6.1 IDENTIFICACIÓN EL PICO DEL ESTANDAR

Los tiempos de retención de los estándares, se obtuvieron a partir del método establecido anteriormente. Son mostrados en la tabla 11 con su repetibilidad, reproducibilidad y resolución. En la cual observamos, que hay una repetibilidad y reproducibilidad en los tiempos de retención de los estándares, ya que el valor de %CV es menor de 20%. Pero la resolución de los picos de AGE y AGTV no es la ideal, porque la resolución óptima debe ser mayor de 1,5. Sabiendo que las condiciones de resolución no son las ideales, se optó por trabajar con estas condiciones; ya que la resolución entre estos picos no se observaba ninguna mejoría, aunque el tiempo de corrida fuera de mayor tiempo.

Tabla 11. Tiempo de Retención de los estándares puros.

| Nombre del ácido graso | Tiempo de Retención | Repetibilidad %CV | Reproducibilidad %CV | Resolución |
|------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|
| Undecanoico | 36,02±0,02 | 0,0418 | 0.0303 | 25,8 |
| Elaídico | 108,16±0,02 | 0,0014 | 0,0244 | 0,37 |
| Transvaccénico | 108,87±0,02 | 0,0078 | 0,0372 | 0,37 |

En las siguientes figuras 5 y 6, se presenta los cromatogramas de la mezclas de los estándares puros, con un acercamiento en la zona donde se encuentra localizados los estándares de AGE y AGTV.

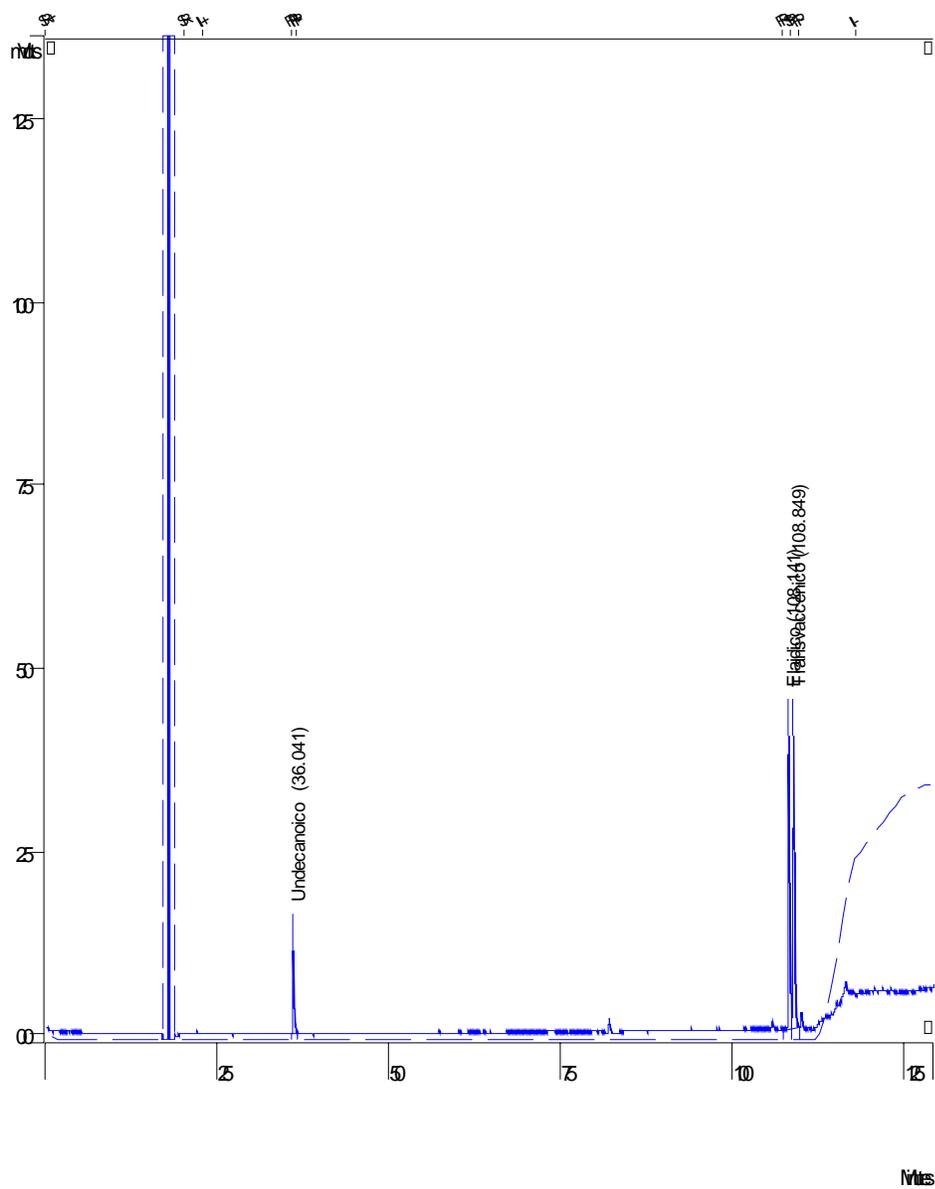


Figura 5. Cromatograma de los estándares de AGE y AGTV metilados con su estándar interno (AGU) puros.

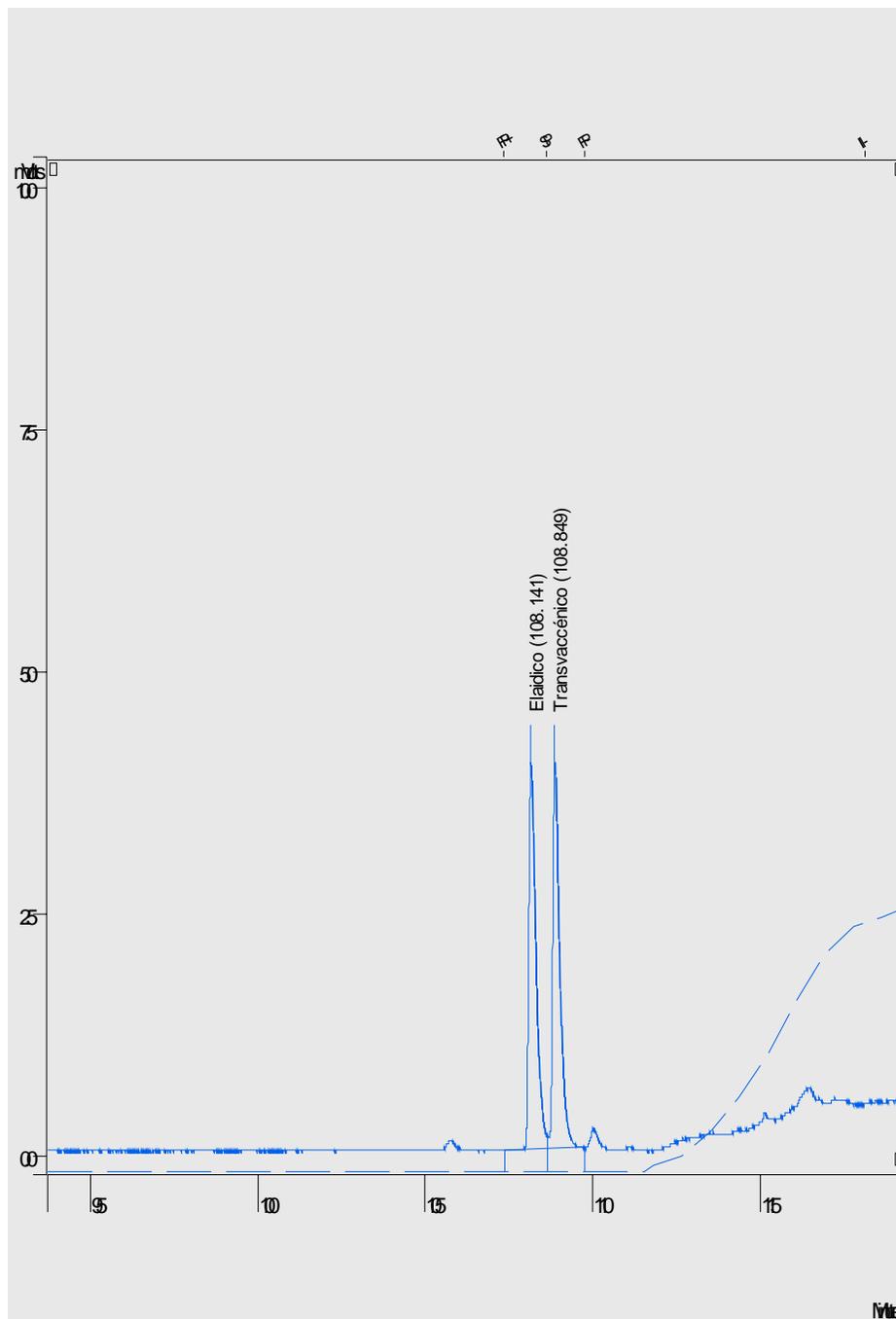


Figura 6. Cromatograma de los estándares AGE y AGTV metilados. Con un acercamiento.

6.2 ESTANDARIZACIÓN DEL METODO

En la realización de la curva, se obtuvo las alturas de los estándares AGE y AGTV y el estándar interno. Donde, se hizo la relación de alturas de los estándares con el estándar interno. Con este valor y la concentración de los estándares, se calculó el Factor de calibración y a partir de este la desviación de estándar, el promedio, porcentaje de coeficiente de variación y el factor de correlación.

En la tabla 12, se presentan los valores calculados de los puntos 5, 6 y 7 de la primera curva de los AGE y AGTV. De los cuales, observamos la aceptación de la linealidad y la precisión, dado que da un valor de $r \geq 0.9945$ y $\%CV > 20\%$ en los tres puntos mostrados. Así mismo, mostramos en la figura 7 la linealidad de la primera curva de los estándares AGE y AGTV.

Tabla 12. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la primera curva.

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGE | 5 | 0.0138 | 0.8494 | 1.6241 | 1.0000 |
| | 6 | 0.0139 | 0.8520 | 1.6291 | 1.0000 |
| | 7 | 0.0144 | 0.8545 | 1.6810 | 1.0000 |

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGTV | 5 | 0.0347 | 0.8436 | 4.1180 | 0.9999 |
| | 6 | 0.0313 | 0.8453 | 3.7074 | 0.9999 |
| | 7 | 0.0287 | 0.8494 | 3.3755 | 0.9998 |

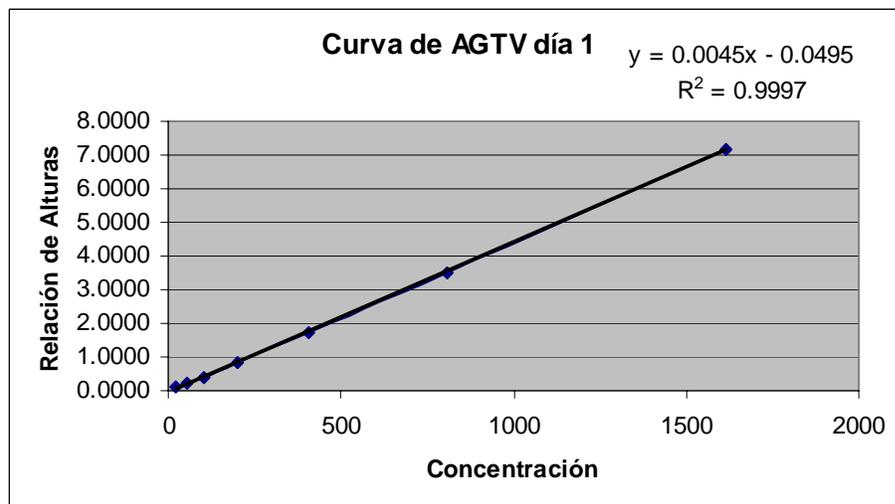
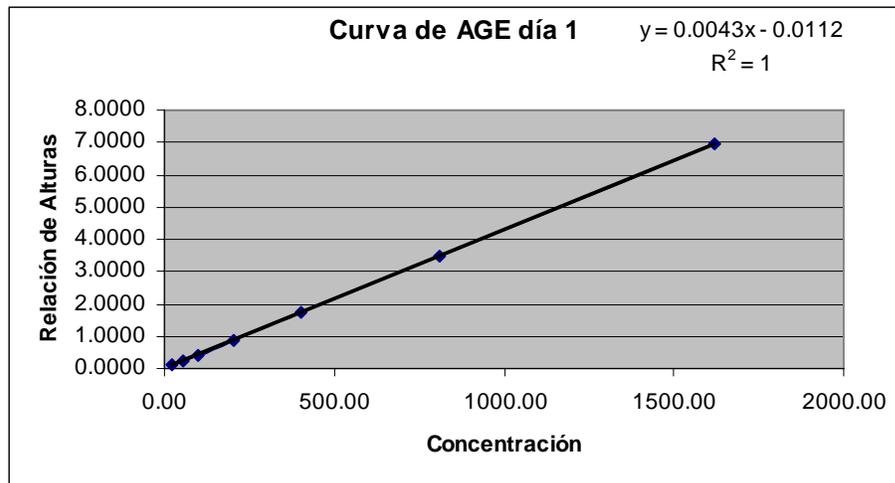


Figura 7. Graficas de linealidad de la primera curva de los estándares AGE y AGTV.

Tanto para la segunda y tercera curva, se realizaron los mismos procedimientos comentados anteriormente. En los cuales, en las tablas 13 y 14 se muestra los valores calculados de los puntos 5, 6 y 7 de la segunda y tercera curva de los estándares AGE y AGTV. En la cual, se observa una linealidad y precisión en los tres puntos de las dos curvas, ya que cumple con los criterios anteriormente mencionados.

Tabla 13. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la segunda curva.

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGE | 5 | 0.0930 | 0.8361 | 11.1284 | 0.9976 |
| | 6 | 0.0870 | 0.8465 | 10.2781 | 0.9975 |
| | 7 | 0.0887 | 0.8614 | 10.2996 | 0.9975 |

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGTV | 5 | 0.0950 | 0.8131 | 11.6852 | 0.9967 |
| | 6 | 0.0902 | 0.8254 | 10.9239 | 0.9965 |
| | 7 | 0.0916 | 0.8489 | 10.7864 | 0.9965 |

Tabla 14. Valores para la determinación de linealidad y precisión de la tercera curva.

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGE | 5 | 0.05876 | 0.7458 | 7.8780 | 0.9947 |
| | 6 | 0.0568 | 0.7546 | 7.5248 | 0.9953 |
| | 7 | 0.0535 | 0.7597 | 7.0484 | 0.9958 |

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | R |
|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGTV | 5 | 0.0622 | 0.7338 | 8.4809 | 0.9936 |
| | 6 | 0.0598 | 0.7427 | 8.0535 | 0.9951 |
| | 7 | 0.0623 | 0.1219 | 4.6064 | 0.9947 |

En las figuras 8 y 9, mostramos los gráficos de las curvas de linealidad de los estándares AGE y AGTV de la segunda y la tercera curva. Donde observamos la linealidad de las curvas.

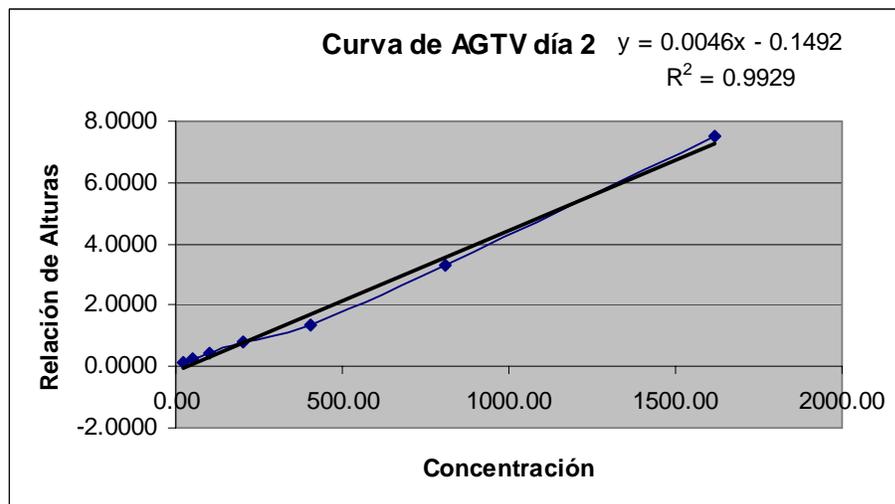
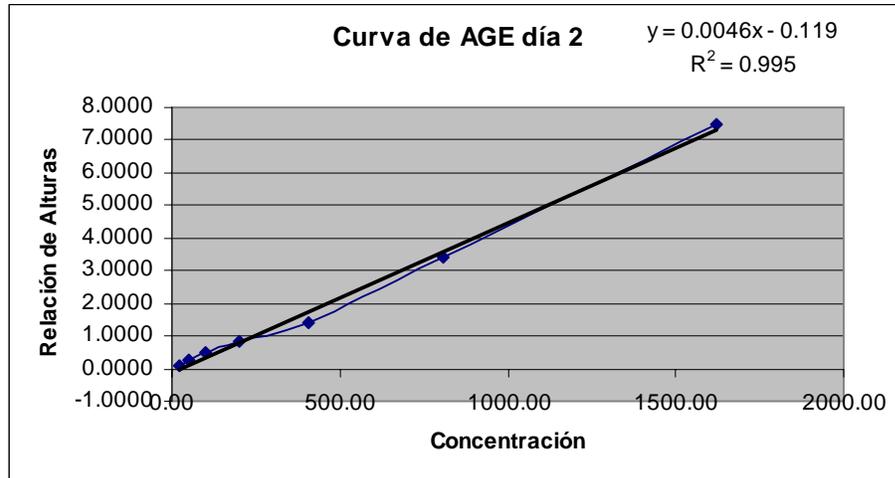


Figura 8. Graficas de linealidad de la segunda curva de los estándares AGE y AGTV

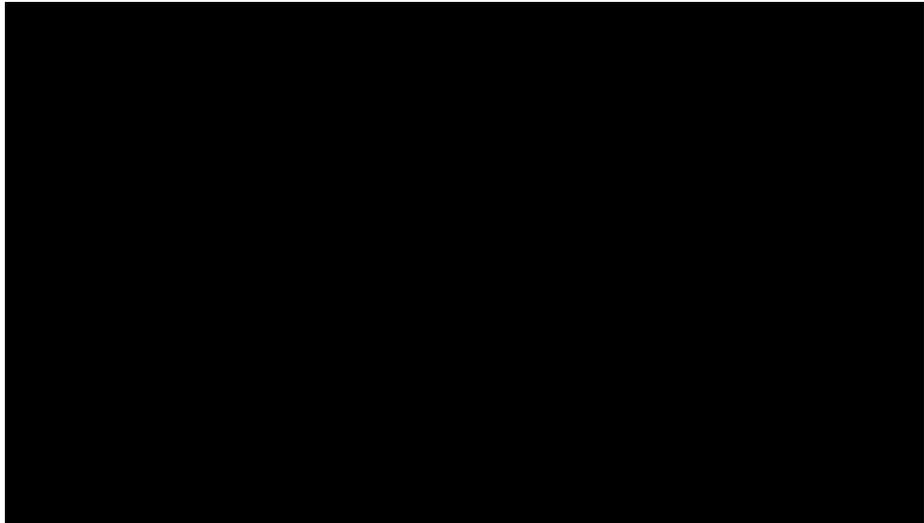
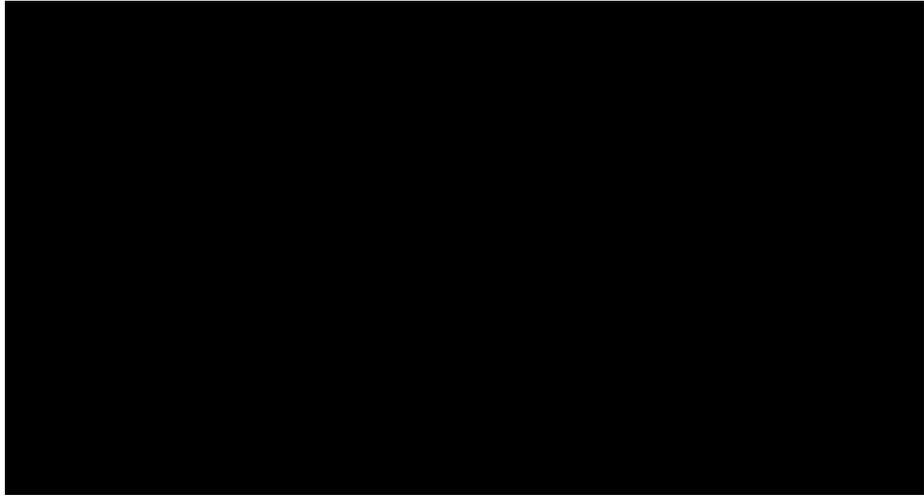


Figura 9. Graficas de linealidad de la tercera curva de los estándares AGE y AGTV

Los límites de cuantificación y detección de las tres curvas para los estándares de AGE y AGTV, son aceptables hasta el punto 7 de las curvas, dado que el valor r de los cuadros anteriormente mostrados era $\geq 0,9945$. Cuya concentración hasta este punto es de 24,28 $\mu\text{g/ml}$.

A partir de los datos obtenidos de las curvas de tres días, se realizó el promedio y se cálculo los siguientes valores anteriormente mencionados, para poder calcular la reproducibilidad del método. En la siguiente tabla, presentamos los valores para los puntos 5, 6 y 7 de la curva de reproducibilidad; donde indica que es reproducible para los tres puntos, ya que el valor de %CV y el r son los aceptables. Así mismo, presentamos el gráfico de la curva de reproducibilidad en la figura 10.

Mencionado anteriormente, la estandarización del método es aceptado, ya que es lineal, preciso y reproducible.

Tabla 15. Determinación de reproducibilidad del método para AGE y AGTV

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | r |
|------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGE | 5 | 0,0387 | 0,8099 | 4,7771 | 0,9987 |
| | 6 | 0,0390 | 0,8173 | 4,7701 | 0,9988 |
| | 7 | 0,0409 | 0,8248 | 4,9534 | 0,9988 |

| | Puntos | Desv. Est. | Promedio | %CV | r |
|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------|----------|
| AGTV | 5 | 0.0462 | 0.7963 | 5.8065 | 0.9961 |
| | 6 | 0.0455 | 0.8040 | 5.6565 | 0.9962 |
| | 7 | 0.0480 | 0.8131 | 5.9077 | 0.9964 |

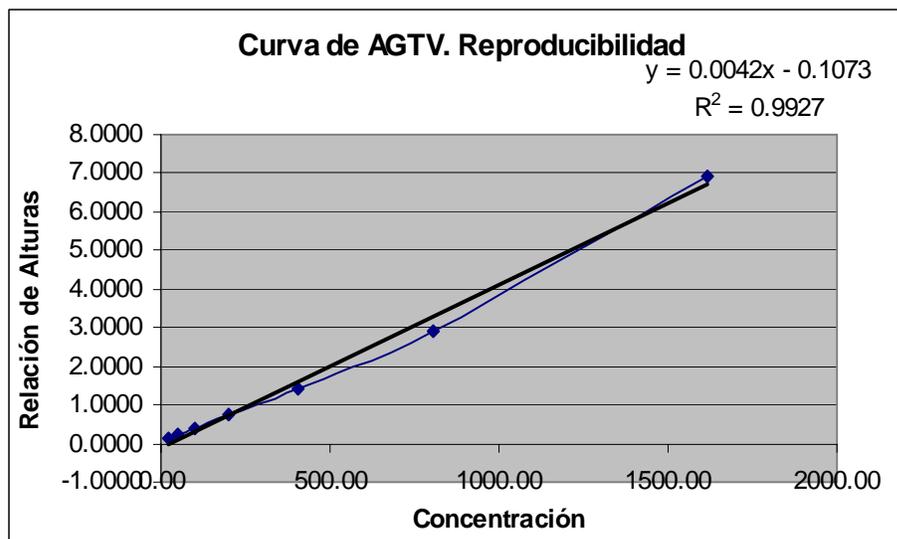
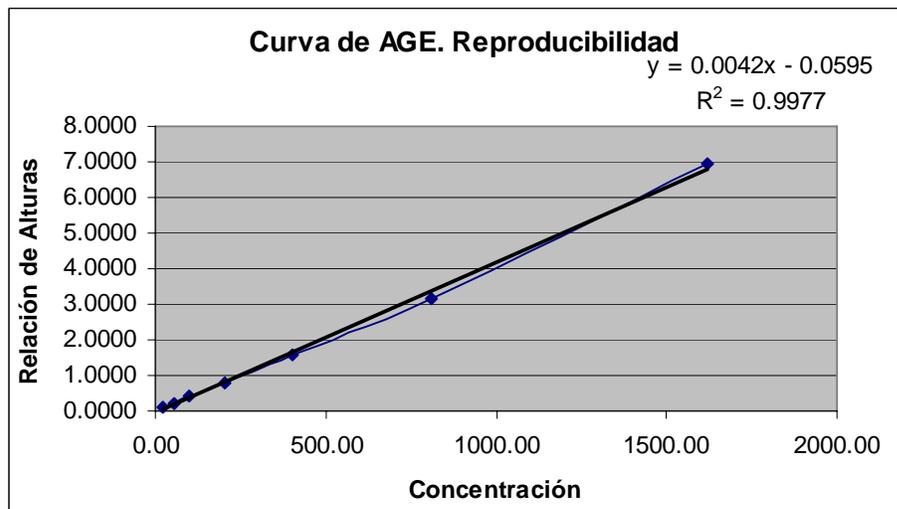


Figura 10. Graficas para la determinación de reproducibilidad del método.

6.3 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Resultados obtenidos en el estudio.

Se les realizó un análisis de varianza por el método ANOVA. En la tabla 16 se presentan las estadísticas descriptivas de ácido graso eláidico (AGE) para los tipos de carne de engorda y pastoreo.

Tabla 16. ANOVA de un factor comparando tipos de alimentación (Elaidico)

Concentración

| | N | Media | Desviación típica | Error típico | Mínimo | Máximo |
|----------|----|-----------|-------------------|--------------|---------|----------|
| Engorda | 24 | 149.9231 | 33.0152623 | 6.7392122 | 89.8004 | 203.3065 |
| Pastoreo | 24 | 76.508942 | 29.4378463 | 6.0089752 | 36.3638 | 136.2953 |
| Total | 48 | 113.2160 | 48.3069205 | 6.9725034 | 36.3638 | 203.3065 |

Concentración

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Inter-grupos | 64675.583 | 1 | 64675.583 | 66.110 | .000 |
| Intra-grupos | 45001.670 | 46 | 978.297 | | |
| Total | 109677.253 | 47 | | | |

Se observa que en la carne de engorda con una media 149.9231 ± 33.0153 ppm, mientras que en pastoreo fue de 76.5009 ± 29.4378 ppm. Esto indica, que la carne de engorda tiene una mayor presencia de AGE que la carne por pastoreo; con una diferencia altamente significativa ($F= 66.11$, $p < 0.01$) entre las medias de AGE para los dos tipos de carne.

En la Figura 11, se presenta una grafica comparativa entre los dos tipos de carne en contra la concentración de AGE; en la cual se observa un mayor rango de concentración en la carne de engorda que por pastoreo. Con un rango de 89.8004 a 203,3065 ppm en corral y 36,3638 a 136,2953 ppm por pastoreo.

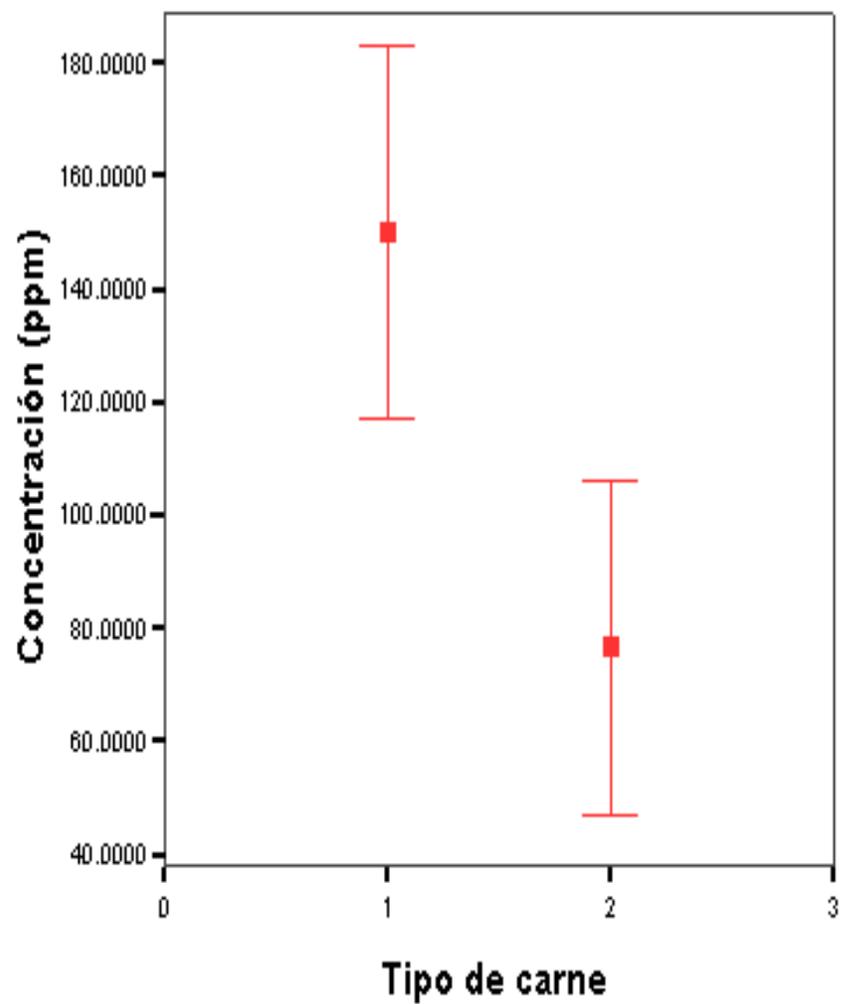


Figura 12. Grafica comparativa de tipos de carne con el AGE.

(1) Engorda y (2) Pastoreo

Tabla 17. ANOVA de un factor comparando tipos de alimentación (Transvaccénico)

Concentración

| | N | Media | Desviación típica | Error típico | Mínimo | Máximo |
|----------|----|----------|-------------------|--------------|----------|----------|
| Engorda | 24 | 202.1206 | 54.0987826 | 11.042868 | 102.6752 | 277.0975 |
| Pastoreo | 24 | 397.4527 | 199.7957229 | 40.783131 | 229.3242 | 776.4513 |
| Total | 48 | 299.7866 | 175.2378798 | 25.293409 | 102.6752 | 776.4513 |

Concentración

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Inter-grupos | 457855.571 | 1 | 457855.571 | 21.373 | .000 |
| Intra-grupos | 985435.211 | 46 | 21422.505 | | |
| Total | 1443290.8 | 47 | | | |

En la Tabla 17, se realizó el mismo procedimiento comparativo para AGTV. En la cual, se observa que en la carne de engorda con una media 202.1206 ± 54.0988 ppm, mientras que en pastoreo fue de 397.4527 ± 199.7957 ppm. Esto indica, que la carne de engorda tiene una menor presencia de AGTV que la carne por pastoreo; con una diferencia altamente significativa ($F= 21.37$, $p<0.01$) entre las medias de AGTV para los dos tipos de carne.

En la Figura 12, se presenta el gráfico comparativo entre los dos tipos de carne en contra la concentración de AGTV; en la cual se puede observar con mayor claridad, que el rango de concentración en la carne de pastoreo es mayor que la de engorda. Con un rango de 229.3242 a 776.4513 para pastoreo y de 102.6752 a 277.0975 ppm para engorda.

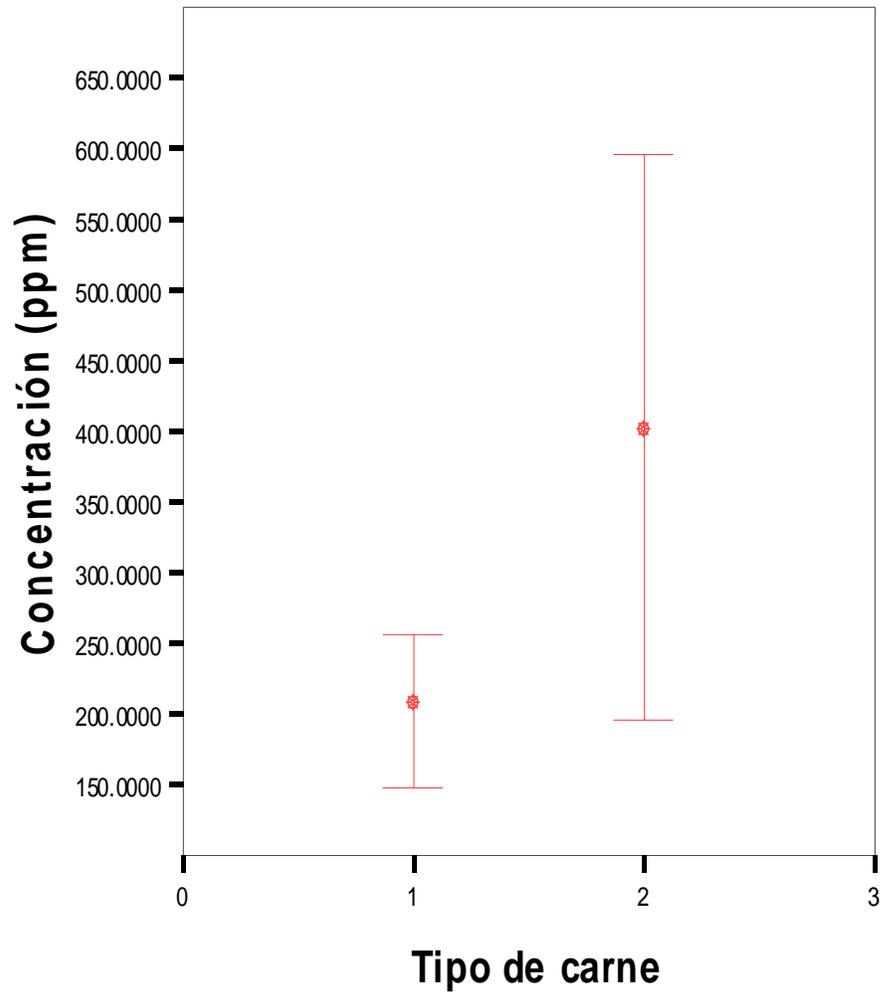


Figura 12. Grafica comparativa de tipos de carne con el ÁGT.

(1) Engorda y (2) Pastoreo

En las tablas siguientes, se realizó el mismo estudio comparativo para los ácidos grasos con ambos tipos de carne.

Tabla 18. ANOVA de un factor comparando los ácidos en la carne por el sistema por corral.

Concentración

| | N | Media | Desviación típica | Error típico | Mínimo | Máximo |
|----------------|----|----------|-------------------|--------------|----------|----------|
| Elaidico | 24 | 149.9231 | 33.0152623 | 6.7392122 | 89.8004 | 203.3065 |
| Transvaccénico | 24 | 202.1206 | 54.0987826 | 11.042868 | 102.6752 | 277.0975 |
| Total | 48 | 176.0218 | 51.5873064 | 7.4459863 | 89.8004 | 277.0975 |

Concentración

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Inter-grupos | 32694.985 | 1 | 32694.985 | 16.280 | .000 |
| Intra-grupos | 92383.774 | 46 | 2008.343 | | |
| Total | 125078.759 | 47 | | | |

En la Tabla 18, se presenta el procedimiento comparativo para la carne por engorda. En la cual, se observa que la media para el ácido graso elaidico (AGE) es de 149.9231 ± 33.0153 ppm, mientras que la media de ácido graso transvaccénico (AGTV) es de 202.1206 ± 54.0988 ppm. Esto indica, que la carne de engorda tiene una mayor presencia de AGTV que AGE; con una diferencia altamente significativa ($F= 16.28$, $p<0.01$) entre las medias de ácidos grasos con el tipo de carne de engorda.

En la Figura 13, se presenta el grafico comparativo entre los dos tipos de ácidos grasos en la carne de engorda; en la cual se puede observar un rango de concentración para AGE de 89.8004 a 203.3065 ppm y AGTV es de 102.6752 a 277.0975.

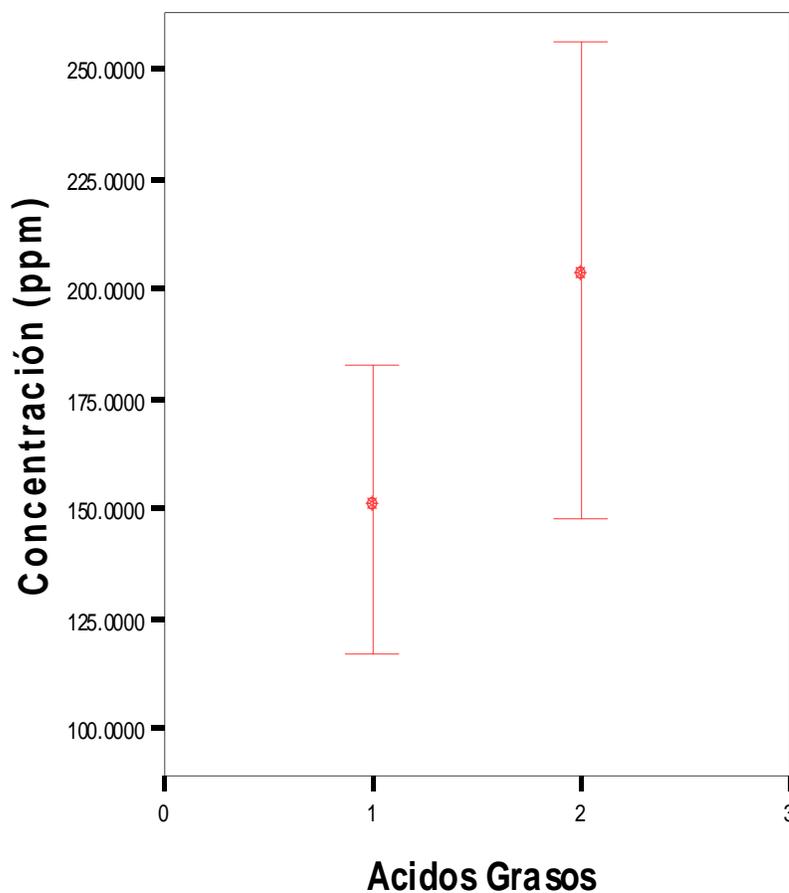


Figura 13. Grafico comparativo del tipo ácido en la carne por engorda.

(1) Elaídico y (2) Transvaccénico

En la cual observamos en este grafico, una mayor proporción de AGTV en relación con AGE, pero con una diferencia no tan marcada entre estos AG. Siendo la media 202,1206 ppm en contra de 149,9231 ppm de cada ácido.

Tabla 19. ANOVA de un factor comparando los ácidos en la carne por el sistema de pastoreo

Descriptivos

| Concentración | | | | | | |
|----------------|----|-----------|-------------------|--------------|----------|----------|
| | N | Media | Desviación típica | Error típico | Mínimo | Máximo |
| Elaídico | 24 | 76.508942 | 29.4378463 | 6.0089752 | 36.3638 | 136.2953 |
| Transvaccénico | 24 | 397.4527 | 199.7957229 | 40.783131 | 229.3242 | 776.4513 |
| Total | 48 | 236.9808 | 215.0760263 | 31.043550 | 36.3638 | 776.4513 |

ANOVA

| Concentración | | | | | |
|---------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 1236058.7 | 1 | 1236058.7 | 60.614 | .000 |
| Intra-grupos | 938053.107 | 46 | 20392.459 | | |
| Total | 2174111.8 | 47 | | | |

En la Tabla 19, se presenta el procedimiento comparativo para la carne por pastoreo. En la cual, se observa que la media para el ácido graso elaídico (AGE) es de 76.5089 ± 29.4378 ppm, mientras que la media de ácido graso transvaccénico (AGTV) es de 397.4527 ± 199.7957 ppm. Indica, que la carne de pastoreo tiene una mayor presencia de AGTV que AGE; con una diferencia altamente significativa ($F= 60.61$, $p<0.01$) entre las medias de ácidos grasos con el tipo de carne de pastoreo.

En la Figura 14, se presenta el grafico comparativo entre los dos tipos de ácidos grasos en la carne de pastoreo; en la cual se puede observar un rango de concentración para AGE de 36.3638 a 136.2953 ppm y AGTV es de 229.3242 a 776.4513 ppm; donde AGTV se presenta una concentración mucho mayor que AGE.

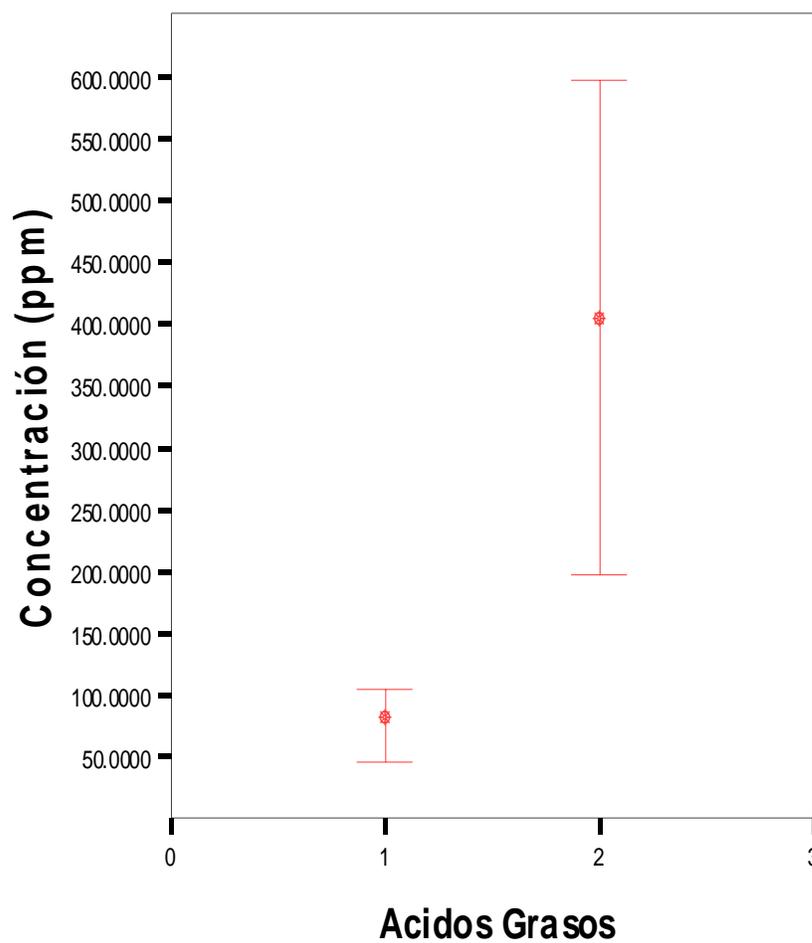


Figura 14. Grafico comparativo del tipo ácido en la carne por pastoreo.

(1) Elaidico y (2) Transvaccénico

En los siguientes cromatogramas son de las muestras de carne por el sistema por engorda y pastoreo. En los cuales se realizo un acercamiento en la zona donde esta localizado los AGE y AGTV. Están presentados en las siguientes figuras 15, 16, 17 y 18.

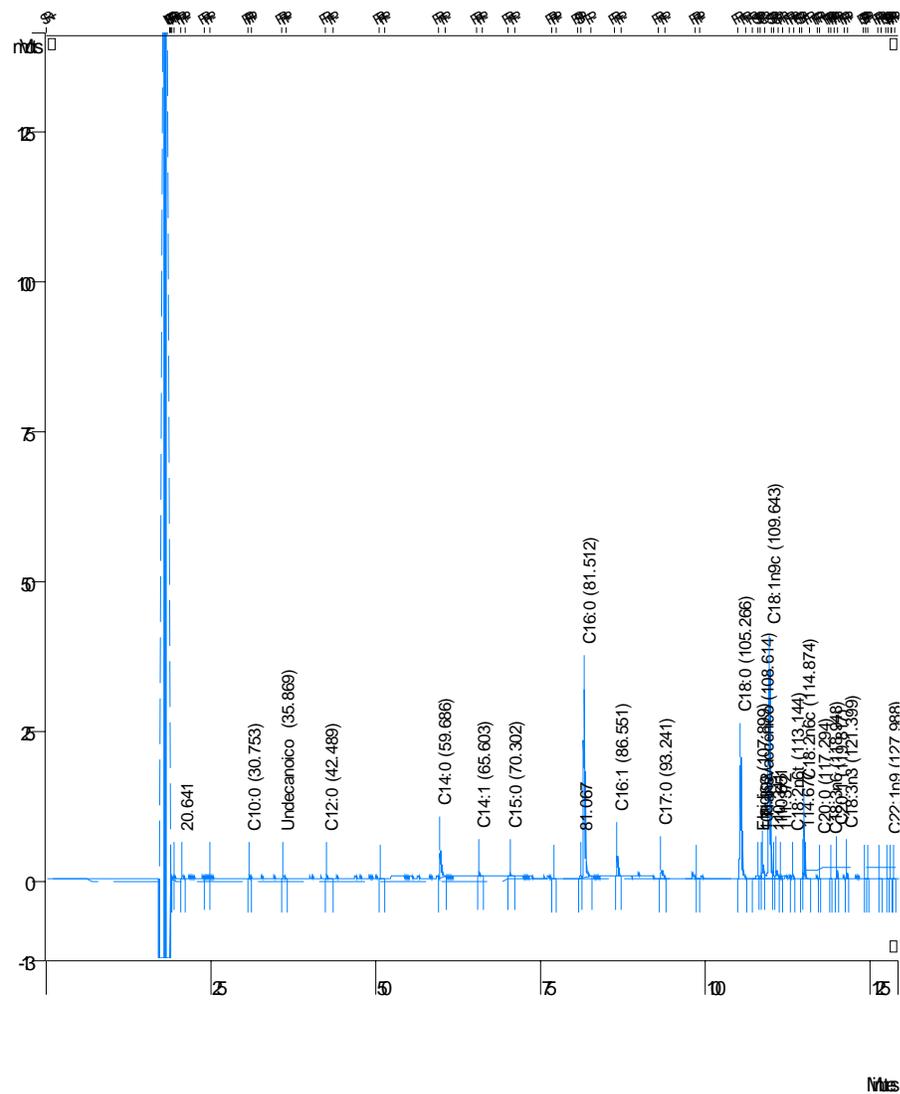


Figura 15. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema de pastoreo.

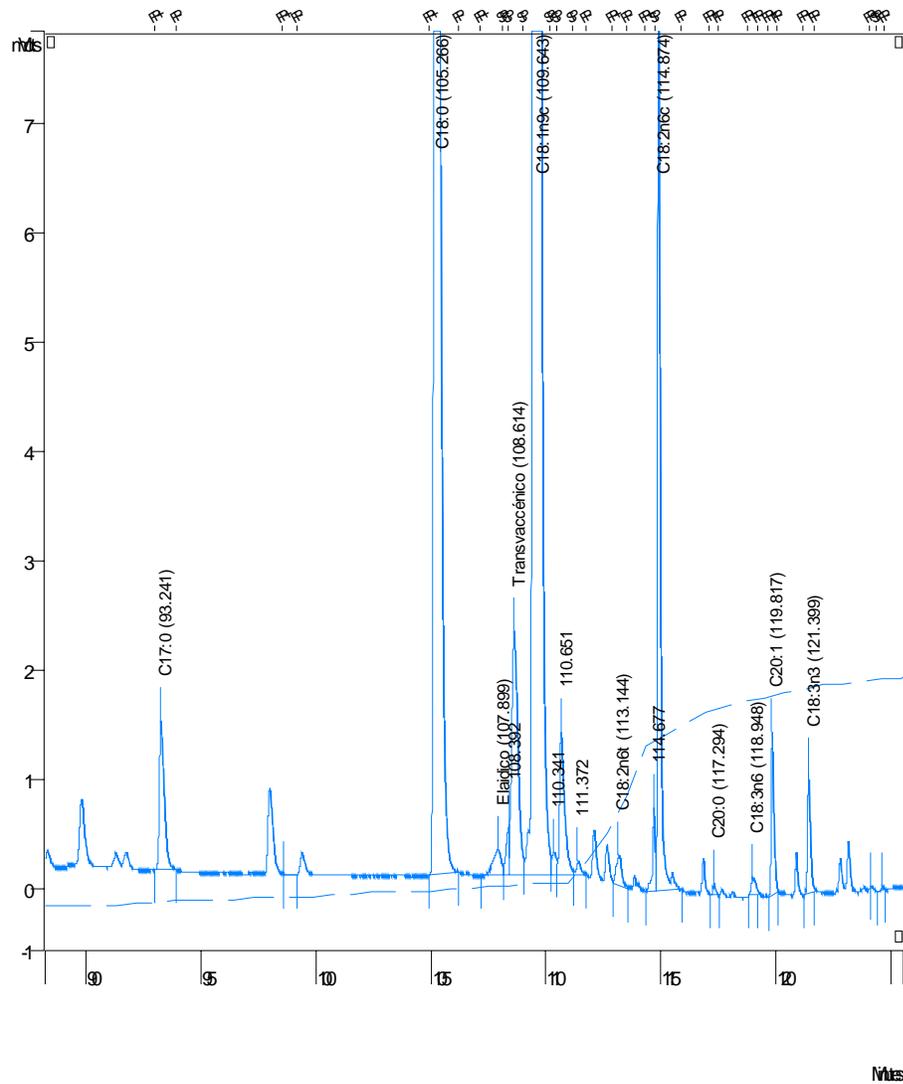


Figura 16. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema de pastoreo. Un acercamiento a la zona de AGE y AGTV.

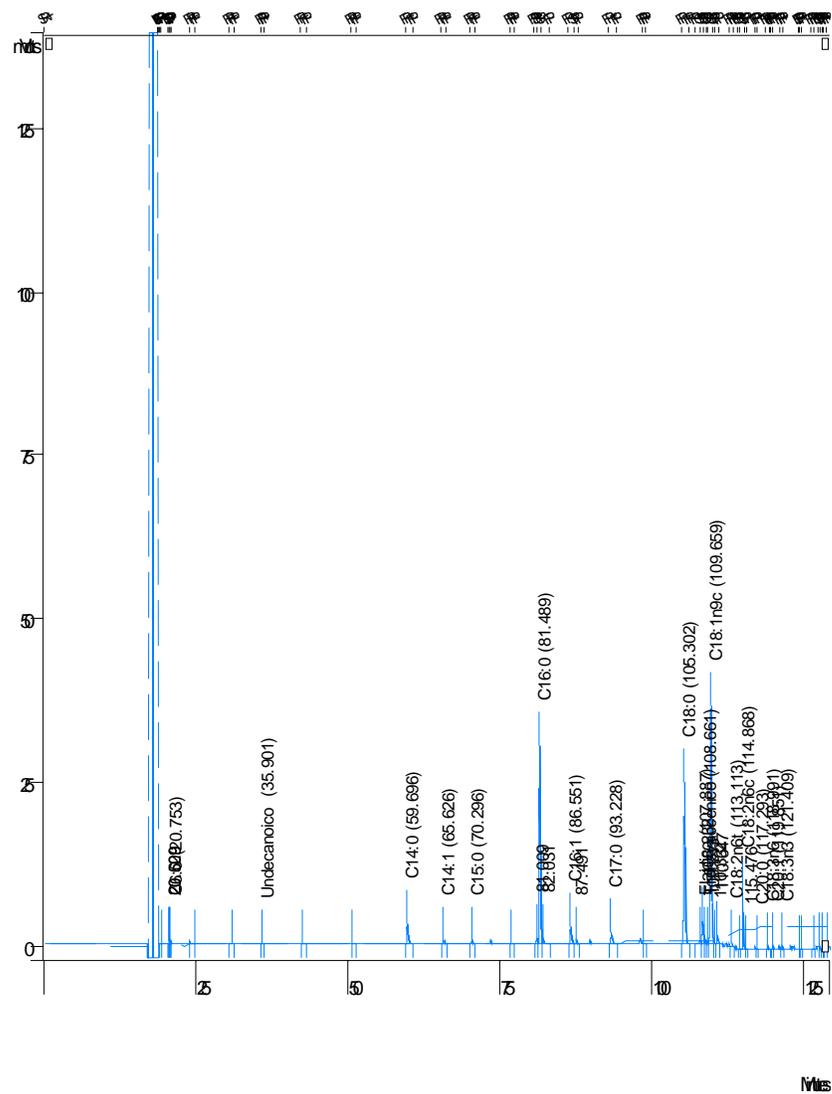


Figura 17. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema por engorda.

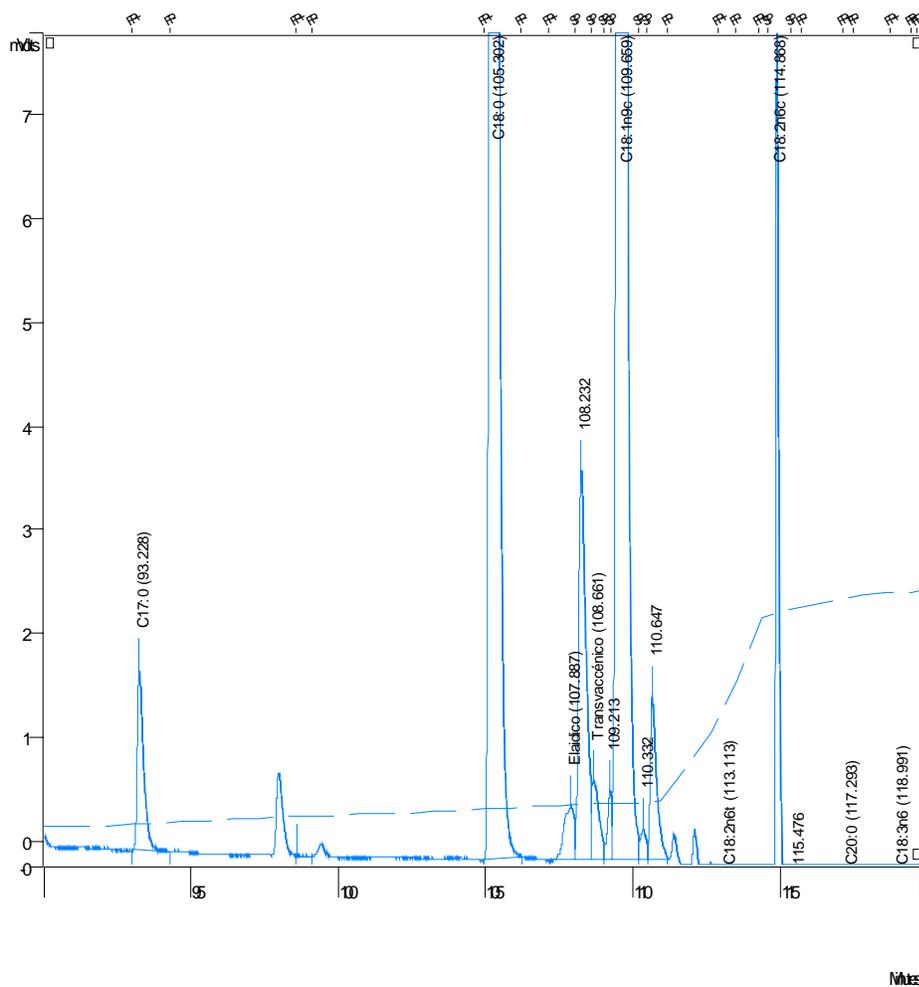


Figura 18. Cromatograma de la muestra alimentado por el sistema por engorda. Un acercamiento a la zona de AGE y AGTV.

7. DISCUSIÓN

La diferencia que se presenta en los dos sistemas de alimentación en el contenido de AGTV en la carne, se debe al tipo de dieta que es consumido por el animal. Correspondiente a esto, existen un sin número de factores como: los efectos de la pastura, la maduración del forraje, restricciones alimentarias, consumo de aceites vegetales y de pescado, semillas intactas o procesadas y también el pH ruminal que es determinado por la acción de dichos factores; así mismo la relación de proporción de forraje: concentrado (Griinari et al., 1998), los niveles de ingesta (Timmen and Patton, 1988) y la ingesta de ácidos grasos insaturados, especialmente de aceites de plantas que son altas en ácido linolénico (Griinari et al., 1998). Además de los factores intrínsecos como la raza, la edad y el sexo del animal, al igual el tipo de músculo (De la Torre, et al, 2006).

Hablando acerca de sobre el uso de forrajes frescos, según Camps (Camps, 2004) que las condiciones óptimas para la síntesis de CLA y AGTV en carne, se producen a partir del aporte de ácidos grasos insaturados provenientes de forrajes frescos, que aseguran un ambiente ruminal óptimo para la fermentación. Se ha informado sobre variaciones estacionales en las concentraciones de CLA en carne, observándose las concentraciones más altas en primavera-verano sugieren que este incremento durante el verano esta relacionado al aumento en el consumo de pasto tierno.

De esto también habla Gagliostro (Gagliostro, 2004); que la alimentación en base pastoril resulta un factor predisponente para lograr una carne enriquecida en CLA, si las pasturas consumidas son de alta calidad y se encuentran en estado inmaduro. Vacas pastoreando permanentemente sobre pradera natural, obtuvieron 500% más de CLA, en comparación a vacas alimentadas con raciones totales mixtas (TMR), basadas en forraje y grano en una proporción de 50:50 (Dhiman et al., 1999).

Siendo la madurez del forraje un factor importante, ya que dietas que contienen forraje en etapa temprana de crecimiento, obtienen mayores incrementos en el contenido de CLA, comparada a dietas que incluyen forraje de crecimiento tardío o de segundo corte (Chouinard et al., 1998). Esto es debido, a la concentración lipídica en las pasturas y el % de ácido linolénico (C18:3), que suele ser alto en crecimientos tempranos de primavera (forrajes muy tiernos) o al final del otoño, para decaer marcadamente con la madurez del forraje. La diversidad de especies forrajeras disponibles en la pradera, también incrementa el contenido de CLA (Collomb et al., 2002a) y también se ve influenciado por la altitud del pasto (Collomb et al., 2002b).

Según Griinari y Bauman (Griinari and Bauman, 1999), el efecto enriquecedor de las pasturas sobre los niveles de CLA, es consecuencia del consumo del ácido linolénico proveniente del pasto y la conversión a trans-11 C18:1 a nivel ruminal, y la subsiguiente conversión a cis-9, trans-11 CLA, por obra de la delta-9 desaturasa mamaria.

En cuestión en el pH ruminal, el contenido de AGTV es alterado negativamente, debido a la presencia de una acidosis ruminal. Esto es provocado por una alimentación basada en granos, en que implica una menor lipólisis e hidrogenación de la grasa alimenticia en el rumen. Como consecuencia, una proporción elevada de ésta escapa al intestino delgado y los tejidos sin ser modificada (saturada) por los microorganismos (Griswold et al., 2003; Mir et al., 2004). Una explicación se puede deber, que cuando se incrementa la concentración de almidón en la dieta altera la composición de la flora microbiana, debido al aumento de la acidez en el rumen (De Blas, 2004). Por lo tanto, en la forma que incrementa la proporción de forraje, especialmente leguminosas, en la ración de terneros aumenta significativamente la concentración en carne (Griswold et al., 2003; Mir et al., 2004).

La adición de plantas oleaginosas en la dieta, resulta en un incremento sustancial en la concentración de CLA en la grasa. Los aceites vegetales se obtienen de soya, maíz, canola, linaza y maní (Bauman et al., 1999). Rule en 1994 (Rule et al., 1994), señalan que las dietas con soya y canola no tienen efecto sobre la grasa en la canal. Según Camps (Camps, 2004), el agregado de aceites vegetales a la dieta de vacas en pastoreo aumenta generalmente el CLA, sin embargo no es frecuente que lo hagan a una concentración mayor al 2 o 2,5 %.

La utilización de la semilla entera de girasol, así como la de otras oleaginosas, resulta en una práctica de bajo costo a fin de vehiculizar el ácido linoleico (precursor en la formación de CLA), sin afectar negativamente el metabolismo del rumen y la respuesta productiva de la vaca (Gagliostro, 2003). Al incluir semillas de girasol al 7% de la dieta en base a materia seca (M.S), se duplicó el contenido de cis-9, trans-

11 CLA y se triplicó el contenido de trans-10, cis-12 CLA de la grasa (He et al., 2003).

Similarmente semillas de raps, canola y maní y la oliva, las cuales son ricas en ácido oleico (cis-9, C18:1), pero también tienen algo de ácido linoleico y ácido linolénico, han demostrado aumentar el CLA de la grasa (Whitlock et al., 2002; Looor et al., 2002).

El tratamiento de las semillas oleaginosas con calor y presión (extruido), es una vía idónea para alcanzar altos valores de CLA, debido a que se obtiene un contacto rápido y eficaz entre el aceite y las bacterias ruminales (De Blas, 2004).

De acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores, las concentraciones de CLA y AGTV en la carne, se pueden incrementar a través de la manipulación de una serie de factores, relacionados con la hidrogenación ruminal de los AG insaturados del alimento, tales como su grado de insaturación (aceite pescado/algas > aceite vegetal >> grasa animal) o su grado de protección frente a la degradación microbiana (aceites > semillas de oleaginosas).

Un mayor aporte de sustrato y un aumento de la proporción de forraje en la ración, permiten que incremente el contenido de AGTV en la carne. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la retención de CLA difiere de unos tejidos a otros. Como lo menciona Blas, donde presenta diferentes cortes cárnicos, obtenidos de animales con una dieta control en contra una dieta suplementada con aceite de cártamo, donde se encuentra una mayor concentración en la dieta suplementada, la proporción es de

0,64 a 2,60 en el músculo de diafragma, 1,78 a 4,41 en el músculo de pata, 2,77 a 7,33 en tejido adiposo y 1,72 a 3,53 g/Kg grasa en hígado (De Blas, 2004).

Siendo mención a los apartados anteriores, sobre los posibles factores que influyeron sobre el contenido de AGTV en la carne, podemos mencionar que el tipo de alimentación y un pH ruminal adecuado influyeron en el contenido final.

Con la necesidad de conocer que el tipo de vegetación que utilizó como alimento en los animales alimentados por pastoreo. Se realizó una búsqueda bibliográfica, sobre el tipo de vegetación que se encontraba en la zona donde son originarias las muestras. Se encontró un estudio realizado por el Dr. Glaforo Alanís, sobre la vegetación y flora de Nuevo León (Alanís); donde el estado es dividido por tres zonas morfológicas: planicie costera del golfo, sierra madre oriental y altiplano mexicano. En la cual el Municipio de Salinas Victoria se encuentra localizado en la zona de planicie costera del golfo, que es una región plana a excepción de una serie de lomeríos y cerros de poca altura, con un tipo de vegetación de matorral espinoso y mezquital.

Dentro de la comunidad vegetal natural del matorral espinoso y los mezquiales presentan variantes fisonómicas, las especies pueden ser altas espinosas o medianas subinermes. En condiciones de suelo y humedad favorables, los tallos poseen fuste bien definidos y se presentan formas arbóreas de más de 6 metros de altura, entre los que destacan por abundancias y cobertura el mezquite (*Prosopis laevigata*, *Prosopis glandulosa*), ebano (*Pithecellobium ebano*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), chaparro amargoso (*Castela texana*), granjeno (*Celtis pallida*), palo verde (*Cercidium macrum*), cruceto (*Randia laetevirens*), anacahuita (*Cordia boissieri*),

cenizo (*Leucophyllum frutescens*), guayacán (*Porlieria angustifolia*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), nopal (*Opuntia engelmannii*), colima (*Zanthoxylum fagara*) y coma (*Bumelia celastrina* y *B. lanuginosa*), destacando la palma china (*Yucca filifera*) hasta de 10 m de altura.

También encontramos algunos tipos de matorrales desérticos y pastizales. Los matorrales desérticos se localizan sobre flancos montañosos y taludes de otras elevaciones. Las especies que se encuentra sotoles (*Dasyllirion berlandierii* y *D. texanum*), guapilla (*Hechtia glomerata*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), espadín (*Agave striata*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), nopal cegador (*O. microdasys*) y diversos nopales (*Opuntia spp*) palmas chinas (*Yucca filifera*), coyotillo (*Karwinskia humboldtiana*) y albarda (*Fouquieria splendens*). En los pastizales, se encuentra en extensiones reducidas y las asociaciones comunes de pastos o zacates, se encuentra en espacios abiertos dentro matorrales espinosos o mezquitales como zacate borreguero (*Erioneuron pulchellum*). En cuencas cerradas y suelos salinos, encontramos zacate tobozo (*Hilaria mutica*), zacate galleta (*H. jamesii*), zacatón alino (*Sporobolus tiroides*) y zacatón piramidal (*S. pyramidatus*) (Alanís).

Como no se encontraron estudios realizados en Municipio de Salinas Victoria, entonces se realizó la tarea en buscar otros estudios elaborados en municipios que colindaban con este municipio. Maldonado en 1967 (Rodríguez, 1974), realizó un estudio sobre los conocimientos forrajeros y plantas nocivas existentes en el Municipio de Sabinas Hidalgo Nuevo León. De las cuales se encontraron cinco tipos vegetativos con sus principales asociaciones: Matorral Micrófilo Bajo (*Leucophyllum-Acacia*, *Condalia-Acacia*, *Prosopis- Acacia*), Matorral Micrófilo Mediano (*Acacia-Cordia*, *Acacia berlandieri- Acacia amenthacea*, *Cordia- Acacia*),

Matorral Inerme Parvifolio (*Helietta-Cordia*), Matorral Micrófilo Alto (*Acacia-Celtis*, *Acacia-Cordia*) y Matorral Rosetófilo (*Agave-hechita*). De las cuales, se concluyó que el Matorral Micrófilo Mediano, es que cuenta con un potencial forrajero mayor aunque se encuentra sobre pastoreado. Por lo que respecta a pastos, se encontró mayor abundancia navajita roja (*Bouteloua trifida*) aproximadamente el 15% de la flora total. Mientras el 87.3% lo constituye por plantas leñosas de la cobertura total de la flora del municipio; la mayor parte de esas especies leñosas se utiliza en ramoneo por ganado.

En otro estudio realizado en el Municipio de Mina Nuevo León, se encontraron siete diferentes tipos de vegetación de los cuales son los siguientes porcentajes: Matorral inerme parvifolio 56.22%, Matorral crasirosulifolio espinoso 19.78%, Pastizal halófito abierto 15.30%, matorral mediano subinerme 7.56%, matorral alto subinerme, bosque esclerófilo 0.33% y bosque escleroaciculifolio 0.06% (Maldonado, 1967).

Dentro de la cobertura relativa del área total del estudio el 25.90% está conformado por la especie de gramíneas, entre las que destacan: *Sporobolus tiroides*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua trifida*, *Hilaria mutica*, *Setaria texana*, *Tridens muticus*, *Bouteloua hirsuta*, *Aristida ternipes*, *Tridens pulchellus* y *Sporobolus cryptandrus*; siendo estas las principales especies forrajeras que se cuenta por su abundancia. De las cuales unas de ellas son pobres en cualidades forrajeras y nutritivas, pero tomando en cuenta la zona en que se encuentra se les considera de cómo zacates de regular calidad. El 18.70% se encuentra cubierta por hierbas, arbustos y árboles con aprovechamiento forrajero entre que destacan el granjeno (*Celtis pallida*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), el chamizo (*Atriplex canescens*), cenizo (*Leucophyllum*

texanum), vara dulce (*Eysenhardtia polystachya*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y guayacán (*Porlieria angustifolia*); los cuales son muy aprovechados por el ganado en forma ramoneo (Maldonado, 1967).

El 20.29% se encuentra por arbustos y árboles no forrajeros, pero que sí tiene aprovechamiento forestal como lo son la barreta (*Helietta parvifolia*), diversas especies de encinos *Quercus* ssp. y de pinos *Pinus* ssp. El 21.15 % están formados por hierbas, arbustos y árboles que pueden ser utilizadas en forma medicinal, ornamental e industrial. El 5.39% se encuentra por vegetación con principios tóxicos. El 8.57% de la cobertura, están formado por vegetación que no se les encontraron usos o cualidades útiles (Maldonado, 1967).

El AGE es el principal AGT y se encuentra principalmente en alimentos que utilizan grasa hidrogenada para su elaboración. Debido a esto, son pocos los estudios que mencionan o analizan este ácido en la carne de bovino. Pero se encontró un estudio, donde menciona la presencia de AGE en la carne bovino alimentado con granos de soya con baja y alta extrusión. En la cual, se presenta 0,26 g/100g de AG para tratamiento control y para los tratamientos con baja y alta extrusión es de 0,28 y 0,29 g/100g de AG, y para AGTV es de 1,33, 1,42 y 1,71 g/100g de AG (Madron, et al. 2002). En comparación con nuestro estudio, se observa la misma diferencia de estos AG y el aumento de uso de grano aumentaba el contenido de AGE, pero no se observo una disminución de AGTV.

Una de las posibles causas en que nuestro estudio nos dio un valor más elevado de AGE en las muestras alimentadas por engorda, es por una disminución o inhibición de la biohidrogenación. Ya que el uso y el contenido de forraje de la ración, influye en la cantidad y proporción de isómeros C18:1 trans que pasan a intestino delgado.

Cuando hay una disminución en la proporción de forraje, ocurre un aumento del flujo de isómeros C18:1trans totales (Kalscheur et al., 1997; Loor et al., 2004). Ello es debido sobre todo a un incremento lineal del flujo del isómero C18:1trans-10 (Piperova et al., 2002), cuya proporción en dichas circunstancias puede pasar del 4 al 25% del total de isómeros del grupo (Kalscheur et al., 1997; Sackmann et al., 2003). Esto puede explicar el comportamiento para el AGE.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La metodología que se utilizó para este estudio, no es la recomendable para altos volúmenes de muestras, debido que el tiempo de duración del análisis es de dos horas por muestra, y por lo tanto demasiado tiempo de análisis y un gasto considerable en el uso de los gases del cromatógrafo. Debido a lo anterior, la estandarización del método se realizó una curva por día, por lo siguiente no se realizó la repetibilidad.

En cuestión de la resolución del método no es la deseada, es debido a que los AG que nos interesa se encuentra con otros AG en la misma zona, por lo consiguiente no tiene la suficiente separación. Estos ácidos que se encuentran en esta zona, son AGT de dieciocho carbonos con diferentes posiciones del isómero trans. Se recomienda, utilizar el mismo gas acarreador que el proveedor o buscar otro método analítico como Cromatógrafo de gases acoplado a un detector espectro de masas.

Las condiciones que se encontraron el AGTV en el sistema de alimentación por pastoreo, es la ideal y la esperada; anteriormente la literatura utilizada menciona, que el uso de pasto como alimentación para el ganado vacuno aumenta el contenido de AGTV en la carne y los productos lácteos. Así mismo, el uso de grano como sistema de alimentación se observa una concentración baja en estos productos. Por lo tanto, el contenido de AGTV en el sistema de alimentación por engorda es la esperada.

A pesar de la concentración que se presentaba AGE en los dos sistemas alimentación, seguía siendo baja en comparación con AGTV. Además, el uso de grano en el sistema de alimentación por engorda aumentaba el contenido de AGE y disminuía el contenido de AGTV; por lo tanto, se sugiere que el uso de grano tiene un efecto contrario al sistema por pastoreo.

La importancia de contar con la presencia y una concentración alta de AGTV en la carne bovina, nos va permitir contar con alimento funcional, ya que contiene una cantidad de beneficios a la salud que son mencionados anteriormente, y nos va permitir que el consumidor consuma un alimento nutritivo y funcional. Por lo tanto, nos va a permitir cambiar la opinión tanto del los consumidores y los profesionales del área de la salud. Mientras tanto, la presencia y contenido de AGE en la carne nos hace pensar que tiene un efecto negativo a la salud, pero a presencia de AGTV es mayor en los dos sistemas de alimentación, esto puede contrarrestar los efectos provocados por AGE.

Entonces las recomendaciones surgidas en este estudio son:

- En la búsqueda de otra metodología que nos permitan tener una mejor resolución de los picos de nuestro interés.
- Una investigación más profunda de los tipos pastizales que son consumidos por los animales en el estado; y así mismo un estudio sobre el contenido nutricional, y el efecto que poseen en el contenido y la presencia en los AG estudiados.
- Utilizar la misma raza de res y condiciones controladas para la alimentación en los dos sistemas de dieta.

- Interesar a los ganaderos, sobre el uso y el efecto producido de los pastizales como alimento en los productos cárnicos y lácteos.
- Realizar una propaganda sobre el consumo de la carne y el beneficio que ejerce en consumir, debido a la presencia de AGTV.
- A pesar que la carne sea un alimento funcional, se sugiere que el consumo sea balanceado.

Para finalizar, el sistema de alimentación utilizado para el ganado influye en el contenido de los AGE y AGTV en la carne.

9. LITERATURA CITADA

Ackman GG, Hooper SN, Hooper DL. 1974. Linolenic acid artifacts from deodorization of oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **51**, 42-49.

Ackman RG, Eaton cA, Sipos JC, Crewe NF. 1981. Origin of cis-9, trans-11 and trans-9, trans 11-octadecadienoic acid in the depot fat of primates fed a diet rich in lard and corn oil and implications for the human diet. *Can Inst Food Sci Technol J*, 14: 103-107.

Alanis G.J. *Vegetación y flora de Nuevo León*. Libro de UANL

Alonso L, Fraga MJ, Juárez M, Carmona P. 2002. Fatty acid composition of Spanish shortenings with special emphasis on trans unsaturation content as determined by Fourier transform infrared spectroscopy and gas chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **79**, 1-6.

Alstrup KK, Gregersen S, Jensen HM, Thomsen JL, Hermansen K. 1999. Differential effects of cis and trans fatty acids on insulin release from isolated mouse islets. *Metabolism*. 48: 22-9.

AOAC Official Method 969.33, 2000. Preparation of metil esters boron trifluoride. *Cap* 41, 19-20.

Aro A, Amaral E, Kesteloot H, Rimestad A, Thamm M, van Poppel G. 1998b. Trans fatty acids in French fries, soups, and snacks from 14 european countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 170-177.

Aro A, Antoine J, Pizzoferrato L, Reydal O, van Poppel G. 1998a. Trans fatty acids in dairy and meat products from 14 european countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**: 150-160

Aro A, Jauhiainen M, Partanen R, Salminen I, Mutanen M. 1997. Stearic acid, trans fatty acids and dairy fat: Effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, apolipoprotein (a), and lipid transfer proteins in healthy subjects. *Am. J Clin Nutr* **65**:1419-1426.

Aro A, Mannisto S, Salminen I, Ovaskainen MJ, Kataja V, Uusitupa M. 2000. Inversa association between dietary and serum conjugated linoleic acid risk of breast cancer in postmenopausal women. *Nutri Cancer* **38**, 151-157

Ascherio A, Katan MB, Stampfer MJ, Willett WC. 1999. Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. *Sounding Board. N Engl J Med.* **340**(25): 1994-7.

Ascherio A, Katan MB, Zock PL, Stampfer MJ, Willet WC. 1999. Trans fatty acids and coronary heart disease. *N. Eng. J. Med.* **340**:1994-1998.

Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Spiegelman D, Stampfer M, Willett WC. 1996. Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: cohort follow up study in the United States. *BMJ*, **313**: 84-90.

Banni S, Carta G, Contini MS, Angioni E, Deiana M, Dessi MA, Melis MP, et al. 1996. Characterization of conjugated diene fatty acids in milk, dairy products, and lamb tissues. *J Nutr Biochem.* 7:150-5.

Banni S, Heys SD, Wahle KWJ. 2003. Conjugated Linoleic Acid as anticancer nutrients: Studies in vivo and cellular mechanisms. *Advances in Conjugated Linoleic Acid food. Volumen 2* J.L. Sébédio W.W. Christie R. Adloff (Eds). AOCS Champaign Illinois pp 267-287.

Bauman DE, Baumgard LH, Corl BA, Griinari JM. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Cornell University, Ithaca, NY 14853 and Helsinki University, Helsinki, 0014 Finland. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf

Bayard C, Wolff L. 1995. Trans 18:1 acids in french tub margarines and shortenings: recent trends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **72**, 1485-1489.

Bell JA, Kennelly JJ. 2001. "Conjugated Linoleic Acid Enriched Milk: A Designer Milk with Potential". *Advances in Dairy Technology Volume 13*: 213-228.

Belury MA, Nickel KP, Bird CE, Wu Y. 1996. Dietary conjugated linoleic acid modulation of phorbol ester skin tumor promotion. *Nutr Cancer*, 26:149-57.

Belury MA. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. *Annu Rev Nutr.* 22:505-31.

Benito P, Nelson GJ, Kelley DS, Bartolini G, Schmidt PC, Simon V. 2001. The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans. *Lipids*, 36(3):229-36.

Berdeaux O, Sèbèdio J, Chardigny J, Blond JP, Mairot T, Vatéle JMPD, Noël JP. 1996. Effects of trans n-6 fatty acids on the fatty acid profile of tissues and liver microsomal desaturation in the rat. *Grasas y Aceites* **47**, 86-99.

Berghaus TM, Demmelmair H, Koletzko B. 1998. Fatty acid composition of lipid classes in maternal and cord plasma at birth. *Eur J Pediatr*. 157: 763-8.

Bhanger MI, Anwar F. 2004. Fatty acid (FA) composition and contents of trans unsaturated FA in hydrogenated vegetable oils and blended fats from Pakistan. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **81**, 129-134.

Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr*. 130:2943-8.

Bray GA, Lovejoy JC, Smith SR, DeLany JP, Lefevre M, Hwang D, Ryan DH, York DA. 2002. The Influence of Different Fats and Fatty Acids on Obesity, Insulin Resistance and Inflammation. *J Nutr*. 132: 2488-91.

Burr ML, Fehily AM, Gilbert JF. 1989. Effects of changes in fat, fish, and fibre intakes on death and myocardial infarction: Diet And Reinfarction Trial (DART). *Lancet*. 2: 757-61.

Calvo, M. Acidos Grasos. Bioquímica de los Alimentos. Disponibles:
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

Camps DN. 2004. "Cambios en la composición de la grasa de la leche". Bovinos de leche, Nutrición animal. Área de Nutrición y Alimentación Animal. U.B.A. Disponible en el sitio de red:
http://www.nutrihelpanimal.com.ar/BOVINOS_LECHE/tex_publ2.htm

Castro González MI, Montaña Benavides S, Pérez-Gil Romo F. 2001b. Ácidos grasos del atún diferentes zonas pesqueras del Pacífico mexicano, en aceite de yagua. ALAN **51**, 407-413.

Castro González, MI, Montaña Benavides S, Pérez-Gil Romo F. 2001a. Ácidos grasos en sardina en sal-Pacífico mexicano. ALAN **51**, 400-406.

Cavallaro A, Bizzozero N, Carnelli L, Renon P. 1996. Composizione acidica e trans insaturazione dell'olio di copertura di sardine conservate in scatola. Industrie Alimentari **35**, 801-805.

Cetin M, Yildirim A, Sahin A. 2003. Determination of fatty acids and some undesirable fatty acid isomers in selected Turkish margarines. Eur. J. Lipid Sci.Tech.**105**

Chen Y, Pelletier R, Hollywood R, Ratnayake W. 1995. Trans fatty acid isomers in Canadian human milk. Lipids 30: 15-21.

Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL and Pariza MW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Comp Anal.* 5:185-97.

Chin SF, Storkson JM, Albright KJ, Cook ME, Pariza MW. 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J Nutr.* 124:2344-9.

Chouinard PY, Corneau L, Kelly ML, Griinari JM, Bauman DE. 1998. "Effect of dietary manipulation on milk conjugated linoleic acid concentrations." *J. Dairy Sci.* 81:233.

Christensen JH, Skou HA, Fog L, Hansen VE, Vesterlund T, Dyerberg J, Toft E, Schmidt EB. 2001. Marine n-3 Fatty Acids, Wine Intake, and Heart Rate Variability in Patients Referred for Coronary Angiography. *Circulation.* 103: 651-7.

Christiansen E, Schnider S, Palmvig B, Tauber-Lassen E, Pedersen O. 1997. Intake of a diet high in trans monounsaturated fatty acids or saturated fatty acids. Effects on postprandial insulinemia and glycemia in obese patients with NIDDM. *Diabetes Care.* 20: 881-7

Clouet P, Demizieux L, Gresti J, Degrace P. 1998. Mitochondrial respiration on rumenic and linoleic acids. *Biochem Soc Trans,* 29: 320-325.

Codex Alimentarius, 2004. Documento de debate sobre una definición de ácidos grasos trans. CX/NFSDU 04/11

- Coll Hellín L, Gutiérrez Ruiz ML. 1989. Determinación de ácidos grasos trans-insaturados en margarinas y mantequillas. *Anales de Bromatología* **XLI**, 115-128.
- Collomb M, Butikofer U, Sieber R, Jeangros B, Bosset JO. 2002a. "Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography." *Int. Dairy J.* Vol.12: 649-659.
- Collomb M, Butikofer U, Sieber R, Jeangros B, Bosset JO. 2002b. "Correlation between fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of fodder." *Int. Dairy J.* Vol.12: 661-666.
- Craig-Schmidt MC. 2001. Isomeric fatty acids: evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids.* 36: 997-1.006.
- Cuadrado C, Carbajal A, Núñez C, Ruiz Roso B, Moreiras O. 1998. Contribución española a la creación de una base de datos analítica europea de ácidos grasos trans. *Nutrición Hospitalaria* **13**, 21-27.
- Daglioglu O, Tasan M, Tuncel B. 2000. Determination of fatty acid composition and total trans fatty acids of Turkish biscuits by capillary gas-chromatography. *Eur. Food Res. Technol.* **211**, 41-44.
- Daglioglu O, Tasan M. 2003. Fatty acid composition of traditional fermented and unfermented Turkish corn bread with the emphasis on trans fatty acids. *Eur. Food Res. Technol.* **217**, 125-127.

De Blas C. 2004. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. XX Concurso de especialización FEDNA. Barcelona 22 y 23 Noviembre. 79-100

De la Torre, et al, 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. Meat Science. 73, 258-268p

de Ross NM, Bots ML, Katan MB. 2001. Replacement of dietary saturated fatty acids by trans fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 21: 1233-7.

Decsi T, Tjoonk HM, Molnar SZ, Wildeman JAL, Bakker RR, Hadders-Algra M, Muskiet FAJ, Boersma ER. 2001. Trans fatty acids are inversely related to arachidonic and docosahexaenoic acids and positively related to mead acid in cord blood vessel lipids of term infant. J Ped Gastroent Nutr. 32: 395.

Dhiman TR, Anand GR, Satter LD, Pariza MW. 1999. "Conjugated Linoleic Acid Content of Milk from Cows Fed Different Diets" J. Dairy Sci 82: 2146- 2156.

Diplock, A.T., Aggett, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E.B. y Roberfroid, M.B. (1999). Scientific concept of functional foods in Europe. Consensus document. British J. Nutr., 81:S1-S27.

Duchateau G, van Oosten H, Vasconcellos M. 1996. Analysis of cis and *trans* fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas liquid chromatography. J. Am. Oil Chem. Soc. 73, 275-282.

Elias SL, Innis SM. 2001. Infant plasma trans, n-6, and n-3 fatty acids and conjugated linoleic acids are related to maternal plasma fatty acids, length of gestation, and birth weight and length. *Am J Clin Nutr.* 73: 807-14.

Enig M, Pallansch L, Sampugna J, Keeney M. 1983. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on trans components. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **60**, 1788-1795.

FDA, 2004. Los ácidos grasos trans ahora serán listados junto con las grasas saturadas y colesterol en la etiqueta de información nutricional. Disponible <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/stransfa.html>

Fernández San Juan PM. 2000. Fatty acid composition of commercial Spanish fast food and snack food. *J. Food Comp. Anal.* **13**, 275-281.

Fessenden R, Fessenden J. 1983. *Química Orgánica. Iberoamérica: México*, pp. 116-117
Fritsche J, Steinhart H. 1997. Contents of trans fatty acids (TFA) in German foods and estimation of daily intake. *Feet/Lipid* 9, 314-318.

Fritsche J, Steinhart H. 1998. Analysis, occurrence, and physiological properties of trans fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) a review. *Feet/Lipid.* 100: 190-210

Gagliostro GA. 2003. "Semilla de girasol: una herramienta nutricional para valorizar la calidad de la grasa butirosa". Documento electrónico, fuente Internet. Disponible en www.asagia.org.ar/publicaciones

Gagliostro GA. 2004. "Leches con alto impacto sobre la salud humana." Área de Publicaciones, INTA EEA Balcarce (84 páginas).

GISSI-Prevenzione Investigators. 1999. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial: Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardico. *Lancet*. 354: 447-55.

Griguol V, León M, Vicario IM. 2006. Contenido en ácidos grasos trans de las margarinas: evolución en las últimas décadas y tendencias actuales. *ALAN* 55, 367-373

Griguol V, M. León-Camacho e I.M. Vicario. 2007. revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y Aceites* 58, 87-98

Griinari JM, Dwyer DA, McGuire MA, Bauman DE, Palmquist DL, Nurmela KVV. 1998. "Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows". *J. Dairy Sci.* 81: 1251- 1261.

Griinari JM, Chouinard PY, Bauman DE. 1997. Trans fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. *Proceedings Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Pages 208

Griinari, J. M., and D. E. Bauman. 1999. "Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants". In *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, ed M. P. Yurawecz, M. M. Mossoba, J. K. G. Kramer, M. W. Pariza, and G. J. Nelson, Vol.1 pp.180-200. Eds Champaign, IL: AOCS. 216. 59th Cornell Nutrition Conference, Ithaca, New York, 1997

- Griswold KE, Apgar GA, Robinson RA, Jacobson BN, Johnson D, Woody HD. (2003) journal animal science 81: 1862-1871.
- Ha YL, Grimm NK, Pariza MW. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: Heat altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis, 8:1881-7.
- Ha YL, Storkson J, Pariza MW. 1990. Inhibition of benzo(a)-pyrene Induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivates of linoleic acid. Cancer Res., 50:1097-1101
- Hasler C.M., Bloch, A.S., Thomson, C.A., Enrione, E. y Manning, C. (2004). Position of the American Dietetic Association: Functional foods. J. Am. Diet. Assoc., 104:814-826.
- Hayek MG, Han SN, Wu D, Watkins BA, Meydani M, Dorsey JL, Smith DE, Meydani SN. 1999. Dietary conjugated linoleic acid influences the immune response of young and old C57BL/6N CrI Br mice. J Nutr. 129: 32-38.
- He ML, Mir P, Beauchemin K, Ivan M, Mir Z. 2003. "Effects of dietary sunflower seeds on lactation performance and conjugated linoleic acid (CLA) content of milk". Agriculture and Agrifood Canada, Alberta, Canada.
- Henninger M, Ulberth F. 1996. Trans fatty acids in margarines and shortenings marketed in Austria. Z Lebensm Unters Forsch **203**, 210-215.
- Horton H, Moran L, Ochs R, Rawn, Scrimgeour K. 1995. Bioquimica. Prentice Hall Hispanoamericana: México, pp. 9-2 a 9-3

Houseknecht KL, Vanden Heuvel JP, Moya-Camarena SY, Portocarrero CP, Peck LW, Nickel KP, Belury MA. 1998. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. *Biochem Biophys Res Commun.* 244:678-82.

Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, et al. 1997. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med.* 337: 1491-9.

Innis SM, King DJ, 1999. Trans fatty acids in human milk are inversely associated with concentrations of essential all-cis n-6 and n-3 fatty acids and determine trans, but not n-6 and n-3, fatty acids in plasma lipids of breast-fed infants. *Am J Clin Nutr.* 70:383-390.

Institute of Medicine (2002) Letter Report on dietary reference intakes for trans fatty acids. Drawn from the report on Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fibre, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, USA.

International life sciences institute panel on trans-fatty acids and early development. 1997. Trans fatty acids: infant and fetal development. *Am J Clin Nutr.* 66: 715S-731S.

Ip C, Chin SF, Scimeca JA and Pariza MW. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res;* 51:6118-24.

Ip C, Singh M, Thompson HJ and Scimeca JA. 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res;* 54:1212-5.

Jeppesen J, Hein HO, Suadicani P, Gyntelberg F. 2001. Low Triglycerides-High High-Density Lipoprotein Cholesterol and Risk of Ischemic Heart Disease. *Arch Intern Med.* 161: 361-6.

Jiang J, Bjoerck L, Fondén R and Emanuelson M. 1996. Occurrence of conjugated cis-9,trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: Effects of feed and dietary regimen. *J Dairy Sci.* 79:438-45.

Judd JT, Clevidence BA, Muesing RA, Wittes J, Sunkin ME, Podczasy JJ. 1994. Dietary trans fatty acids: Effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *Am. J Clin. Nutr.* 59:861-868.

Kalscheur KF, Teter BB, Piperova LS, Erdman RA. 1997. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80: 2104-2114

Katz AM, 2002. Trans fatty acids and sudden cardiac death. *Circulation.* 105: 669-71.

Kim YJ, Liu RH, Bond DR, Russell JB. 2000. Effect of linoleic acid concentration on conjugated linoleic acid production by *Butyrivibrio fibrisolvens* A38. *Appl Environ Microbiol*, 12: 5226-5230.

Koletzko B, Müller J. 1990. Cis-and trans-isomeric fatty acids in plasma lipids of newborn infants and their mothers. *Biol Neonate.* 57:172-178.

Koletzko B, 1992. Trans fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr.* 81: 302-6.

- Lake R, Thomson B, Devane G, Scholes P. 1996. Trans fatty acid content of selected New Zealand foods. *J. Food Comp. Anal.* **9**, 365-374.
- Larqué E, Garaulet M, Pérez-Llamas F, Zamora S, Tebar J. 2003. Composición en ácidos grasos de las margarinas de mayor consumo en España y su importancia nutricional. *Grasas y Aceites* **54**, 65-70.
- Larqué E, Zamora S, Gil A. 2001. Dietary trans fatty acids in early life: a review. *Early Hum Dev.* **65**: S31-S41
- Lavillonnière F, Martin JC, Bounoux P and Sébédio JL. 1998. Analysis of conjugated linoleic acid isomers and content in French cheeses. *JOACS.* **75**:343-52.
- Lee KN, Kritchevsky D, Pariza MW. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, **108**:19-25.
- León Camacho M. 2003. Contenido en ácidos grasos trans en alimentos, niveles de ingesta e influencia sobre la salud. *Vox Pediátrica*, **11,1** (43-45).
- Leth T, Ovinsen L, Hansen K. 1998. Fatty acid composition of meat from ruminants, with special emphasis on trans fatty acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**: 1001-1005.
- Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Schaefer EJ. 1999. Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. *N. Eng. J. Med.* **340**:1933-1940.

- Liew C, Schut HAJ, Chin SF, Pariza MW, Dashwood RH. 1995. Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5] quinoline induced colon carcinogenesis in the F344 rat: A study of inhibitory mechanism. *Carcinogenesis*, 16:3037-43.
- Lin Y, Kreeft A, Schuurbiers JA, Draijer R. 2001. Different effects of conjugated linoleic acid isomers on lipoprotein lipase activity in 3T3-L1 adipocyte. *Nutr Biochem*, 12: 183-189.
- Lluch MC, Roca de Vinyals M, Parcerisa J, Guardiola F, Codony R, Rafecas M, Boatella J. 1993a. Contenidos de isómeros trans de los ácidos grasos en productos cárnicos. (III) Tejido adiposo y grasa intramuscular de vacuno. *Grasas y Aceites* 44: 195-200.
- Loor JJ, Ueda K, Ferlay A, Chilliard Y, Doreau M. 2004. Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy. Sci.*, 87: 2472-2485.
- Loor JJ, Herbein H, Jenkins TC. 2002^a. Nutrient digestion, biohydrogenation, and fatty acid profiles in blood plasma and milk fat from lactating Holstein cows fed canola oil or canolamide. *Anim. Feed Sci. Tec.*, 97:65-82.
- Louheranta AM, Turpeinen AK, Vidren HM, Schwab US, Uusitupa MIJ. 1999. A high trans fatty acid diet and insulin sensitivity in young healthy women. *Metabolism* 48:870-875.

Madron M.S., et al. 2002. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *J. Anim. Sci.* 2002. 80:1135–1143

Mahfouz MM, Valicenti AJ, Holman RT. 1980. Desaturation of isomeric trans-octadecenoic acid by rat liver microsomes. *Biochim. Biophys. Acta*, 618: 1-12.

Maldonado L J, 1967. Contribución al estudio de la vegetación y las principales plantas forrajeras y nocivos existentes en el municipio de Sabinas Hidalgo Nuevo León. Tesis de UANL

Martin CA, Carapelli R, Visantainer JV , Matsushita M, de Sousa AE. 2005. Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chem.* **258**, 153-165.

Matsuzaki H, Baba A, Maruyama T, Niiya I, Yanagita T, Sugano M. 1998c. Study of trans fatty acid content in commercial foods in Japan. II. Butter, cheese, and other dairy products. *J. Japan Oil Chem. Soc.* 47: 345-349.

Matsuzaki H, Baba A, Maruyama T, Niiya I, Yanagita T, Sugano M. 1998a. Study of trans fatty acid content in commercial foods in Japan. III. Meats and meat products. *J. Japan Oil Chem. Soc.* 47: 495-499.

Matsuzaki H, Takahashi M, Baba A, Maruyama T, Niiya I, Sugano M. 1998b. Study of trans fatty acid content in commercial foods in Japan. I. Domestic cow milk. *J. Japan Oil Chem. Soc.* 47, 227-282.

McGuire MA, McGuire MK, Parodi PW, Jensen RG. 1999. Conjugated Linoleic Acid in human milk. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Volumen 1 (Yurawecz,

M.P., Mossoba, M.M., Kramer J.K.G., Parizza M.W. and Nelson, J.B., eds) pp 296-306 AOCS Press Champaign. IL.

McLennan OL. 1993. Relative effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on cardiac arrhythmias in rats. *Am J Clin Nutr*. 57: 207-12.

Mensink RP, Katan MB. 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Eng. J. Med.* 323: 439-445.

Mensink RP, Zock PL, Katan MB, Honstra G. 1992. Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoprotein (a) levels in humans. *J. Lipid Res*. 33: 1493-1501.

Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, Folsom AR. 2001. Dietary Fat and Incidence of Type 2 Diabetes in Older Iowa Women. *Diabetes Care*. 24: 1528-35.

Miller CC, Park Y, Pariza MW, Cook ME. 1994. Feeding conjugated linoleic acid to animal partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injection. *Biochem Biophys Res Commun*. 198: 1107-1112.

Mir PS, Mcallister TA, Scott S, Aalhus J, Baron V, McCartney D, Charmley, E, Goonewardene L, Basarah J, Weselake J, Mir Z. (2004) *American Journal Clinical Nutrition* 79 (supl.): 1207s-1211s.

Molkentin J, Precht D. 1996. Isomeric distribution and rapid determination of trans - octadecenoic acids in German brands of partially hydrogenated edible fats. *Nahrung* **40**, 397-304.

Mosley EE, Powell GL, Riley MB, Jenkins TC. 2002. Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *J. Lipid Res.* 43, 290–296.

Mougiou V, Matsakas A, Petridou A, Ring S, Sagredos A, Melissopoulou A, Tsigilis N, et al. 2001. Effect of supplementation with conjugated linoleic acid on human serum lipids and body fat. *J Nutr Biochem.* 12:585-94.

Moya C. Silvia, 2002. “Alimentos funcionales de origen animal: el ácido linoleico conjugado e la carne y de los productos lácteos”. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC, Departamento de Nutrición Humana, División de Nutrición.

Muller H, Jordal O, Seljeflot I, Kierulf P, Kirkhus B, Ledsaak O, Pedersen JI. 1998. Effect on plasma lipids and lipoproteins of replacing partially hydrogenated fish oil with vegetable fat in margarine. *Br. J. Nutr.* 80:243251.

Mulvihill Breda, 2001. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 26, 295- 299.

Nestel PJ, Noakes M, Belling B, Mc Arthur R, Clifton P, Janus E, Abbey M. 1992. Plasma lipoprotein lipid and Lp(a) changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lipid Res.*33: 1029-1036.

Nicolisi RJ, Rogers EJ, Kritchevsky D, Scimeca JA, Huth PJ. 1994. "Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoprotein and early aortic atherosclerosis in rabbits." *Atherosclerosis*, 108: 19- 25.

O'Shea M, Devery R, Lawless F, Murphy J, Stantion C. 2000. Milk fat conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of human mamary MCF-7 cancer cell. *Anticancer Res* 20 3591-3601

O'Keefe S, Wiley V, Wright D. 1993. Effect of temperature on linolenic acid loss and 18:3 *n-3* *cid*, 12 *cis*, 15 *trans* formation in soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **70**, 915-917.

Ochoa JJ, Baró L, Planells E, Mataix J. 1998. Importancia del lugar de elaboración de un producto de bollería de alto consumo sobre su composición grasa. *Ars. Pharmaceutica* **39**, 137-140.

Okamoto T, Matsuzaki H, Maruyama T, Niiya I, Sugano M. 2001. Trans fatty acid contents of margarines and baked confectioneries produced in the United States. *J. Oleo Sci.* **50**, 137-142.

OMS/FAO. 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe Técnico OMS, serie 916.

Oomen CM, Ocké MC, Feskens EJM, van Erp-Baart MJ, Kok FJ, Kromhout D. 2001. Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: a prospective population-based study. *Lancet*, 357: 746-51.

- Ovensen L, Leth T, Hansen K. 1998. Fatty acid composition and contents of trans monounsaturated fatty acids in frying fats, and in margarines and shortenings in Denmark. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 1079-1083.
- Pariza MW, Ha YL, Benjamin H, Sword JT, Grüter A, Chin SF, Storkson J, et al. 1991. Formation and action of anticarcinogenic fatty acids. *Ad Exp Med Biol.* 289:269-72.
- Pariza MW. 1999. The biological activities of conjugated linoleic acid. . *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. Volumen 1* (Yurawecz, M.P., Mossoba, M.M., Kramer J.K.G., Parizza M.W. and Nelson, J.B., eds) pp 12-20 AOCS Press Champaign, IL.
- Parodi PW. 1977. "Conjugated octadecadienoic acids of milk fat." *J. Dairy Sci.* 60:1550-1553.
- Parodi PW. 2003. Conjugated Linoleic Acid in food. *Advances in Conjugated Linoleic Acid food. Volumen 2* J.L. Sébédio W.W. Christie R. Adloff (Eds). AOCS Champaign Illinois pp 101-122.
- Parrish Jr FC, Wiegand BR, Beitz DC, Ahn DU, Du M, Trenkle AH. 2003. Use of dietary CLA to improve composition and quality of animal-derived foods. *Advances in Conjugated Linoleic Acid food. Volumen 2* J.L. Sébédio W.W. Christie R. Adloff (Eds). AOCS Champaign Illinois pp 189-217.
- Petrauskaite V, De Greyt W, Kellens M, Huygebaert A. 1998. Physical and chemical properties of trans free fats produced by chemical interesterification of vegetable oil blends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 489-493.

Pettersen J, Opstvedt J. 1989. Fatty acid composition of the brain and other organs in the newborn piglet. *Lipids*. 24: 616-624.

Pfalzgraf A, Timm M, Steinhart H. 1994. Content of trans fatty acids in food. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*. 33: 24-43.

Pietinen P, Ascherio A, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J. 1997. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am J Epidemiol*, 15; 145(10): 876-87.

Piperova LS, Sampugna J, Teter BB, Kalscheur KF, Yurawecz MP, Ku Y, Morehouse KM, Erdman RA. 2002. Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 132: 1235-1241.

Porter SF, et. al. 2003. Conjugated linoleic acid in tissues from beef cattle fed different lipid supplements. *American Society of Animal Science*, 54.

Precht D, Molkentin J. 1995. Trans fatty acids: Implications for health, analytical methods, incidence in edible fats and intake. *Die Nahrung*. 39: 343-374.

Precht D, Molkentin J. 2000. Recent trends in the fatty acid composition of German sunflower margarines, shortenings and cooking fats with emphasis on individual C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 and C20:1 trans isomers. *Nahrung* **44**, 222-228.

pro-nmx-f-089-scfi-2007. Determinación de ácidos grasos cis-, trans-, saturados, monoinsaturados y poli-insaturados en aceites y grasas de origen vegetal o animal de animales no rumiantes por cromatografía capilar gas líquido.

Pudel F, Denecke P. 1997. Influences on the formation of trans fatty acids during deodorization of rapeseed oil. *OHMI und Ernährungsforschung* **4**, 58-61.

Rahman SM, Wang YM, Yotsumoto H, Cha JY, Han SY, Inoue S and Yanagita T. 2001. Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and β -oxidation of fatty acid in OLETF Rats *Nutr.* **17**: 385-390.

Ratnayake W, Hollywood R, Pelletier R. 1993. Fatty acids in some common food items in Canada. *J. Am. Coll. Nutr.* **12**, 651-660.

Ratnayake W, Pelletier R, Hollywood R, Bacler S, Leyte D. 1998. Trans fatty acids in canadian margarines: recent trends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 1587- 1594.

Risérus U, Berglund L, Vessby B. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) reduced abdominal adipose tissue in obese middle-aged men with signs of the metabolic syndrome: A randomised controlled trial. *Int J Obes.* **25**: 1129-35.

Rodríguez A. 1974. Tipo de vegetación en el municipio de Mina Nuevo León sus características y condiciones ecológicas que se desarrollan. Tesis UANL

Romero A, Cuesta C, Sánchez Muñoz F. 2000. Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutr. Res.* **20**, 599-608.

Rule DC, Busboom JR, Kercher CJ. 1994. Effect of dietary canola on fatty-acid composition of bovine adipose-tissue, muscle, kidney, and liver. *Journal of Animal Science* 72 (10): 2735-2744

Sackmann JR, Duckett SK, Gillis MH, Realini CE, Parks AH, Eggleston RB. 2003. Effects of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J. Anim. Sci.*, 81: 3174-3181.

Salmeron J, Hu FB, Manson JE. 2001. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. *Am J Clin Nutr.* 73:1019-1026.

Sampugna J, et al. 1982. Rapid analysis of trans fatty acids on SP-2340 glass capillary columns. *J Chromastogr*; 249: 245-55.

Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. 2002. "Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans potencialmente beneficioso". *Revista Chilena de Nutrición* 29 (2): Documento Disponible <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci>.

Schmidt EB, Skou HA, Christensen JH, Dyerberg J. 1999. n-3 fatty acids from fish and coronary artery disease: implications for public health. *Public Health Nutrition.* 3(1): 91-8.

Sèbèdio J, Grandgirard A, Septier C, Prevost J. 1987. Etat d'alteration de quelques huiles de friture prelevees en restauration. *Rev. Fr. Corp. Gras* 34, 15-18.

Slover H, Thompson R, Davis C, Merola G. 1985. Lipids in margarines and margarine-like foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62, 775-786.

Sommerfield M. 1983. Trans unsaturated fatty acids in natural products and processed foods. *Lipid Res.* 22: 221-233.

Stanton C, Lawless F, Kjellmer G, Harrington D, Devery R, Connolly JF and Murphy J. 1997. Dietary influences on bovine milk cis-9,trans-11-conjugated linoleic acid content. *J Food Sci.* 62: 1083-6.

Stender S, Dyerberg J, Hølmer G, Ovesen L, Sandström B. 1994. Transfedtsyrers betydning for sundheden. A report from the Danish Nutrition Council. Publ. no. 2. Copenhagen.

Stensvold I, Tverdal A, Urdal P, Graff-Iversen S. 1993. Non-fasting serum triglyceride concentration and mortality from coronary heart disease and any cause in middle aged Norwegian women. *BMJ.* 307: 1318.

Sugano M, Tsujita A, Yamasaki M, Noguchi M, Yamada K. 1998. Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediator and immune globulins in rats. *Lipids.* 33: 521-527.

Sundram K, Anisah I, Hayes KC, Jeyamalar R, Pathmanathan R. 1997. Trans (elaidic) fatty acids adversely impact lipoprotein profiles relative to specific saturated fatty acids in humans. *Br. J. Nutr.*, 68:677-692.

Tarek JJ, Li Y, Schoenlein IA, Alle K and Watkins BA. 1998. Modulation of macrophage cytokine production by conjugated linoleic acid is influenced by dietary n-6:n-3 fatty acid ratio. *J Nutr Biochem.* 9: 258-266.

- Tavella M, Peterson G, Espeche M, Cavallero E, Cipolla L, Perego L, Caballero B. 2000. Trans fatty acids content of a selection of foods in Argentina. *Food Chem.* **69**, 209-213.
- Tekin A, Cizmeci M, Karabacak H, Callan M. 2002. Trans fatty acids and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **79**, 443- 445.
- Thom TJ, Epstein FH. 1994. Heart disease, cancer, and stroke mortality. Trends and their interrelations. An international perspective. *Circulation*, **90**: 574-82.
- Timmen H, Patton S. 1988. "Milk fat globules: fatty acid composition, size and in vivo regulation of fat liquidity". *Lipids*. **23**:685-689.
- Torres D, Casal S, Oliveira MB. 2002. Fatty acid composition of Portuguese spreadable fats with emphasis on trans isomers. *Eur. Food Res. Technol.* **21**, 108-111.
- Triantafyllou D, Zografos V, Katsikas H. 2003. Fatty acid content of margarines in the Greek market (including trans-fatty acids): a contribution to improving consumers' information. *Int.J.Food.Sci.Nutr.* **54**, 135-141.
- Valenzuela A, Morgado N. 1999. Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biol Res*; **32**: 273-287.
- van Dam RM et al. 2001. Dietary fat and meat intake in relation to risk of type 2 diabetes in men. *Diabetes Care*. **25**: 417-24.

van Erp-Baart M A, Cuadrado C, Kafatos A, Stanley J, van Poppel G. 1998. Trans fatty acids in Bakery products from european countries:the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 161-169.

Wagner KH, Auer E, Elmadfa I. 2000. Content of trans fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate spreads in Austria. *Eur. Food Res. Technol.* **210**, 237-241.

Watkins BA, Li Y. 2003. CLA in functional food: enrichment of animal products. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid food. Volumen 2* J.L. Sébédio W.W. Christie R. Adloff (Eds). AOCS Champaign Illinois pp 174-188.

Whitlock LA, Schingoethe DJ, Hippen R, Kalscheur KF, Baer RJ, Ramaswamy N, Kasperson KM. 2002. "Fish oil and extuded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately" *J.Dairy Sci.* 85: 234-242.

Willet WC et al. 1993. Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet*, 341:581-585.

Williams MA, King IB, Sorensen TK, Zingheim RW, Troyer BL, Zebelman AM, Luthy DA. 1998. Risk of Preeclampsia in Relation to Elaidic Acid (Trans Fatty Acid) in Maternal Erythrocytes. *Gynecol Obstet Invest.* 46: 84-7.

Wilson R, Lyall K, Payne JA, Riemersma RA. 2000. Quantitative analysis of long-chain trans-monoenes originating from hydrogenated marine oil. *Lipids* **35**, 681-687.

Wolff L, Precht D, Molquentin J. 1998. Occurrence and distribution profiles of trans 18:1 acids in edible fats of natural origin en Trans fatty acids in human nutrition (Sèbèdio, J.L. y Christie, W.W.) The Oily Press, Dundee, 1-34.

Wolff L. 1994. Contribution of trans 18:1 acids from dairy fat to European diets. J. Am. Oil Chem. Soc. 71, 277- 283.

Wolff L. 1995. Content and distribution of trans-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. J. Am. Oil Chem. Soc. 72: 259-272.

Yurawecz MP, Roach JA, Sehat N, Mossoba MM, Kramer JK, Fristsche J, Steinhart H, Ku K. 1998. A new conjugated linoleic acid isomers, 7 trans, 9 cis-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef and human milk and adipose tissue. Lipids, 33: 803-809.

Zambell KL, Keim NL, Van Loan MD, Gale B, Benito P, Kelley DS, Nelson GJ. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: Effects on body composition and energy expenditure. Lipids, 35(7):777-82.

Zegarska Z, Borejszo Z. 2001. Trans fatty acid content of some food products in Poland. J Food Lipids, 8: 271-9.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Pedro Soto Vázquez

Candidato para el Grado de

Maestro en Ciencias con Acentuación en Alimentos

Tesis: EFECTO DEL TIPO DE ALIMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS TRANS (ELAÍDICO Y TRNSVACCÉNICO) EN CARNE DE BOVINO.

Campo de Estudio: Pecuaria

Datos Personales: Nacido en Monterrey Nuevo León, el 3 de Febrero de 1978, hijo de Pedro Soto Mendoza y Graciela Vázquez Aguilar.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Químico Clínico Biólogo en 2000.

Experiencia Profesional: Empleado en área clínica e industrial.