

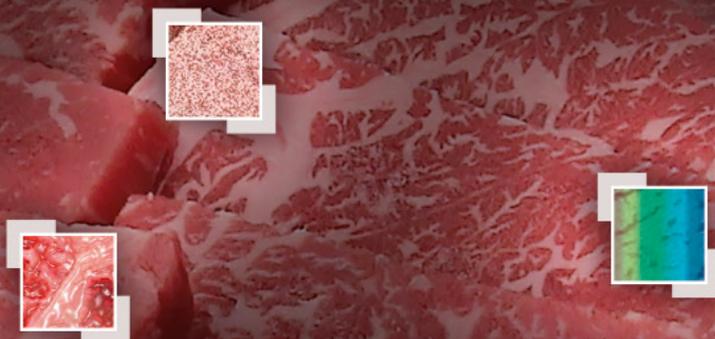


# Herramientas Tecnológicas Aplicadas a Calidad y Diferenciación de Carne



Argentina  
Bolivia  
Brasil

Chile  
Paraguay  
Uruguay





# Herramientas Tecnológicas Aplicadas a Calidad y Diferenciación de Carne

Compilador, Dra. Gabriela Grigioni - Ing. M.Fernanda Paschetta  
Área de Análisis Físicos y Sensoriales, Instituto de Tecnología de Alimentos, INTA



INSIBIO  
  
CONICET  
U N T

  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
URUGUAY

  
Facultad de Ciencias  
*Universidad de la República*



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2012



Herramientas tecnológicas aplicadas a calidad y diferenciación de carne por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

Basada en una obra en [www.iica.int](http://www.iica.int)

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en los sitios Web institucionales en <http://www.iica.int> y [www.procisur.org.uy](http://www.procisur.org.uy)

Coordinación editorial: Gabriela Grigioni, M. Fernanda Paschetta

Corrección de estilo: Rosanna Leggiadro

Diseño de portada: Esteban Grille

Diagramación: Esteban Grille

Impresión: Imprenta Boscana

Herramientas tecnológicas aplicadas a calidad y diferenciación de carne / compilado por Gabriela Grigioni, M. Fernanda Paschetta– Montevideo: IICA, 2012.

96 p.; 18,7 x 26,5 cm.

ISBN13: 978-92-9248-392-0

1. Carne 2. Industria de la carne 3. Calidad de la carne 4. Productos de la carne 5. Valor nutritivo 6. Métodos de mejoramiento I. Grigioni, Gabriela II. Paschetta, M. Fernanda III. IICA IV. Título

AGRIS  
Q04

DEWEY  
664.92

Montevideo, Uruguay - 2012

# Contenido

Presentación .....	5
Introducción .....	7
1. Posibilidades futuras de los sensores en línea para productos cárnicos .....	9
2. Introducción a calidad de carne y res .....	17
3. Terneza un atributo de importancia para el consumidor .....	23
4. Elastografía ultrasónica para evaluación de terneza en carne vacuna .....	29
5. Determinación de las propiedades dieléctricas de la carne y su relación con la dureza organoleptica .....	45
6. Análisis de imagen en calidad de carne. Diseño y desarrollo del software SAE 3C INTA-PROCISUR .....	57
7. La calidad y diferenciación en carne bovina: oportunidades en el mercado global .....	65
8. Factores territoriales, potencialidades y limitantes para la diferenciación de carnes por el origen geográfico. El caso de las carnes vacunas pampeanas argentinas.....	75



**E**l Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur – PROCISUR, creado en 1980 con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo – BID, constituye una iniciativa conjunta de los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria – INIA de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA.

PROCISUR ha priorizado, en su Plan de Mediano Plazo, la cooperación regional en calidad de las cadenas agroalimentarias. En los últimos años, los países del Cono Sur han dado un fuerte impulso al desarrollo de la producción bovina y al mismo tiempo, buscan insertarse con mayor fuerza en el mercado mundial de las carnes. En ese contexto promovió el fortalecimiento competitivo de la cadena de la carne bovina en la región del MERCOSUR ampliado, creando una Plataforma Regional para promover estudios especializados, cursos de capacitación y proyectos de investigación cooperativos estrechamente relacionados con aspectos tecnológicos asociados a los distintos eslabones de esta cadena agroindustrial, a través de un modelo de cooperación que intenta integrar las capacidades de distintas organizaciones públicas y privadas para resolver problemas comunes a los países.

La presente publicación es un ejemplo de esta iniciativa donde se sintetizan los resultados y proyecciones de un proyecto cooperativo sobre “Tecnologías para la clasificación y tipificación de canales y carne bovina”. El trabajo se llevó a cabo con el concurso coordinado de un selecto grupo interdisciplinario de profesionales pertenecientes al Instituto Tecnología de Alimentos, INTA Argentina, que lideraron el proyecto; la Facultad de Agronomía y Ciencias de la Alimentación – Universidad de Morón; Dpto. de Bioingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina; Instituto Superior de Investigaciones Biológicas, INSIBIO - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET Argentina. De Uruguay participaron el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA;

Instituto Nacional de Carnes, INAC; y el Laboratorio de Acústica Ultrasonora, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

Esta red de investigación desarrolló importantes tecnologías innovativas para clasificación y tipificación, medición de terneza y reducción de la inconsistencia en la calidad de carnes bovinas regionales, y que PROCISUR a través de esta publicación la pone a disposición de la industria para promover su uso y escalamiento en el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas que contribuyan a mejorar la competitividad de la industria cárnica en el exigente mercado mundial.

**Emilio Ruz**  
Secretario Ejecutivo  
PROCISUR

**L**a idea de redactar este libro surgió luego de la presentación de los resultados del Proyecto “Tecnologías para la Clasificación y Tipificación de Canales y Carne Bovina para el Mercosur Ampliado”. Dicho proyecto fue producto de una iniciativa de PROCISUR, en el que participaron el Laboratorio de Acústica Ultrasonora del Instituto de Física de la Universidad de la República, Uruguay; el Departamento Cárnico de INIA Tacuarembó, Uruguay; y el Instituto Tecnología de Alimentos del Centro de Agroindustria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

El Proyecto se basó en el desarrollo de tecnologías innovativas y no destructivas para la evaluación en línea de parámetros de calidad de carne relevantes para futuras diferenciaciones objetivas por atributos de calidad. Como resultado del Proyecto surgieron dos prototipos capaces de estimar terneza y un software capaz de estimar parámetros asociados al área de ojo de bife en carne bovina mediante técnicas de análisis de imagen. Estos productos y otros temas relacionados con calidad de carne fueron el puntapié para la redacción de este libro

En el libro participaron 15 autores procedentes de Argentina, Canadá y Uruguay. Se dividió en ocho capítulos los cuales se detallan a continuación: Posibilidades futuras de los sensores en línea para productos cárnicos; Introducción a calidad de carne y res; Terneza un atributo de importancia para el consumidor; Elastografía ultrasónica para evaluación de terneza en carne vacuna; Determinación de las propiedades dieléctricas de la carne y su relación con la dureza organoléptica; Análisis de imagen en calidad de carne, Diseño y desarrollo del software SAE 3C INTA-PROCISUR; La calidad y diferenciación en carne bovina: oportunidades en el mercado global, Factores territoriales, potencialidades y limitantes para la diferenciación de carnes por el origen geográfico: El caso de las carnes vacunas pampeanas argentinas.

El libro brinda al lector información actualizada, enriquecida por los aportes al conocimiento realizado por los distintos autores con una visión que realza la interdisciplinariedad de la temática estudiada.



# Posibilidades futuras de los sensores en línea para productos cárnicos

Howard J. Swatland

Profesor Emérito

Departamento de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de Guelph

Guelph, Ontario N1G 2W1, Canadá

Correo electrónico: [swatland@uoguelph.ca](mailto:swatland@uoguelph.ca)

*Traducción en castellano: Paula Mónica Ceolín*

## Introducción: historia y realidad económica

A fin de considerar las posibilidades futuras de los sensores en línea para los productos cárnicos, es importante tener al menos cierta perspectiva histórica y reconocer la situación económica. La historia sobre el tema se remonta mucho más allá de lo que la mayoría de los investigadores admite, quizá debido al deseo de que su propio trabajo sea considerado completamente nuevo u original. Para conocer bibliografía anterior sobre temas relacionados con la carne, por favor consultar Swatland (1995) y para obtener explicaciones técnicas, Wikipedia. Lamento el hecho de que las opiniones citadas en la presente revisión se basen exclusivamente en mi propia obra, pero he estado muy ocupado en mi laboratorio y me ha sido imposible hacer una búsqueda en literatura especializada.

El concepto básico de las pruebas en línea para productos cárnicos fue desarrollado por primera vez en Inglaterra, en 1935, por Bandfield. En una época en la que los medidores de pH eran instrumentos grandes y delicados no aptos para uso en un matadero, Bandfield adaptó

un aparato portátil de prueba de suelos para medir la conductividad eléctrica en carne de cerdo. Apareció entonces un nuevo problema: la carne de cerdo DFD (oscura, dura y seca) como consecuencia de las demoras en el transporte de los cerdos hacia los nuevos mataderos centrales. El curado de carne de cerdo DFD resultaba difícil con los métodos de curado en seco tradicionales y en la línea, se detectaba carne no apta. Otros científicos (Callow, Ronan, Bate-Smith y col.) investigaron pruebas eléctricas para carne vacuna y el desarrollo del rigor mortis. Sin embargo, recién en la década de 1980, quedó claro un aspecto fundamental a partir de la obra de Swatland. En los sensores para productos cárnicos, no puede utilizarse corriente continua (debido a la electrolisis y la polarización de los electrodos), por lo que debe emplearse una corriente alterna (CA). La CA es sensible a la capacitancia eléctrica de las membranas celulares y a la conductividad de los electrolitos, y la separación de la capacitancia y la resistencia permite resolver por separado los efectos de las membranas y los electrolitos. Este descubrimiento aún no se ha aprovechado en toda su dimensión, ya que la mayoría de los investigadores se conforma con medir la impedancia eléctrica (el efecto global). Otro campo que aún no se ha explotado en el ámbito público es la exploración

a través de distintas gamas de frecuencias de CA. Esto nos plantea una realidad económica.

Todas las investigaciones científicas se llevan a cabo con equipos fabricados en parte o en su totalidad por ingenieros que trabajan para compañías comerciales, y algunos componentes esenciales del equipo son secretos o están protegidos por patentes. Esto no constituye un problema cuando el equipo arroja una medición o identificación que puede cotejarse con unidades científicas, muestras conocidas o cálculos teóricos. Pero la calidad de la carne suele ser una variable caótica (como predecir el clima) y plantea graves problemas a la hora de tomar la muestra (puede variar de un músculo a otro o dentro del mismo músculo). El científico dedicado a la carne pasa a ser un mero verificador empírico del equipo que hoy utiliza paquetes de software estadístico comerciales. Son los ingenieros los que desarrollan los nuevos sensores para los productos cárnicos. Ellos emprenden una investigación confidencial propia para entender lo que están haciendo o trabajan siguiendo el método de prueba y error sin una teoría orientadora o una hipótesis de trabajo —mediante el ingreso de sus datos en un paquete estadístico para validar la señal. El resultado final es el mismo. Nos movemos en un mundo lleno de secretos, como el de las telecomunicaciones o el desarrollo de armas para uso militar. Esto no se parece en nada al mundo abierto de los descubrimientos, la revisión con colegas y las publicaciones sobre el que debería apoyarse la ciencia para avanzar. Por lo tanto, todo lo que podemos intentar aquí es delinear algunas posibilidades de dominio público que podrían desarrollarse para futuros sensores de calidad de la carne.

## Métodos existentes

Hoy, existen muchos métodos para la evaluación de los productos cárnicos en línea. Algunos métodos sirven para predecir el rendimiento de la carne y otros, para predecir su

calidad. Algunos se apoyan en equipos comerciales, mientras que otros, no (Cuadro 1). Los principios se describen en Swatland (1995).

## Mejoramiento de los métodos de aplicación

Muchos métodos de evaluación en línea siguen siendo manejados en parte o en su totalidad por operadores humanos. Los robots en la industria de la carne son complejos y su mantenimiento es caro. El costo de inversión sólo se justifica cuando el costo de la mano de obra es alto y no hay políticas que se opongan al reemplazo del hombre por la máquina. Actualmente, los robots son esenciales en industrias de montaje de productos, como la automotriz, o la de electrodomésticos, ropa y electrónica, pero todos los componentes tienen una forma que la máquina reconoce o una estructura uniforme. El problema en la industria de la carne es que las carcasas tienen diversas formas y medidas y que su masa en movimiento es elástica y difícil de retener o regular para una medición en línea. En caso de sondas invasivas, navegar dentro de la carcasa es difícil a pesar de que se logre dar dirección mediante imágenes del esqueleto por ultrasonido (Swatland y col., 1998). Después de haber eludido los huesos, puede determinarse la ubicación probable de la sonda en diferentes tejidos blandos reduciendo los espectros ópticos de las señales entrantes a una matriz booleana que luego se compara con los valores estándares (Swatland, 1998a).

La variabilidad de la calidad de la carne de un sitio a otro dentro de la carcasa es un problema sin resolver responsable de la mayoría de los errores de los estudios publicados que comparan mediciones en línea a través de una evaluación sensorial (paneles de degustación). Si se evalúa la calidad de la carne de toda la carcasa o de un lateral con una medición en un solo punto, se corre el riesgo de rechazar por error una carcasa con carne de mala calidad sólo en el sitio de exploración o de aceptar por error

**Cuadro 1. Métodos en línea existentes**

Base	Métodos	Predicción
Espesor de la grasa subcutánea y área del corte transversal del músculo	Análisis de las superficies de corte por medio de sondas ópticas con diodos, ultrasonido o video	Rendimiento de la carne. Suponiendo que el contenido óseo es constante (lo que no siempre es cierto), se resta un valor aproximado del contenido de grasa de la masa total para obtener el valor aproximado del contenido de carne.
Acidez, pH	Electrodo de vidrio (electrodo de calomelanos) o electrodo ISFET con chip de silicio	Palidez-oscuridad, exudación de líquidos, terneza
Impedancia eléctrica	2 ó 4 electrodos, conductividad, capacitancia, ángulo de fase	Palidez-oscuridad, exudación de líquidos, terneza
Reflectancia interna del músculo	Espectrofotometría por fibra óptica	Concentración de mioglobina, palidez-oscuridad
Reflectancia interna de la grasa	Espectrofotometría por fibra óptica	Coloración amarilla por caroteno, translucencia de triglicéridos de cadena corta
Tejido conectivo	Sonda de profundidad para fluorescencia UV	Cantidad y distribución del colágeno y la elastina, reticulación del colágeno con piridinolina
Reología	Sondas electromecánicas que usan la compresión o la rotación y deformación elástica detectada por ultrasonido	Dureza
Aspecto de la superficie	Análisis de imágenes por video	Forma de la carcasa (muscularidad), área del ojo del bife y marmoreado, color de la grasa subcutánea
Reflectancia cercana al infrarrojo	Reflectómetros de superficie y de fibra óptica	Contenido de triglicéridos, contenido de colágeno
Emulsificación en procesamiento secundario	Impedancia eléctrica o detección óptica de dispersión	Capacidad de emulsificación o degradación del producto

una carcasa con carne en gran parte de mala calidad, pero de calidad aceptable en el lugar de exploración. Cuando la sonda es manejada por un robot programable, se puede repetir la medición hasta alcanzar un determinado grado de certeza en toda la carcasa, pero esto puede llevar demasiado tiempo o dañar la carcasa para su comercialización. Las carcasas son blandas y húmedas inmediatamente después de la faena, momento en que las mediciones en línea podrían resultar más eficaces para el agrupamiento para diferentes tratamientos. Se puede utilizar una ventosa de succión para conectar la sonda a la carne. Puede obtenerse información óptica útil cuando la carne se deforma en el vacío (Swatland, 1998b).

### Combinación de sondas ópticas, eléctricas y mecánicas

Las sondas eléctricas suelen tener un par de agujas u hojas paralelas que se insertan en los músculos expuestos en la carcasa, mientras que las sondas ópticas suelen tener una sola lanza con fibras ópticas que se abren al costado del eje. Sin embargo, es posible utilizar ambos métodos simultáneamente encerrando las fibras ópticas en electrodos con agujas hipodérmicas paralelas. Si la muestra no queda bien ubicada, la transmitancia directa

de una aguja a la otra es muy baja, debido a que la fibra receptora está en el borde del cono de iluminación producido por la fibra que ilumina. Pero si la muestra está bien ubicada, la transmitancia aumenta considerablemente gracias a la dispersión de la luz dentro de los tejidos (Swatland y Uttaro, 1998). El método es muy sensible a la anisotropía del tejido muscular, en otras palabras, los resultados dependen de cómo se orienten las agujas respecto de las fibras musculares. El músculo esquelético está compuesto de fibras alargadas esencialmente, tubos de electrolitos rodeados de membranas con altas propiedades dieléctricas y reflectantes. Estas funcionan como guías tanto para las corrientes eléctricas como para la luz. Por lo tanto, cuando las fibras musculares se orientan con sus ejes largos en el sentido de las agujas paralelas, la impedancia eléctrica es baja y la transmitancia óptica es elevada. Por el contrario, en el sentido inverso de los ejes de las fibras musculares, la impedancia es alta y la transmitancia es baja (Swatland, 1997).

Esto nos plantea un aspecto técnico importante que se ignora en muchas publicaciones científicas, pero que podría aprovecharse en sondas futuras, en la mayoría de los estudios con sondas ópticas para productos cárnicos, se desconoce la longitud del camino óptico a través del tejido. La carne se compone de fuentes de dispersión microestructurales, en su mayoría miofibrillas de alta refracción más proteínas sarcoplásmicas precipitadas por un pH bajo, mientras el músculo aún conserva la temperatura corporal (Swatland, 2008). Entre estas fuentes de dispersión, hay una concentración variable de mioglobina que depende del tipo de carne o músculo que se mide. Por lo tanto, los dos factores más importantes que determinan las propiedades ópticas de la carne son la dispersión y la concentración de mioglobina. La dispersión constituye un problema cuando se intenta medir la concentración de mioglobina, como en la tipificación de ternera. Pero la concentración de mioglobina constituye un problema cu-

ando intentamos medir la dispersión, como cuando se busca detectar carne de cerdo PSE (pálida, tierna, exudativa) o carcasas de carne vacuna tiernas debido a una glucólisis *post mórtem* temprana. En general, la dispersión se mide mejor cuando el camino óptico a través del tejido es corto, mientras que la concentración de mioglobina se mide mejor cuando el camino óptico es largo.

Cuando se insertan en la carne agujas para mediciones ópticas y eléctricas combinadas, también es posible incorporar transductores de fuerza y distancia para emplear el movimiento conjunto o separado de las agujas en la investigación reológica de la carne. En otras palabras, ahora contamos con señales eléctricas, espectrofotométricas y reológicas. Con diferentes separaciones, se pueden optimizar las señales para dispersión y mioglobina. Antes de penetrar en la carne, cuando ambas agujas se mueven por separado, existe una relación geométrica entre la longitud del camino y la transmitancia entre las agujas que obedece a las leyes fotométricas. Pero dentro de la carne, la situación es mucho más compleja debido a la dispersión (Swatland, 2002). La impedancia eléctrica entre las agujas puede utilizarse para detectar la aparición de exudado de la carne cuando ésta se deforma.

Sin dudas, hay muchos problemas por resolver en el desarrollo futuro de sondas de múltiples señales. Un problema que ya se ha encontrado es el denominado efecto de envoltura (Swatland, 2006). Las sondas de fluorescencia UV pueden resultar útiles cuando la población de carcasas por clasificar es de muchas edades y por ende, con un tejido conjuntivo de variada dureza. Pero si las fibras ópticas para fluorescencia UV se incorporan en una sonda mecánica, los tejidos conectivos tienden a envolver la sonda, lo que da una señal alta continua. Por ello, las correlaciones internas entre resistencia y penetración con fluorescencia UV son pocas y de escaso uso práctico.

## Luz polarizada

Las sondas de luz polarizada tienen un gran futuro. El principal problema técnico, por ahora, es que las fibras ópticas con conservación de la polarización son sobre todo para usar en diodos láser de luz monocromática, lo que exige una alineación precisa, si bien pueden emplearse fibras ópticas comunes. Es posible controlar el camino de la luz a través de la carne desde una sola ventana óptica utilizando polarizadores. Se puede cortar y pegar una delgada película polarizadora sobre la ventana óptica de la sonda para productos cárnicos. Los polarizadores cruzados sobre las ventanas de iluminación y recepción de la sonda obligan a recorrer un camino largo a través del tejido al rechazar la luz reflejada del campo próximo y favorecer la luz despolarizada por dispersión del campo lejano. Se trata de una técnica útil, que nos aporta algo mucho más importante: la detección de la longitud del sarcómero en el volumen de la carne.

Sabemos bien que el sarcómero se compone de bandas anisotrópicas altamente birrefringentes o bandas A y bandas isotrópicas menos birrefringentes o bandas I. La diferencia entre las bandas A y las bandas I es de una magnitud de birrefringencia relativa; ambas son anisotrópicas y birrefringentes desde el punto de vista óptico. La línea Z también es birrefringente. Un problema importante al hacer mediciones con una sonda en el volumen de la carne es que no podemos rotar el polarizador (el analizador) con facilidad contra la superficie de la carne. Por ello, se necesita una lente de índice gradual. Una lente hecha con vidrio común focaliza la luz por refracción. La lente de índice gradual tiene forma cilíndrica y focaliza la luz porque el índice de refracción cambia a través del radio del cilindro. Por lo tanto, la lente de índice gradual proporciona una ventana fija sobre la carne y permite volver a colocar el analizador en el cuerpo de la sonda donde puede rotarse mediante un mo-

tor de velocidad gradual controlado por computadora. Sin embargo, hay un problema que debe resolverse antes de poder aplicar este método en el futuro. La birrefringencia global aumenta a medida que se reduce la longitud del sarcómero, pero sólo hasta un cierto punto. Una vez que los filamentos delgados comienzan a superponerse, y cuando los filamentos gruesos encuentran la línea Z, la disposición ordenada de los filamentos proteicos que producen birrefringencia se interrumpe, por lo que la birrefringencia disminuye cuando los sarcómeros se ven drásticamente acortados. En resumen, se pueden detectar sarcómeros moderadamente acortados, pero en el volumen de la carne, los sarcómeros drásticamente acortados tienen propiedades ópticas similares a los sarcómeros de largo en reposo. Aún se sigue trabajando en esta cuestión, dentro de la cual sobresale el tema del desarrollo de una interferometría de luz polarizada. Esto ha resultado muy útil para resolver algunos problemas clásicos, como la disposición de los colores de interferencia observada en sistemas cristalinos radiales (Swatland, 2009), si bien aún no se ha utilizado para la carne. Haciendo una proyección al futuro, uno imagina un gran número de sensores posibles utilizando el efecto de Kerr o el efecto de Pockels, en especial a grandes longitudes de onda en la región infrarroja del espectro donde la dispersión es mínima.

## Imágenes hiperespectrales y dispersión

A pesar de que algunos autores de hoy sostienen que es nuevo, existe otro método posible con importantes antecedentes y un futuro prometedor. La primera aplicación a productos cárnicos data de la década de 1970 y fue realizada por Gerald Birth, un ingeniero que trabajaba en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Los láser de helio-neón recién comenzaban a comercializarse a un precio razonable. Birth dirigió un haz de láser rojo hacia una costilla

de cerdo y con medios mecánicos pasó un diodo por debajo de la carne para detectar el cono de luz dispersada. Hoy, utilizamos una cámara por encima de la carne para examinar el círculo completo de luz retrodispersada, lo que puede dar una muestra mejor del cono, pero no contiene mucha más información que el transecto<sup>1</sup> lineal de luz transmitida por anterodispersión obtenido por Birth. El siguiente paso, para el cual se usó luz de diferentes longitudes de onda, fue dado por Swatland veinte años después, cuando los láser verdes ya se conseguían con facilidad. Entonces, se utilizó la exploración mecánica para obtener las bandas espectrales de una imagen de la carne; hoy, usamos una cámara. El método es prometedor para su aplicación práctica -utilizar el análisis digital de un cono de luz de dispersión observada sobre una superficie cárnica. Además del hecho de que aún debemos cortar la carcasa para exponer la superficie cárnica, hay otros dos problemas importantes por solucionar, a pesar de que los autores actuales los ignoran.

El primer problema es relativamente simple de entender, pero difícil de abordar. Las fibras musculares tienen propiedades ópticas similares a las fibras ópticas. En otras palabras, pueden conducir la luz a lo largo de su extensión (según el estado de los compartimentos líquidos intra y extracelulares, según lo explicó Swatland en 1994). El objetivo predilecto de los científicos de la carne es el músculo longissimus dorsi -ojo del bife. Pero cuando este músculo se corta en forma transversal, las fibras musculares se cortan en ángulo. Por ello, el cono de dispersión se ve afectado por la orientación de la luz a partir de las fibras musculares.

El segundo problema es menos evidente y más difícil de abordar. Debemos hacernos las siguientes preguntas: ¿Por qué medimos la dispersión? ¿Queremos un indicador de pérdidas de líquido (PSE o DFD)? ¿Queremos un indicador de carne dura? La primera pre-

gunta puede responderse fácilmente: porque el método funciona, como demostró Birth en la década de 1970. Pero la segunda pregunta nos plantea un problema importante. Entre las diversas causas de la dureza en la carne vacuna, hay dos mecanismos detectables por dispersión. En primer lugar, la glucólisis post mórtem rápida puede acelerar el envejecimiento y producir carne tierna -una alta dispersión indica carne tierna. Pero, en segundo lugar, el acortamiento de los sarcómeros puede provocar carne dura -aquí una alta dispersión indica carne dura (Swatland, 2003). Podemos imaginar qué pasará entre los futuros investigadores que ignoren las propiedades ópticas básicas de la carne. Los investigadores que trabajen en carcasas de carne vacuna con pH similar y sarcómeros de varias longitudes hallarán que el cono de luz dispersada es pequeño en la carne tierna, mientras que los investigadores que trabajen en carcasas de carne vacuna con amplitud de pH y sarcómeros de longitudes similares hallarán que el cono de luz dispersada es grande en la carne tierna.

## Conclusión

Hay muchas posibilidades para el desarrollo futuro de sensores de medición de la calidad de la carne. Los métodos de aplicación pueden mejorarse mediante el uso de robots. Los métodos de sonda existentes podrían combinarse para dar una sonda de múltiples señales. Los futuros avances de la optoelectrónica podrían darles nuevas oportunidades a la fluorescencia UV o la luz polarizada. Pero siempre habrá restricciones económicas. ¿Quién pagará? ¿Cómo se aumentará la rentabilidad global? ¿Qué sucederá con la carne que resulte de inferior calidad y cómo se recompensará al productor de carne superior? Las sanciones y recompensas económicas exigen sensores en línea de mucha mayor confiabilidad de los que tenemos hoy en día.

<sup>1</sup> Transecto: corte o línea que una sonda para carne realiza en los tejidos de la canal.

## Referencias

- Swatland, H.J. 1994. *Structure and Development of Meat Animals and Poultry*. Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania.
- Swatland, H.J. 1995. *On-line Evaluation of Meat*. Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania.
- Swatland, H.J. 1997. Post-mortem changes in pork using parallel needles for both light scattering and low-frequency electrical properties. *Food Research International* 30: 293-298.
- Swatland, H.J. 1998a. Recognition of spectra in the automated assessment of pork quality through single optical fibers. *Food Research International* 31: 65-71.
- Swatland, H.J. 1998b. Pork softness assessed subjectively and objectively using vacuum-induced changes in reflectance. *Journal of Muscle Foods* 9: 339-349.
- Swatland, H.J. 2002. Modulation of the optical path through pork using sliding needles. *Food Research International* 35: 347-350.
- Swatland, H.J. 2003. Fibre-optic spectrophotometry of beef relative to sarcomere length. *Archives of Animal Breeding* 42: 31-34.
- Swatland, H.J. 2006. Stratification of connective tissue toughness in beef roasts assessed by simultaneous fluorometry and penetrometry. *Food Research International* 39: 1106-1109.
- Swatland, H.J. 2008. How pH causes paleness or darkness in chicken breast meat. *Meat Science* 80: 396-400.
- Swatland, H.J. 2009. Effect of granule size on the interference colors of starch in polarized light. *Biotechnic & Histochemistry* 84: 329-326.
- Swatland, H.J. and B. Uttaro. 1998. Optoelectrical assessment of pork quality using parallel hypodermic needles. *Archives of Animal Breeding* 41: 379-385.
- Swatland, H.J., B. Uttaro, A.A. Goldenberg and Z. Lu. 1998. Meat quality variation in the robotic sorting of pork loins. *Journal of Animal Science* 76: 2614-2618.



# Introducción a calidad de carne y res

► **Martín Irurueta<sup>1</sup>, Fernando Carduza<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina.

La Argentina, que a fines de los años setenta llegó a ser el primer exportador de carnes vacunas del mundo con casi un millón de toneladas, ha ido perdiendo paulatinamente posiciones en el concierto internacional, como consecuencia de múltiples causas.

Las décadas de los '80 y '90 muestran un estancamiento de las exportaciones en aproximadamente 400.000 toneladas referidas a res con hueso, y paralelamente una caída en el consumo interno de carne que por habitante y por año bajó de casi 100 kilogramos a valores oscilantes entre 55 y 65 kg.

En idéntico lapso, y contrariamente a lo acaecido en otros sectores de la agroindustria alimentaria, pudo comprobarse falta de inversiones y de integración de la cadena de valor de la carne bovina, y ausencia de sistemas consistentes de negociación centrados en la calidad del producto.

Algunos aspectos que se destacan son: la falta de homogeneidad de las calidades ofrecidas; la ausencia de sistemas de clasificación y tipificación confiables que aporten información relevante sobre la calidad del producto; y asimetrías en las equivalencias entre los sistemas locales y aquéllos de los países compradores.

En este marco se producen irregularidades y distorsiones en la comercialización que quitan transparencia al sistema. Por otro lado, los sistemas de pago basados en una eficiente valoración de la calidad de la res y sus cortes, aportan mejoras de las que se benefician todos los eslabones de la cadena de comercialización y, a su vez, traccionan sobre el sistema productivo incentivando la mejora genética y el buen manejo de los rodeos.

El ganado bovino, como productor de carne, posee la característica de presentar una determinada composición corporal con relaciones más o menos fijas entre músculo, grasa, vísceras y hueso. Dicha composición puede cambiar fundamentalmente debido al sexo, edad, biotipo, nutrición, grado de crecimiento y desarrollo, todas esas variables con mayor o menor interdependencia.

En el proceso de comercialización de hacienda bovina para faena, además de los factores económicos que pueden decidir el momento de ser remitida al frigorífico, es importante aquel en que los animales tienen un grado de engorde tal, llamado terminación, que asegura una distribución del tejido graso tanto subcutáneo como inter e intramuscular. En la práctica, se observa el desarrollo de las masas musculares y la deposición de grasa de cobertura junto con

el desarrollo de ciertas partes de la anatomía del animal que son indicadores del grado de terminación. No obstante, es sabida la interdependencia de las variables enumeradas y hay una de ellas a la que se le da gran importancia por las diferencias que entraña: el biotipo. Sin embargo, la conformación y terminación son medidas que pasan de ser subjetivas, apreciables visualmente por el “ojo experto” con el animal en pie, a ser objetivas y claramente establecidas una vez faenado el animal y transportado al palco de clasificación. Es allí donde obtiene una categoría de tipificación, el peso de la res “en caliente”, elemento muy importante que permite calcular el rendimiento en carne con hueso para su posterior comercialización versus el peso del animal vivo ingresados en los corrales, previo a la faena.

La tipificación es un método de control de calidad del animal ya sacrificado, luego de concluida la faena, o sea cuando la media res cuelga del gancho. El método de evaluación y clasificación es visual, dado que depende del personal técnico que lo realiza, por lo que es considerada una metodología subjetiva. Las reses se agrupan por categorías determinadas a partir de características comunes que influyen en su cotización y en la especificación de su destino industrial o de mercado.

Como se expresó anteriormente, el valor definitivo de rendimiento y tipificación se obtienen una vez faenado el animal, mientras que los elementos o variables que influyen en los mismos son apreciados tan solo visualmente en los corrales y con toda la intención de inferir en el resultado que se obtendrá de dicha faena.

Conocer mejor la relación que tienen estas apreciaciones visuales con el resultado posterior es de suma importancia para los agentes intervinientes en el proceso productivo y comercial de hacienda para consumo.

Numerosas investigaciones han revelado diferencias significativas tanto en el rendimiento al gancho como en la composición corporal que son atribuibles, entre otras razones, al biotipo del animal.

## El sistema de clasificación y tipificación de la Argentina

Las motivaciones del cambio del sistema anterior que databa del año 1963 fueron “los nuevos conocimientos sobre producción y clasificación de ganados y carnes, vinculados a la evolución y mejoramiento de los biotipos carniceros, dentro de las metas de la obtención de reses con la mayor cantidad de carne de calidad y adecuado tenor graso”.

El mismo “cuenta con una precisa catalogación en el ordenamiento de las reses, a efectos de posibilitar que la demanda pueda solicitar los tipos de carne que más respondan a los gustos y conveniencias del consumidor”.

Y por último, tendría un “valor orientativo al productor” y permitiría “que las empresas frigoríficas puedan llegar a prescindir de sus propias y diferentes clasificaciones comerciales que oportunamente debieron crear para suplir deficiencias del anterior sistema y de tal modo, contar con una catalogación totalmente uniforme y característica para la venta de las carnes argentinas”.

En la Argentina la tipificación es realizada por agentes oficiales idóneos que asignan a las reses el patrón estándar establecido para cada una según las normas de la ex Junta Nacional de Carnes. Las últimas modificaciones realizadas sobre el sistema de clasificación y tipificación de las carnes vacunas se implementaron en 1973. Ese sistema, hoy vigente en la Argentina, se basa en la descripción de algunas características que incluyen la categoría de los animales, la conformación, el peso y el contenido de grasa externa, pero deja de lado la evaluación de la calidad de los cortes. Este método de evaluación y clasificación es visual y subjetivo. Las medias reses se agrupan por sexo, peso y edad y a su vez, cada categoría se subdivide de acuerdo a la conformación (desarrollo muscular) y a la terminación (cobertura de grasa). Las características inherentes a cada categoría se aprecian mejor en la res que en el animal vivo.

## Sexo

Influye en el crecimiento del animal, en el rendimiento y composición de la res y en la calidad de la carne, en tanto cada uno de estos factores se relaciona con la secreción o no de hormonas sexuales. La identificación del sexo de las reses se realiza mediante un sello: T ternero, ternera; VQ vaquillona; VA vaca; TO toro; NT novillito. Los novillos se identifican con alguna de las letras de la palabra JUNTA, según su tipificación.

## Edad

Expresa estados de crecimiento y desarrollo relacionados con la composición de regiones corporales y la calidad de la res y de la carne. Habitualmente no se estampa con sellos en la res, pero está implícitamente considerada en las discriminaciones por sexo. Los métodos clásicos para determinar la edad son el boqueo y observación de los dientes y la determinación del grado de osificación o madurez ósea, que se aprecia fácilmente sobre las medias reses. Se distingue así entre animales jóvenes, adultos y viejos.

## Peso

Se relaciona e integra con el sexo y la edad. Se registra en playa de faena sobre balanza aérea y se estampa con sello en la media res. En machos castrados, cada una de las medias reses, con un peso mayor de 118 kg se consideran novillos; entre 118 y 95 kg, novillitos y entre 75 y 55 kg, terneros. Estas escalas se toman como referencia y ocasionalmente se ajustan tomando en cuenta la edad evidenciada en la osificación. Cuando se tiene en cuenta la edad en detrimento del peso, es posible tipificar vacas como vaquillonas. Inversamente, cuando se tiene en cuenta el peso en detrimento de la edad, es posible tipificar vaquillonas como vacas.

Establecidos el peso y la categoría, el técnico observa la media res con detenimiento, a distancia, obteniendo una impresión general,

evaluando la armonía de las formas y el equilibrio de las proporciones entre las regiones corporales. Entonces comienza la determinación de la conformación y de la terminación.

## Conformación

Hacia el final del proceso de tipificación la res queda sellada con un doble código de letras y números. Las letras se refieren a la conformación. En novillos los tipos se corresponden, de mejor a peor, con las siguientes letras: JJ, J, U, U2, N, T y A. El equivalente en los no novillos es AA, A, B, C, D, E y F. Los números se refieren a la terminación y se ordenan del 0 al 4 de acuerdo al grado de gordura. El grado 0 es rechazado para consumo, los grados 1 y 2 son los comercialmente ideales y los grados 3 y 4 son pasados de gordura, lo que hace que la res se desvalore tanto para el consumo como para la exportación tradicional y la manufactura. Para establecer la conformación es necesario guiarse por las formas, perfiles y relieves que se pueden ver directamente y que revelan el desarrollo de las masas musculares subyacentes. Es preciso luego relacionar las formas observadas con la estructura ósea y discriminar la participación de la grasa en la determinación de dichas formas. Los términos que se utilizan para describir el tipo de conformación son: musculoso, carnudo, profundo, redondeado, convexo, recto, cóncavo, falto, escaso, abundante, etc.

## Terminación

El grado de terminación es fácil de establecer en la res. La grasa externa se distribuye como si fuera una montura o recado, comenzando en la región de la cruz o paleta y extendiéndose hacia abajo (pecho, asado), extremidades anteriores (cogote, brazuelo) y posteriores (cuadril, pierna y garrón). Como la res está cortada por el medio longitudinalmente, es posible observar el desarrollo de la grasa acumulada en la falda o grano de pecho, su espesor en la línea dorsal, su presencia entre las vértebras (choreadura de vela), en la entrepierna o periné, en la base de la cola o rabo y es posible observar también los restos de grasa pélvica, ri-

ñonada y capadura. Para establecer los grados de terminación hay que determinar el espesor de la grasa en una escala que va de 0 a 4. Los términos que se utilizan para describir estos grados son nada (0), escasa (1), moderada (2), abundante (3), excedida (4). El espesor de la grasa de cobertura a la altura del ojo del bife comercialmente aceptada está entre 5 y 10 mm, considerándose un novillo bien terminado entre 8 y 10 mm. El exceso de grasa debe ser eliminado en el frigorífico, en la carnicería o en el plato del consumidor, por lo cual se castiga esta res.

En el animal terminado, sobre la superficie de corte de un músculo y entre sus fibras se observan depósitos de grasa intramuscular (veteados o marmoleados) distribuidos en diferente extensión, cantidad y formas. Los componentes de este tipo de grasa influyen en el sabor y en el aroma y contribuyen indirectamente a favorecer la terneza y la jugosidad.

Se considera importante la distribución pareja de la grasa; la concentración desigual puede indicar alteraciones nutricionales, como por ejemplo, falta de fibra en el alimento de animales jóvenes engordados en *feed lot*.

## Rendimiento carnicero

Para determinar esta característica se requiere conocer la composición corporal, que es la cantidad, proporción y distribución de los tejidos principales: músculo, grasa y hueso.

El objetivo final de los sistemas de clasificación y tipificación de ganado bovino consiste en anticipar y satisfacer las exigencias de los mercados (doméstico y de exportación) tanto en calidad como en cantidad y uniformidad; además de generar información para incrementar el valor agregado del producto final y la eficiencia del sistema como un todo, permitiendo retroalimentar los diferentes eslabones de la cadena.

Estos sistemas deben ser dinámicos considerando, entre otros, la evolución de las exigencias de la demanda, tanto externa como in-

terna, la composición del rodeo nacional y las estadísticas de faena en cuanto a las categorías de animales, peso, terminación y edad de los mismos. Las experiencias a nivel internacional confirman este proceso, donde las modificaciones que se introducen en estos sistemas resultan de cambios en la alimentación, preferencias de los consumidores y en los sistemas de producción, de la introducción de nuevas tecnologías, de incrementos de la demanda de carne de mejor calidad o bien de variaciones en los hábitos de consumo.

Sin embargo, en nuestro país se producen irregularidades y distorsiones en la comercialización que quitan transparencia al sistema. Por otro lado, los sistemas de pago basados en una eficiente valoración de la calidad de la res y sus cortes, aportarían mejoras de las que se beneficiarían todos los eslabones de la cadena de comercialización y a su vez, traccionarían sobre el sistema productivo, incentivando la mejora genética y el buen manejo de los rodeos.

Históricamente la producción primaria marchó detrás de las exigencias del sector industrial. Sin embargo, hoy en día se enfrenta al desafío de satisfacer principalmente las exigencias de los consumidores, quienes demandan calidades específicas y consistencia en las mismas, hallándose dispuestos a pagar un mayor precio, por ejemplo, por cortes con terneza asegurada.

En ese contexto y en el marco de la Comisión Evaluadora del Sistema Oficial de Tipificación de Reses Bovinas (Res. SAGPyA N° 1.382 del 29 de diciembre de 2004) se ha trabajado en la modificación del actual sistema, habiéndose propuesto una serie de variantes que contemplaban la incorporación de mediciones o estimaciones de los atributos de calidad con el objetivo de segregar productos en diferentes clases basándose en la calidad (apariencia, terneza, jugosidad y sabor), sumado al rendimiento esperado de los cortes comerciales de la res.

Las incorporaciones más importantes al nuevo sistema de tipificación son las referidas a la edad y al genotipo de los animales (si pertene-

cen a razas británicas, cruzas o índicas). Estos son los factores que mayor impacto tienen sobre la calidad.

La nueva propuesta también debería tener en cuenta la presencia de contusiones y la coloración de la grasa, en una escala que va desde la ausencia total hasta su exceso. Además, se debería agregar el concepto de maduración, que permite incrementar la terneza de ciertos cortes de interés comercial. En este sentido, el sistema permitiría identificar los que han sido madurados en un lapso mayor a los 14 días desde el momento de su faena.

La iniciativa debería contemplar, asimismo, que la tipificación esté en manos de certificadoras independientes del frigorífico donde se realice la faena y procesado. Tanto la autorización para operar como la fiscalización posterior de aquéllas, deberían estar a cargo de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA). Las reses serían rotuladas de acuerdo a la edad, fenotipo, grado de terminación y peso. En el caso de los cortes, se agregaría la influencia de la maduración. Todos estos parámetros figurarían en una etiqueta.



# Terneza, un atributo de importancia para el consumidor

Fernanda Paschetta<sup>1-2</sup>, Adriana Pazos<sup>2-3</sup> y Gabriela Grigioni<sup>2-3-4</sup>

1 Comisión de Investigación Científicas, Buenos Aires, Argentina.

2 Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón, Buenos Aires, Argentina.

3 Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina.

4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

En los últimos años ha cobrado importancia el protagonismo de los consumidores en la cadena de valor de diferentes alimentos. La necesidad de una mayor participación de los consumidores en el proceso de desarrollo de un producto ha sido reconocida en la literatura especializada (Von Hippel, 1977, 1978). Stewart-Knox y col. (2003) hacen referencia al incremento de evidencias que posicionan al consumidor al inicio de la cadena de valor. Por otro lado, Vicuña Ancín (2001) describe los cambios que se han producido en la cadena de valor en los últimos años, haciendo especial énfasis en su principal objetivo que es otorgar al consumidor el valor que requiera, para satisfacer las necesidades de consumo alimentario. Por lo tanto, constituye un desafío para los distintos actores de la cadena reconocer este paradigma para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Admitiendo que el consumidor es uno de los principales actores dentro del sistema global de producción y comercialización de carnes, resulta imprescindible tener perfectamente caracterizados los parámetros o atributos que determinan su preferencia (Teira y col., 2006). A pesar de que las necesidades, preferencias y hasta la información que disponen los consumidores son sumamente variables, de acuerdo

con Miller (2003), tales características podrían ser ordenadas de la siguiente manera: apariencia visual (color de la carne y de la grasa subcutánea, consistencia, textura, cantidad de grasa intermuscular, veteado y exudado), calidad comestible<sup>2</sup> (Teira y col., 2006) y otros factores como precio, tamaño de la porción, facilidad y forma de preparación, envasado e información sobre el valor nutritivo, podrían influir en la decisión de compra.

El consumidor considera que la terneza de la carne es una de las propiedades más importantes de la calidad sensorial (Sorheim y col., 2002; Ouali y col., 2006). Se trata de un atributo muy complejo, en el cual intervienen diversos factores como contenido y tipo de fibra en el músculo; cantidad, tipo y disposición del tejido conectivo; condiciones de faena; estrés animal; así como la forma de preparación del producto antes de ser consumido. La sensación de terneza se debe en primer lugar a la facilidad con que los dientes penetran en la carne, en segundo término a la facilidad con que la carne se divide en fragmentos y en tercer lugar a la cantidad de residuo que queda después de la masticación (Weir, 1960). De acuerdo a la Norma ISO 5492 (Sensory Analysis Vocabulary), el término “tierno” describe un

2 Calidad comestible: terneza, aroma, sabor, jugosidad

producto que se mastica con facilidad y que presenta poca resistencia a la masticación.

Considerando la creciente demanda por parte de los consumidores de poder disponer de cortes de carne bovina con una terneza garantizada, existe un interés muy grande por parte del sector industrial de desarrollar métodos instrumentales que satisfagan esta demanda (Caine y col., 2003).

Actualmente se encuentran en desarrollo metodologías instrumentales no destructivas, capaces de estimar terneza en línea de producción y características de calidad de carne, de manera reproducible y confiable.

### Causas de la variación de la terneza

Diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos, contribuyen al valor final de la terneza de la carne. Entre los mismos se pueden citar: genética, sexo, edad, tipo de alimentación, condiciones ambientales, manejo prefaena, faena y dressing<sup>3</sup>, estimulación eléctrica de la res, velocidad de enfriamiento, maduración en cámara, método y temperatura de cocción. Si las causas de la variación en la terneza fueran identificadas, entonces sería más fácil trabajar sobre ellas (Koohmaraie y col., 2000).

Wheeler (1996) sugiere que el conocimiento y el control de la genética de los animales podrían resolver el problema de la terneza. Por otro lado, diversos estudios indican que los factores ambientales contribuyen en forma similar a la variación de la terneza.

Dentro de una misma raza, la genética controla sólo el 30% de la variación, mientras que el 70% restante se explica por factores ambientales (Teira, 2004).

3 Según Bavera (2006) consiste en la extracción de colgajos, médula raquídea, excesos de grasa y eliminación de los depósitos de grasa pélvica, riñonada y capadura

Entre razas la variación es igual o menor que la variación dentro de una misma raza, sin embargo, entre el ganado de todas las razas aproximadamente el 46% de la variación de la terneza es de origen genético y el 54% ambiental (Koohmaraie y col., 2000).

Es importante destacar que, aún controlando los factores previamente mencionados se encuentra carne dura, por lo tanto, es indudable que se deberá controlar la terneza de la carne para poder garantizar la satisfacción del consumidor. Adicionalmente en este contexto se deberán desarrollar tecnologías para identificar otros factores (Koohmaraie y col., 2000) y modificarlos si fuera necesario.

### Transformación de músculo en carne

La conversión de músculo en carne es un proceso complejo en el cual todos los mecanismos responsables del desarrollo de la calidad de carne resultan ser interdependientes.

Luego del sacrificio del animal, la carne sufre varios procesos bioquímicos, que afectan distintas características de la misma.

Cuando cesa el suministro de oxígeno, cesa la fosforilación oxidativa y con ello el aporte de ATP aeróbico. La ruta metabólica se dirige hacia la glucólisis anaeróbica, acumulando piruvato, seguido de la producción de ácido láctico a partir de glucógeno.

La producción de ácido láctico provoca la caída del pH del músculo desde valores de 7 - 7,7 hasta valores de 5,4 - 5,8, aproximadamente para músculo bovino (Lawry, 1967). En condiciones óptimas<sup>4</sup> de faena la conversión de glucógeno en ácido láctico alcanza un valor de pH capaz de inactivar las enzimas responsables del metabolismo y a este valor se lo identifica como pH final.

4 Se refiere a condiciones que incluyan prácticas de bienestar animal y buenas prácticas higiénico sanitarias.

A medida que desciende el pH y se agotan las reservas de ATP<sup>5</sup>, se instaura el proceso de *rigor mortis*, en donde el músculo se hace inextensible debido a la formación irreversible del complejo actomiosina<sup>6</sup>. Por otro lado, el descenso del pH provoca también que las proteínas alcancen su punto isoeléctrico<sup>7</sup> y por consiguiente se induce la disminución de la capacidad de retención de agua del músculo (Lawry, 1967).

La estructura microscópica de una fibra muscular<sup>8</sup>, diferencia componentes intracelulares llamados miofibrilla<sup>9</sup> las cuales están formadas por unidades estructurales repetidas llamadas sarcómeros<sup>10</sup>. La intensidad<sup>11</sup> con que se retrae el sarcómero durante el proceso de *rigor mortis*, responde a la disposición que adquieren las proteínas miofibrilares dentro del sarcómero. El grado de contracción muscular puede ser medido por la elongación del sarcómero, siendo, el acortamiento del mismo un indicador de reducción de terneza (Sorheim y col., 2002).

El período en el que se desarrolla el *rigor mortis* en bovinos tiene una duración aproximada entre 24 a 72 horas, variando en función de la velocidad de enfriamiento aplicada en cada establecimiento frigorífico y de factores tales como raza, alimentación, manejo prefaena y faena, entre otros. La temperatura de la fibra muscular al iniciarse el *rigor mortis* influye decisivamente sobre el grado de acortamiento del sarcómero en relación a su longitud pre-rigor. A pesar de algunas divergencias en los resultados (Hertzman y col., 1993; Olsson y col., 1994; Devine y col., 1999) hay concordancia en que temperaturas de rigor por debajo de 10°C y por encima de 20°C resultan en un

incremento substancial de la dureza. Ambas condiciones, *cold shortening* y *heat shortening*, están claramente gobernadas por la velocidad a la cual ocurre la glucólisis y el posterior proceso de enfriamiento muscular (Ferguson y col., 2001).

En resumen, durante la instauración del *rigor mortis*, el músculo alcanza su máxima rigidez, junto con pérdida de agua, aumento de la acidez, resultando una carne poco digerible. Posteriormente, el *rigor mortis* se resuelve durante el proceso de maduración. La maduración de la carne es una combinación de transformaciones que se originan en el músculo de un animal de abasto, posterior al sacrificio y faenado, proporcionándole a la carne propiedades de color, terneza, desarrollo del aroma y cambios de textura.

Uno de los procesos de mayor relevancia que ocurren durante la maduración es la fragmentación de las fibras musculares (Xiong y col., 2007), debido a la degradación de proteínas del sarcómero que conducen al aumento de la terneza de la carne. Al proceso de degradación proteica se lo conoce con el nombre de proteólisis.

En el músculo esquelético se encuentran numerosos sistemas proteolíticos (calpains, catepsinas, proteosomas, caspasas, metalopeptidasas, serin-peptidasas) sin embargo el conocimiento actual indica que el sistema endógeno de las calpains junto a su inhibidor específico, calpastatina, es el principal responsable de la tiernización post mortem (Teira y col., 2006). El sistema calpainico está formado principalmente por 3 enzimas<sup>12</sup>: Calpaina 1 ( $\mu$ -calpaina), Calpaina 2 (m-calpaina) y Calpaina 3 (p94) (Kemp y col., 2010). Estas enzimas, cuya actividad es dependiente de la concentración de Calcio intracelular (Goll y col., 2003) actúan degradando diversas proteínas miofibrilares (desmina, vinculina, titina, nebulina, distrofina.), las cuales son responsables de la integridad estructural del sarcómero. La degradación de las mismas produce un

5 Adenosina Trifosfato: Compuesto de energía indispensable, entre otras funciones, para la disociación del complejo actomiosina y la consecuente relajación muscular

6 Complejo proteico formado durante la contracción muscular

7 Valor de pH al cual una proteína tiene carga neta 0

8 Célula del tejido muscular

9 Componentes de la fibra muscular

10 Unidad funcional y estructural de la miofibrilla.

11 Grado de desplazamiento de la actina sobre la miosina

12 Proteínas con actividad biológica de degradación proteica

debilitamiento de la red miofibrilar, contribuyendo a la tiernización de la carne (Ferguson y col., 2001). La degradación proteolítica de la estructura miofibrilar causa una fragmentación de los sarcómeros, especialmente a nivel de las proteínas del disco Z y no sobre el complejo actomiosina producido durante el *rigor mortis* (Taylor, 2003). Estudios recientes sugieren que la Calpaina 1 es la componente que desarrolla el rol de mayor significancia en la proteólisis post mortem y la tiernización de la carne (Kemp y col, 2010).

La extensión o profundidad de la proteólisis post mortem es otro factor principal en relación a la terneza. Se ha comprobado que el proceso que genera la tiernización de la carne es altamente variable. Una adecuada terneza puede ser alcanzada en pocas horas en pechugas de pollos y de pavo, pero el mismo proceso podría requerir hasta 4-6 días en porcinos y ovinos y hasta 10-15 días en músculos bovinos. Esta variabilidad se observa también dentro de una misma especie o entre los diferentes músculo de un mismo animal. Una posible razón de esta variabilidad podría ser la diferencia en el contenido enzimático o, más probablemente, la relación enzima/inhibidor (Ouali y col., 2002). Profundizando en el tema, Kemp y col. (2010) hablan de ciertos factores que están involucrados en la expresión del gen de calpastatina en bovinos. La variabilidad de la actividad transcripcional del gen promotor de la calpastatina entre especies y, las diferentes respuestas ante probables estímulos (por ejemplo estrés prefaena) son en parte responsables de la variación de la expresión de la calpastatina entre especies, razas e individuos, que consecuentemente contribuyen en la variación de la terneza de la carne.

Por otro lado, cabe mencionar que no solo las proteínas miofibrilares y su degradación son responsables de la terneza de la carne, sino que las proteínas del tejido conectivo también contribuyen, aunque en menor proporción, al valor de terneza final de la carne. Durante el proceso de maduración ocurre desnaturalización del tejido conectivo intramuscular, y este

proceso es llevado a cabo por metaloproteinasas de matriz extracelular<sup>13</sup>, como por ejemplo, colagenasas y gelatinasas.

En resumen, durante la maduración de la carne tiene lugar principalmente la degradación de proteínas miofibrilares, la acción de sistemas enzimáticos y la desnaturalización de tejido conectivo intramuscular. Por otro lado, la magnitud de la proteólisis post-mortem es el mayor responsable de la variación de la terneza de la carne.

Por lo antes citado, es importante destacar que la aplicación del proceso de maduración es una práctica a tener en cuenta a la hora de satisfacer los requerimientos del consumidor en cuanto a valores de terneza esperados por los diferentes mercados.

---

13 Grupo de proteínas capaces de degradar proteínas como el colágeno

## Referencias

- Bavera, G. (2006) Definición de carne, res, faena, rinde y dressing. Curso de Producción Bovina de Carne, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. En: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Caine, W., Aalhus, J., Best, D., Dugan, M., Jeremiah, L. (2003). Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat Science* 64, 333-339.
- Devine, N., Magnus, W., Tornberg, E. (1999). Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderisation of restrained and unrestrained beef m. longissimus thoracicus et lumborum. *Meat Science*, 51, 61-72.
- Ferguson, D., Bruce, H., Thompson, J., Egan, A., Perry, D., Shorthose, W. (2001). Factors affecting beef palatability — farmgate to chilled carcass. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 879-891
- Hertzman, C., Olsson, U., Tornberg, E. (1993). The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Science*, 35:119-141.
- Kemp, C., Sensky, P., Bardsley, R., Buttery, P., Parr, T. (2010). Tenderness—An enzymatic view. *Meat Science* 84, 248-256.
- Koohmaraie, M. & Geesink, G. (2006). Contribution of post mortem muscle biochemistry to delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science* 74, 34-43.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S., Wheeler, T. (2000). Las bases biológicas de la ternera de la carne. *Rev. Soc. Rural de Jesús María*, 118. Meat Animal Research Center, Clay Center, NE, EEUU. En: Sitio Argentino de Producción Animal
- Lawry, R. (1967). *Ciencia de la carne*. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, España.
- Miller, R. (2003). Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. *Brazilian Journal of Food Technology* 6, 67-80, special issue.
- Olsson, U., Hertzman, C., Tornberg, E. (1994). The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness in beef muscle. *Meat Science* 37, 115-131.
- Ouali, A., Sentandreu, M., Coulis, G. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology* 13, 398-419
- Ouali, A., Herrera-Mendez, C., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., Sentandreu, M. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science* 74 (2006) 44-58
- Sorheim, O., Hildrum, K. (2002). Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology* 13, 127-135
- Stewart-knox, B. Mitchell, P. (2003): What separates the winners from the losers in new food product development? *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 14, 58-64.
- Taylor, R. (2003). Meat tenderness: theory and practice. *Brazilian Journal of Food Technology*, special issue, 56-66.
- Teira, G. (2004). Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la ternera. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 28, Año XV, 215-244.
- Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 33, Año XVI, 173-193
- Vicuña Ancin (2001). La distribución comercial: opciones estratégicas. Ed. ESIC, Segunda edición - 495 páginas. Madrid, España.
- Von Hippel, E. (1977). Has a customer already developed your next product?. *Sloan Management Review*, Winter, 63-74.
- Von Hippel, E. (1978). Successful industrial products from customer ideas. *Journal of Marketing*, January, 39-49.
- Weir, C. (1960). *The science of meat and meat products*. Ed. Amer. Meat Inst. Found. Pag. 212, Reinhold publishing Co., New York.
- Wheeler, T., Cundiff, L., Koch, R., Crouse, J. (1996). Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. *J Anim Sci.* 74, 1023-1035.
- Xiong, Y., Mullins, O., Stika, J., Chen, J., Blanchard, S., Moody, W. (2007). Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscle from mature cows of various ages. *Meat Science* 77, 105-113



# Elastografía ultrasónica para evaluación de ternera en carne vacuna

Nicolás Benech<sup>1</sup>, Carlos A. Negreira<sup>1</sup>, Gustavo Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Acústica Ultrasonora-Instituto de Física, Universidad de la República- Uruguay

<sup>2</sup> Departamento Cárnico-Tacuarembó Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Uruguay

## Introducción

Predecir y entender el comportamiento de los materiales cuando están sujetos a fuerzas mecánicas es la base para muchas prácticas en la ciencia de los materiales. En los inicios de estas investigaciones, la práctica común era aplicar tensiones al sistema hasta que este fallara. Luego se estudiaban los mecanismos de la ruptura para entender el comportamiento del material previo a la misma. A medida que avanzaron las investigaciones, fue posible estudiar materiales más complejos mediante técnicas no destructivas, por ejemplo difracción por rayos-X, técnicas ópticas, resonancia magnética o el comportamiento acústico entre otras. En particular el uso del ultrasonido se ha extendido a lo largo de los años como técnica no destructiva en el ensayo de materiales.

La incorporación del ultrasonido en medicina significó una gran herramienta de diagnóstico con ventajas sumamente importantes respecto a otras técnicas. Entre ellas se destacan su carácter no invasivo y que los bioefectos de la radiación ultrasonora son relativamente menores, comparados por ejemplo con las radiaciones ionizantes. A partir de entonces, los tejidos biológicos han

adquirido importancia como material de estudio de la física. Las áreas de interés se centran en el estudio del scattering, espaciado medio de difusores, absorción de ondas ultrasonoras y últimamente han tomado relevancia las propiedades mecánicas de los tejidos como sólidos.

La propagación de ondas en los tejidos denominados blandos, a frecuencias ultrasonoras típicas usadas en diagnóstico (entre 2MHz y 10 MHz), es muy similar a la registrada en fluidos. Es decir el modo de propagación preferente es el de una onda longitudinal (o de compresión). Esta característica, debida al alto porcentaje de agua en la composición de los tejidos, no permite relevar más que una parte del comportamiento mecánico de los tejidos, a saber, su compresibilidad. Este parámetro no es perceptible por nuestros sentidos. En efecto, es difícil distinguir al tacto la plata del aluminio pero el ultrasonido se propaga a velocidades bien diferentes en estos materiales (3650 m/s y 6420 m/s respectivamente). Por el contrario, el tejido muscular y el agua son perfectamente distinguibles al tacto, pero la velocidad del ultrasonido es prácticamente idéntica en ambos medios (1540 m/s y 1500 m/s respectivamente). Nuestro sentido del tacto permite evaluar el módulo de Young:

$$E = \mu \frac{3\lambda + 2\mu}{\lambda + \mu}$$

del material (Catheline, 1998). En esta expresión  $\lambda$  y  $\mu$  son los parámetros elásticos de Lamé que representan la elasticidad de compresión y la elasticidad de corte respectivamente. En el caso extremo en que  $\lambda \gg \mu$  como sucede en tejidos (Sarvazyan y col., 1998), la expresión para el módulo de Young se puede aproximar por:

$$E \cong 3\mu \quad (1)$$

Es común la denominación de sólidos blandos a los materiales que cumplen esta aproximación. Por lo tanto la sensación de “dureza” en sólidos blandos está controlada por el módulo elástico de corte. Este parámetro es prácticamente nulo en el agua pero no en el tejido, allí radica la diferencia al tacto.

La información sobre el módulo de corte es inaccesible en el modo pulso-eco. La razón es que las ondas de corte se atenúan muy rápidamente en sólidos blandos a frecuencias ultrasonoras y la propagación está dominada por las ondas de compresión. Por otro lado, las ondas de corte dominan la propagación a frecuencias audibles ( $\sim 20 - 1000$  Hz) (Benech y col., 2005). A este rango de frecuencias lo denominaremos baja frecuencia (BF) para no confundir con las frecuencias ultrasonoras (1 - 10 MHz). Por lo tanto, el estudio no invasivo sobre propiedades mecánicas en sólidos blandos está basada en la propagación de ondas de baja frecuencia en los mismos. En elastografía el ultrasonido se utiliza como medio para investigar las características de la propagación de la onda BF como se describe a continuación.

## Montaje experimental

El montaje experimental en elastografía ultrasonora se compone de dos partes principales, un vibrador mecánico con un pistón acoplado que se utiliza para generar las ondas BF en el medio, y el sistema ultrasonoro de emisión-recepción. Dicha configuración se muestra

esquemáticamente en la figura 1. El vibrador mecánico es alimentado mediante un generador de funciones que emite un ciclo de sinusoides cuya frecuencia es elegida por el usuario. Existe una banda óptima de frecuencia a ser utilizada en carne vacuna.

Si la frecuencia de excitación BF es demasiado alta, la onda de corte se atenúa rápidamente y la profundidad de penetración es pequeña. Por lo tanto la estimación de elasticidad se realiza sobre una pequeña porción de tejido cercano a la superficie. Esto tiende a ser más un valor local que un valor promedio de la muestra, corriendo el riesgo de que en la zona elegida exista alguna particularidad del tejido de modo que el valor final no represente a la misma.

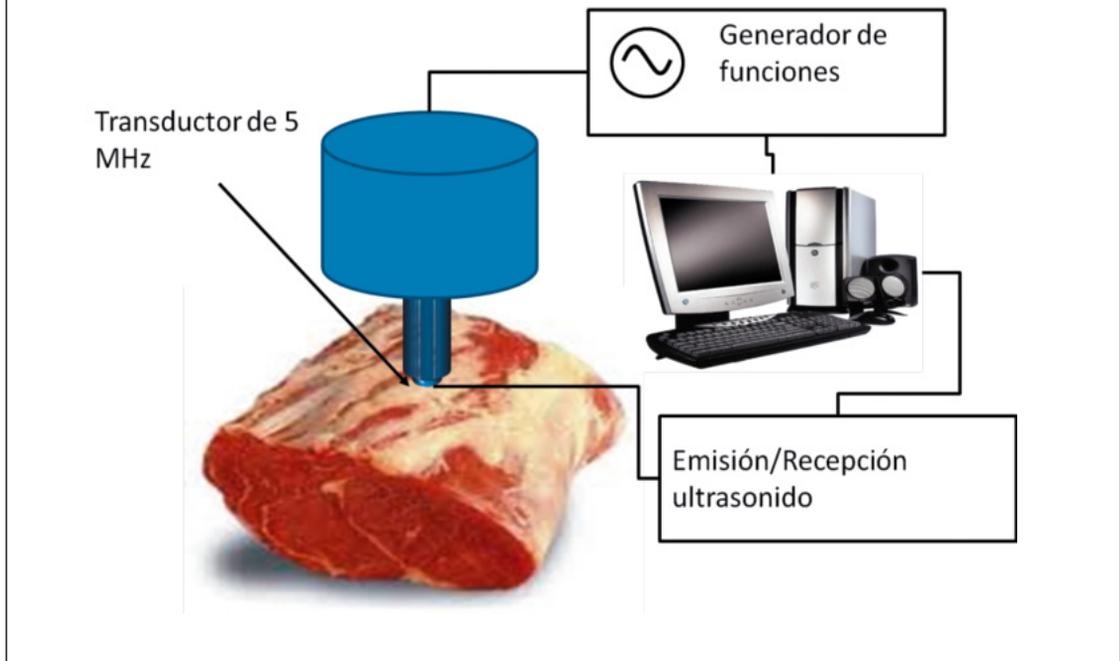
Por otro lado si la frecuencia de excitación BF es demasiado baja, los efectos de difracción de la propagación de la onda son muy notorios y el resultado final es una sobreestimación de la elasticidad (Benech, 2008) Si bien es cierto que dichos efectos se pueden corregir, es necesario contar con un modelo de difracción que no siempre se adapta bien a los resultados experimentales, aumentando la incertidumbre final del resultado.

En resumen existe una banda de frecuencia BF óptima para las medidas en carne vacuna. Nuestra experiencia indica que dicha banda se encuentra entre 80 y 180 Hz.

La parte ultrasonora del montaje utiliza un transductor en modo emisión-recepción. En las experiencias presentadas en este capítulo el transductor se ubica acoplado al pistón como se muestra en la figura 1. El envío y la recepción de pulsos están controlados por una electrónica fabricada especialmente para este proyecto. En modo emisión el software permite ajustar la amplitud, la frecuencia central del pulso y la cantidad de pulsos a ser enviados. En modo recepción la electrónica permite registrar hasta 128 A-Scan consecutivos con una frecuencia de recurrencia máxima en el registro de 10 KHz. Es decir que el tiempo mínimo entre dos señales puede ser de hasta 0,1 ms. En cada A-Scan se pueden guardar hasta

**Figura 1.**

Montaje experimental en elastografía transitoria. El vibrador de baja frecuencia tiene acoplado un pistón cilíndrico que vibra en una posición normal a las fibras de la muestra de carne. En el extremo inferior del cilindro se acopla un transductor de 5 MHz de frecuencia central y 10 mm de diámetro. La PC permite sincronizar la emisión de baja frecuencia con la adquisición de A-Scans. Las señales de ultrasonido se transfieren al PC para el posterior tratamiento de datos.



2048 puntos muestreados a 40 MHz. Por lo tanto el sistema permite registrar una ventana temporal máxima de  $\approx 50 \mu\text{s}$ . Esta ventana corresponde a 38 mm aproximadamente de profundidad en la muestra.

### Método de interferometría speckle ultrasonoro

La vibración de baja frecuencia impuesta en la superficie de la muestra produce un mapa de desplazamientos internos a los que debemos acceder para este estudio. Los tejidos biológicos en general, y la carne en particular, contienen en su interior elementos difusores cuyas dimensiones son del orden o menores que la longitud de onda ultrasonora, distribuidos en forma más o menos aleatoria. Algunos ejemplos son:

Fibras musculares,  $\phi \approx 6 \text{ mm}$

Conjuntos de células,  $\phi \approx 100 \mu\text{m}$

Agregados de grasa,  $\phi \approx 10 \mu\text{m}$

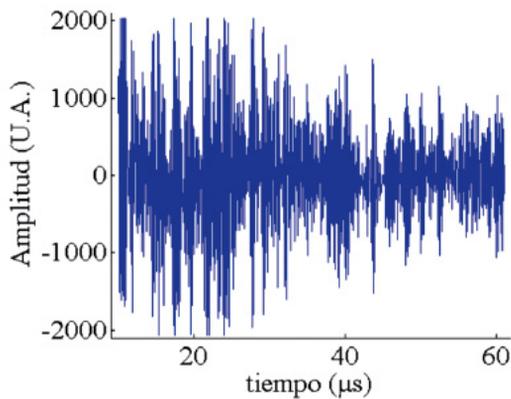
Filamentos de actina,  $\phi \approx 1.5 \mu\text{m}$

Donde  $\phi$  representa la sección eficaz del difusor. Al ser alcanzados por la onda ultrasonora, estos difusores generan una onda retrodifundida que puede ser captada por el receptor. La señal recibida se compone de la interferencia en la superficie del transductor de las contribuciones de cada difusor. Esta señal de aspecto aleatorio se conoce como señal de speckle acústico, debido al fenómeno análogo encontrado en óptica. Un ejemplo de esta señal se muestra en la Figura 2.

Debemos destacar aquí que si bien su aspecto es de ruido, la señal es determinista en el sentido de que si la posición relativa de los difusores

**Figura 2.**

Ejemplo de señal de speckle recibida. Las ondas retrodifundidas por los pequeños difusores internos interfieren en la cara del transductor dando origen a una señal de aspecto aleatorio. Sin embargo, debemos notar que si la posición relativa de los difusores no varía, la señal recibida es siempre la misma.

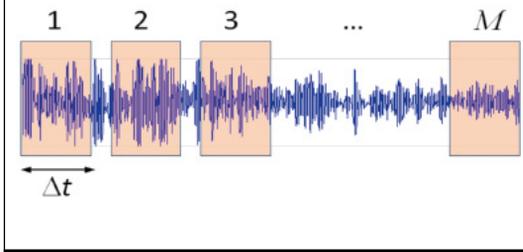


no se modifica, la señal recibida es siempre la misma (más allá del ruido electrónico del sistema). Sin embargo, cuando la muestra tiene movimientos internos producto de la propagación de la onda BF, la posición relativa de los difusores se modifica y como consecuencia también lo hace la señal de speckle acústico. A partir de esta información es posible reconstruir el movimiento de los difusores basándose en una técnica de intercorrelación de las señales de speckle. Este procesamiento de señal se conoce como “*interferometría speckle*”. Todo el tratamiento de señal lo podemos dividir en tres pasos. En el primer paso la primera señal de speckle se divide en  $M$  ventanas iguales de ancho  $Dt$  como se muestra en la figura 3. Cada una de estas ventanas contiene una porción única de la señal de speckle ya que corresponde a posiciones bien definidas del interior de la muestra. Podemos hablar entonces de una “firma acústica” única en cada ventana temporal. El objetivo del algoritmo de correlación es seguir el movimiento de esta firma acústica entre todas las señales.

El segundo paso del tratamiento de señal consiste en correlacionar cada una de las  $M$  ventanas de la primera señal con ventanas de

**Figura 3.**

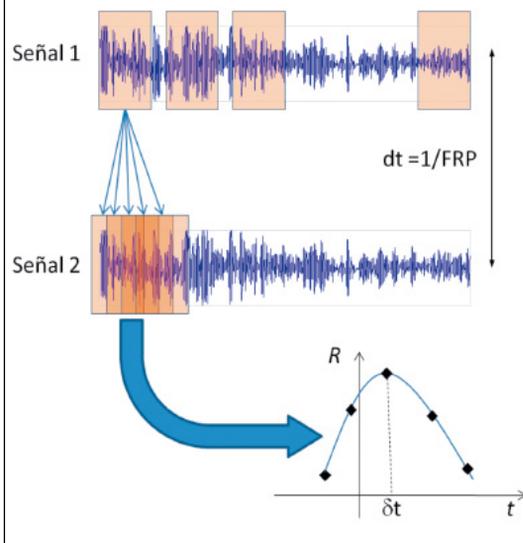
Primer paso del tratamiento de señal. La señal de speckle se divide en  $M$  ventanas temporales de ancho  $Dt$ . Cada una de estas ventanas contiene información única sobre la posición de los difusores.



la segunda señal como se esquematiza en la figura 4. El máximo de correlación detecta la posición de la firma acústica en la segunda señal y por lo tanto su desplazamiento espacial a lo largo del haz de ultrasonido.

**Figura 4.**

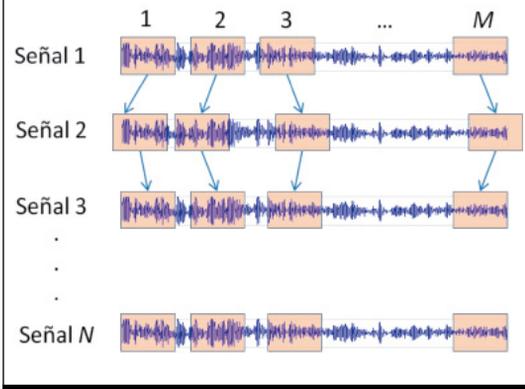
Segundo paso del tratamiento de señal. Cada ventana de la primera señal se correlaciona con una ventana trasladada en la segunda señal. La posición del máximo de correlación  $dt$  indica el movimiento  $dz$  de los difusores para esa posición particular a partir de la fórmula de modo ecográfico  $\delta z = c\delta t/2$ .



El tercer y último paso del tratamiento de señal consiste en aplicar el procedimiento anterior sobre las  $N$  señales de speckle adquiridas durante la experiencia.

**Figura 5.**

Tercer y último paso del tratamiento de señal. Las  $M$  ventanas de la primera señal se correlacionan con las  $N$  señales ultrasonoras dando origen a una matriz de datos que contiene en cada fila la evolución temporal de los desplazamientos internos de la muestra de carne. Esta información se utiliza para luego obtener la velocidad de propagación de la onda de corte y finalmente el módulo elástico.



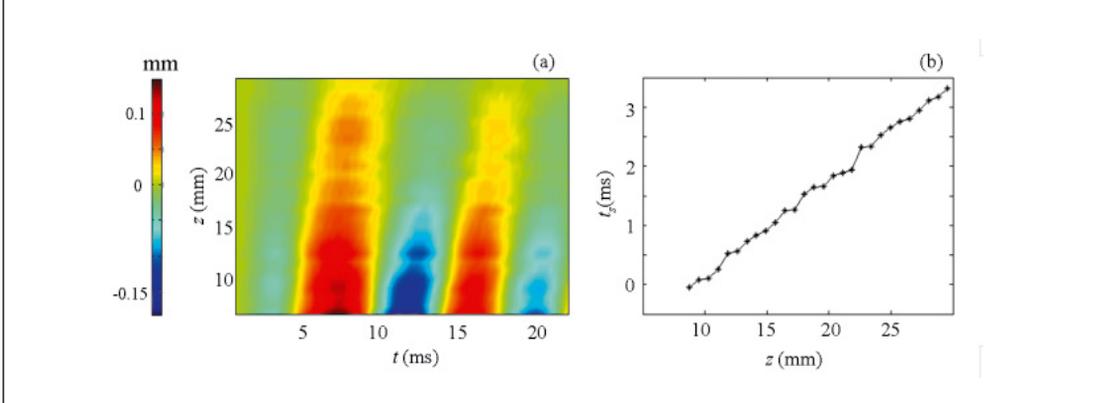
El resultado del tratamiento de señal es una matriz  $M \times (N-1)$  donde cada fila contiene el desplazamiento en función del tiempo de un elemento de volumen del medio y cada columna la variación espacial del desplazamiento a un tiempo fijo. Esta matriz se puede representar en forma de sismograma en escala de colores como se muestra en la figura 6(a). En esta figura se puede observar claramente un pulso

que se propaga desde la posición del pistón ( $z = 0$ ) hacia el interior del medio ( $z > 0$ ). La velocidad de propagación de este pulso es la velocidad de las ondas de corte  $c_s = \sqrt{\mu/\rho}$ , donde  $\rho$  es la densidad del medio. La velocidad de propagación se obtiene mediante un algoritmo de seguimiento de la fase usando la transformada de Fourier [4]. En un medio homogéneo (a la escala de la resolución espacial del método, es decir  $\sim 1 - 2$  mm), la fase de la onda tiene una dependencia lineal con la profundidad como se muestra en la figura 6(b). Mediante un ajuste lineal de esta curva se puede obtener un estimador de la velocidad y su incertidumbre.

El método de elastografía transitoria con un canal permite obtener la elasticidad en una posición dada de la muestra de carne. Para estimar la elasticidad promedio es necesario o bien contar con una electrónica multivía (lo que encarece el costo final del equipamiento), o realizar un barrido sobre la muestra con el transductor. Para este proyecto hemos implementado una solución alternativa que consiste en utilizar la electrónica de un canal con 5 transductores colocados en diferentes posiciones. A ello debemos agregar una electrónica comandada por software, colocada entre los transductores y la electrónica de emisión recepción, que permite seleccionar el

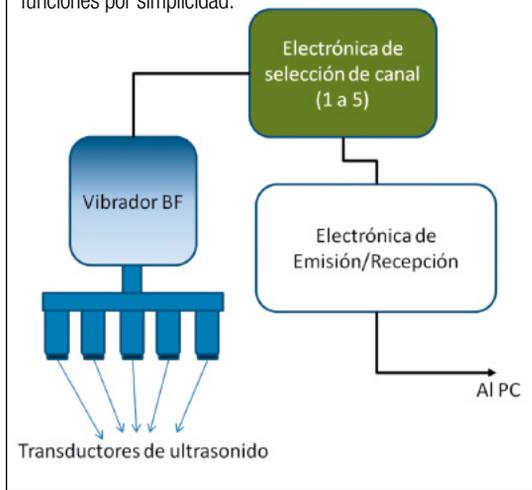
**Figura 6.**

(a) Sismograma en escala de colores que muestra el mapa de desplazamientos  $dz$  en función de la profundidad  $z$  y el tiempo  $t$ . La barra lateral indica la amplitud de los desplazamientos en mm. Podemos observar en la figura una onda que se propaga desde la posición de la fuente BF (ubicada en  $z = 0$ ) hacia el interior de la muestra ( $z > 0$ ). (b) Fase de la onda en función de la profundidad  $z$ . Un ajuste lineal de estos datos arroja un valor de velocidad  $C_s = 6.0 \pm 0.1$  m/s. Asumiendo la densidad de la muestra como  $\rho = 1000$  Kg/m<sup>3</sup> obtenemos finalmente que  $E = 3\rho C_s^2 = 108 \pm 4$  KPa.



**Figura 7.**

Parte del montaje experimental para medir mediante elastografía ultrasonora en 5 posiciones diferentes de la muestra sin necesidad de realizar un barrido. Se utiliza una electrónica monocanal con 5 transductores de ultrasonido. Una electrónica comandada por software permite seleccionar cuál de los transductores se utilizará en la medida particular. En este esquema no se muestra el PC ni el generador de funciones por simplicidad.



transductor a utilizar. Esta variante se muestra esquemáticamente en la figura 8. Tiene la ventaja de que no encarece demasiado la aplicación y el procedimiento para estimar la elasticidad promedio consume mucho menos tiempo que el barrido sobre la superficie.

## Resultados

Se muestran en este apartado algunos resultados de medidas realizadas por elastografía ultrasonica y su comparación con las realizadas de esfuerzo al corte con cizalla de Warner Bratzler(WB) en dos equipos diferentes de 35 muestras de bife angosto suministradas por el Frigorífico Tacuarembó en planta y en laboratorio.

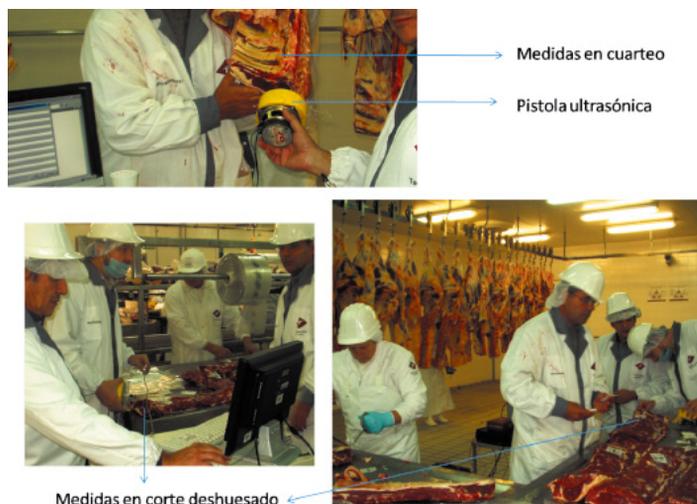
### Elastografía ultrasonica

Las medidas de elastografía se realizaron con la técnica ya descrita de interferometría de speckle ultrasonico con un sistema multi-transductor que consta de 5 transductores de frecuencia de 5 MHz.

En las medidas en planta se utilizó por primera vez el concepto de pistola ultrasonica, realizando un manejo manual del percutor mecánico (pistón + parlante) con el transductor adherido al pistón. Esto permitió realizar las medidas en el cuarteo sin dificultad como se muestra en la figura 8.

**Figura 8.**

En las fotos se muestra el sencillo procedimiento de medida utilizado en planta en cuarteo y en las muestras deshuesadas en con la "pistola ultrasonica".



- Se realizaron medidas en varios puntos de las muestras, en los resultados se muestra el promedio.
- No se utilizó ninguna sustancia ni elemento en el contacto del transductor y la muestra.
- Las medidas en laboratorio se realizaron con el sistema mecánico ya implementado, que permite un posicionamiento muy preciso de la muestra y el percutor.

En laboratorio se midió y evaluó por primera vez, como posible parámetro a tener en cuenta en futuros desarrollos, la atenuación de la onda de corte. Se muestra su valor promedio.

Como ejemplo se muestra en la figura 9 una comparación entre sismogramas correspondientes a muestras comerciales de “cadera” y “cuadril”.

### Serie de medidas por elastografía ultrasónica

Se realizaron 4 series de medidas, en diferentes etapas, sobre las siguientes muestras:

- 10 muestras de novillo
- 10 muestras de vaca
- 10 muestras de vaquillona
- 5 muestras de toro

- a) en planta
  - a.1) en el cuarteo (tabla 1)
  - a.2) muestras deshuesadas (tabla 2)
  - a.3) muestras envasadas al vacío antes de congelar (tabla 3)
- b) en laboratorio (tabla 4)
  - b.1) en las muestras post - congeladas de acuerdo a un protocolo pre-establecido y al mismo tiempo que se realizaban las medidas por WB .

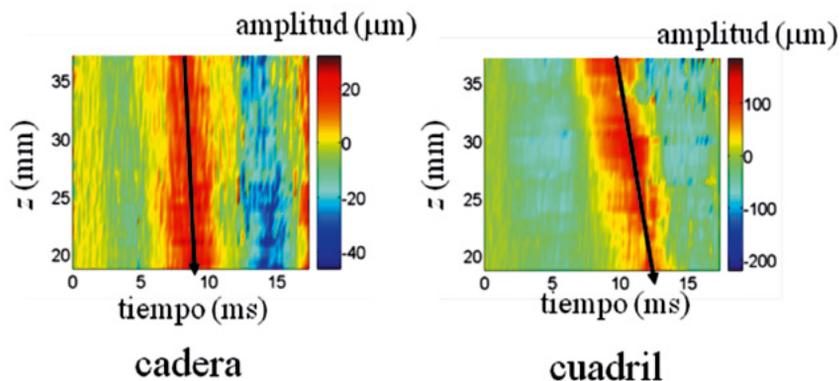
Para cada muestra medida en planta se muestra la terneza promedio en m/s (velocidad de onda corte excitada), la desviación standard y el coeficiente de correlación para los casos de cuarteo, deshuesado y envasado antes de congelar.

Para cada muestra medida en laboratorio se muestra la terneza promedio en m/s (velocidad de onda corte excitada), la desviación standard, el coeficiente de correlación y el coeficiente de atenuación de la onda de corte. Hemos adaptado el criterio que el coeficiente de correlación debe ser mayor a 0.9, por lo tanto algunas medidas quedan fuera.

En las figuras 10, 11, 12 y 13 se muestra la terneza comparativamente para cada tipo (novi-

**Figura 9.**

La pendiente indica claramente la terneza del medio. La pendiente de la cadera es mayor a la del cuadril indicando mayor velocidad y por lo tanto un medio más duro. Además la amplitud de la vibración es mayor para el cuadril (cuando la fuente es la misma) indicando en principio un medio más blando.



llo, vaca, vaquillona, toro) para cada situación de medida (cuarteo, deshuesado, envasado y laboratorio).

## Serie de medidas de esfuerzo al corte con cizalla de Warner Bratzler

Se realizaron 2 series de medidas

c.1) muestras medidas antes de congelar (tabla 5)

c.2) muestras medidas luego post- congeladas de acuerdo al protocolo establecido y al mismo tiempo que se realizaban las medidas por elastografía (tabla 5).

Para cada muestra se muestra el valor promedio de terneza para las medidas antes de congelar y luego del post congelado. Las medidas fueron realizadas en el INIA Tacuarembó según el protocolo habitual para el método WB.

**Tabla 1: Cuarteo**

Orden	Número	Categoría	Conformación	Terminación	Dentición	Terneza Promedio (velocidad m/s)	SD	r
1	306	Novillo	A	3	6	6,03	0,3	0,95
2	307	Novillo	AJ	2	4	8,64	0,3	0,94
3	308	Novillo	AJ	2	4	7,23	0,5	0,95
4	309	Novillo	A	3	6	8,18	0,4	0,93
5	310	Novillo	AJ	1	4	7,69	0,5	0,91
6	311	Novillo	A	2	6	7,96	0,5	0,92
7	312	Novillo	A	2	8	7,58	0,4	0,97
8	313	Novillo	A	2	6	11,63	0,4	0,95
9	314	Novillo	AJ	2	4	9,17	0,5	0,96
10	315	Novillo	AJ	2	4	7,64	0,3	0,94
11	568	Vaca	VA	1	8	8,98	0,6	0,96
12	569	Vaca	VC	2	8	7,31	0,4	0,93
13	570	Vaca	VA	1	8G	8,42	0,4	0,89
14	406	Vaca	VA	2	8G	11,69	0,5	0,92
15	407	Vaca	VC	2	8G	9,97	0,5	0,95
16	537	Vaca	VC	2	6	8,33	0,4	0,95
17	538	Vaca	VA	2	8G	9,51	0,5	0,97
18	539	Vaca	VA	2	8G	10,78	0,6	0,93
19	540	Vaca	VA	2	8G	10,01	0,4	0,89
20	541	Vaca	VC	2	8G	7,49	0,4	0,96
21	617	Vaq	VQA	1	4	8,94	0,3	0,95
22	618	Vaq	VQA	2	4	9,44	0,4	0,91
23	619	Vaq	VQA	1	2	7,35	0,3	0,97
24	620	Vaq	VQA	2	4	6,33	0,5	0,93
25	621	Vaq	VQA	1	2	10,75	0,3	0,90
26	622	Vaq	VQA	1	4	8,24	0,3	0,98
27	582	Vaq	VQA	1	2	6,73	0,3	0,94
28	583	Vaq	VQA	1	4	6,04	0,6	0,93
29	584	Vaq	VQA	1	2	8,41	0,3	0,96
30	593	Vaq	VQA	1	4	8,78	0,3	0,95
31	668	Toro	TU	0	8G	11,34	0,4	0,92
32	669	Toro	TU	0	8G	12,83	0,5	0,91
33	670	Toro	TU	0	8G	13,91	0,5	0,90
34	671	Toro	TU	0	8	13,17	0,4	0,97
35	672	Toro	TU	0	8	13,86	0,5	0,95

**Tabla 2: Deshuesado**

Orden	Número	Categoría	Conformación	Terminación	Dentición	Terneza Promedio (velocidad m/s)	SD	r
1	306	Novillo	A	3	6	5,53	0,3	0,96
2	307	Novillo	AJ	2	4	7,73	0,4	0,91
3	308	Novillo	AJ	2	4	7,38	0,4	0,93
4	309	Novillo	A	3	6	9,12	0,6	0,97
5	310	Novillo	AJ	1	4	7,01	0,4	0,92
6	311	Novillo	A	2	6	7,05	0,3	0,95
7	312	Novillo	A	2	8	7,14	0,4	0,94
8	313	Novillo	A	2	6	11,92	0,5	0,96
9	314	Novillo	AJ	2	4	8,25	0,4	0,91
10	315	Novillo	AJ	2	4	6,44	0,5	0,89
11	568	Vaca	VA	1	8	8,65	0,4	0,92
12	569	Vaca	VC	2	8	7,02	0,6	0,95
13	570	Vaca	VA	1	8G	8,56	0,4	0,91
14	406	Vaca	VA	2	8G	10,97	0,3	0,93
15	407	Vaca	VC	2	8G	9,61	0,5	0,95
16	537	Vaca	VC	2	6	7,75	0,4	0,94
17	538	Vaca	VA	2	8G	9,20	0,5	0,96
18	539	Vaca	VA	2	8G	11,76	0,6	0,92
19	540	Vaca	VA	2	8G	9,29	0,4	0,91
20	541	Vaca	VC	2	8G	6,18	0,4	0,89
21	617	Vaq	VQA	1	4	9,07	0,3	0,95
22	618	Vaq	VQA	2	4	8,49	0,6	0,92
23	619	Vaq	VQA	1	2	7,14	0,3	0,96
24	620	Vaq	VQA	2	4	5,59	0,5	0,97
25	621	Vaq	VQA	1	2	10,93	0,3	0,91
26	622	Vaq	VQA	1	4	8,44	0,4	0,90
27	582	Vaq	VQA	1	2	6,32	0,3	0,94
28	583	Vaq	VQA	1	4	4,17	0,6	0,95
29	584	Vaq	VQA	1	2	8,28	0,4	0,96
30	593	Vaq	VQA	1	4	9,80	0,5	0,95
31	668	Toro	TU	0	8G	11,91	0,3	0,93
32	669	Toro	TU	0	8G	11,34	0,7	0,92
33	670	Toro	TU	0	8G	13,61	0,3	0,94
34	671	Toro	TU	0	8	12,39	0,4	0,94
35	672	Toro	TU	0	8	12,80	0,6	0,90

**Tabla 3: Envasado**

Orden	Número	Categoría	Conformación	Terminación	Dentición	Terneza Promedio (velocidad m/s)	SD	r
1	306	Novillo	A	3	6	8,68	0,3	0,92
2	307	Novillo	AJ	2	4	6,15	0,4	0,95
3	308	Novillo	AJ	2	4	6,91	0,4	0,95
4	309	Novillo	A	3	6	9,03	0,6	0,93
5	310	Novillo	AJ	1	4	7,12	0,4	0,93
6	311	Novillo	A	2	6	7,99	0,3	0,89
7	312	Novillo	A	2	8	6,52	0,4	0,95
8	313	Novillo	A	2	6	11,30	0,4	0,94
9	314	Novillo	AJ	2	4	8,15	0,5	0,9
10	315	Novillo	AJ	2	4	6,52	0,4	0,96
11	568	Vaca	VA	1	8	9,03	0,6	0,94
12	569	Vaca	VC	2	8	8,18	0,4	0,89
13	570	Vaca	VA	1	8G	9,28	0,5	0,93
14	406	Vaca	VA	2	8G	9,33	0,6	0,93
15	407	Vaca	VC	2	8G	10,41	0,4	0,95
16	537	Vaca	VC	2	6	8,66	0,6	0,95
17	538	Vaca	VA	2	8G	9,94	0,4	0,96
18	539	Vaca	VA	2	8G	13,17	0,5	0,91
19	540	Vaca	VA	2	8G	9,71	0,5	0,9
20	541	Vaca	VC	2	8G	5,60	0,3	0,96
21	617	Vaq	VQA	1	4	9,02	0,3	0,94
22	618	Vaq	VQA	2	4	6,14	0,4	0,93
23	619	Vaq	VQA	1	2	7,71	0,5	0,94
24	620	Vaq	VQA	2	4	5,81	0,4	0,93
25	621	Vaq	VQA	1	2	10,44	0,5	0,95
26	622	Vaq	VQA	1	4	7,88	0,6	0,94
27	582	Vaq	VQA	1	2	5,34	0,5	0,96
28	583	Vaq	VQA	1	4	4,22	0,3	0,93
29	584	Vaq	VQA	1	2	8,76	0,4	0,94
30	593	Vaq	VQA	1	4	9,57	0,3	0,95
31	668	Toro	TU	0	8G	11,51	0,5	0,93
32	669	Toro	TU	0	8G	11,40	0,3	0,92
33	670	Toro	TU	0	8G	13,53	0,5	0,9
34	671	Toro	TU	0	8	11,53	0,6	0,89
35	672	Toro	TU	0	8	14,19	0,5	0,91

**Tabla 4: Laboratorio**

Orden	Número	Categoría	Confor- mación	Termi- nación	Dentición	Terneza Promedio (velocidad m/s)	SD	r	atenua- ción
1	306	Novillo	A	3	6	4,3	0,1	0,98	44
2	307	Novillo	AJ	2	4	7,1	0,2	0,98	31
3	308	Novillo	AJ	2	4	6,6	0,3	0,98	37
4	309	Novillo	A	3	6	7,5	0,4	0,96	p
5	310	Novillo	AJ	1	4	6,5	0,2	0,99	36
6	311	Novillo	A	2	6	7,5	0,5	0,96	p
7	312	Novillo	A	2	8	7	0,2	0,98	40
8	313	Novillo	A	2	6	8,8	0,4	0,98	p
9	314	Novillo	AJ	2	4	7,6	0,5	0,91	45
10	315	Novillo	AJ	2	4	7,2	0,2	0,98	p
11	568	Vaca	VA	1	8	7,5	0,4	0,93	125
12	569	Vaca	VC	2	8	6,8	0,2	0,98	80
13	570	Vaca	VA	1	8G	8,1	0,2	0,98	23
14	406	Vaca	VA	2	8G	10,4	0,3	0,99	46
15	407	Vaca	VC	2	8G	7,6	0,3	0,97	38
16	537	Vaca	VC	2	6	6,7	0,2	0,99	25
17	538	Vaca	VA	2	8G	7,4	0,3	0,98	68
18	539	Vaca	VA	2	8G	10,3	0,4	0,97	70
19	540	Vaca	VA	2	8G	8,9	0,4	0,96	81
20	541	Vaca	VC	2	8G	6,2	0,2	0,98	80
21	617	Vaq	VQA	1	4	8,5	0,2	0,98	100
22	618	Vaq	VQA	2	4	9,1	0,4	0,97	20
23	619	Vaq	VQA	1	2	5	0,1	0,98	40
24	620	Vaq	VQA	2	4	4,8	0,1	0,99	25
25	621	Vaq	VQA	1	2	9,8	0,3	0,96	p
26	622	Vaq	VQA	1	4	6	0,1	0,99	30
27	582	Vaq	VQA	1	2	5	0,1	0,98	43
28	583	Vaq	VQA	1	4	5,4	0,1	0,99	51
29	584	Vaq	VQA	1	2	5,7	0,1	0,99	10
30	593	Vaq	VQA	1	4	7	0,2	0,97	65
31	668	Toro	TU	0	8G	8,5	0,3	0,94	p
32	669	Toro	TU	0	8G	10,3	0,3	0,98	8
33	670	Toro	TU	0	8G	9	0,3	0,98	83
34	671	Toro	TU	0	8	10,2	0,3	0,98	46
35	672	Toro	TU	0	8	9,1	0,6	0,89	p

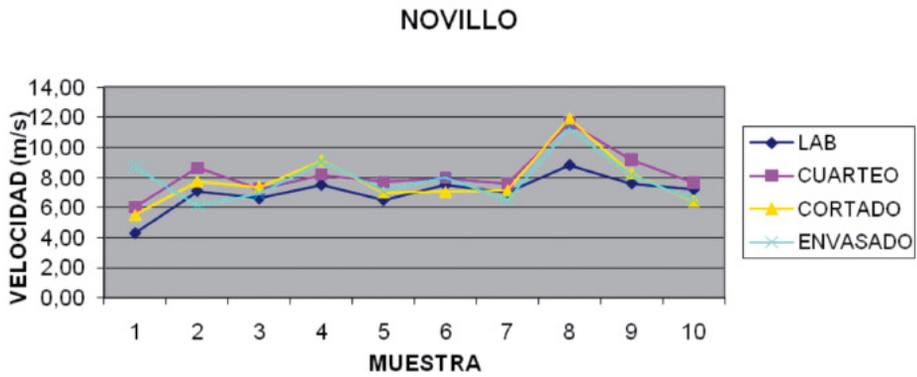
**Tabla 5:**

Comparación de resultados obtenidos por elastografía ultrasónica y los obtenidos por Warner-Bratzler antes y después de congelar (INIA 1 e INIA 2)

MUESTRA	CUARTEO	CORTADO	ENVASADO	LAB	INIA 1	INIA 2
1	6,03	5,53	8,68	4,30	7,30	6,26
2	8,64	7,73	6,15	7,10	5,13	3,67
3	7,23	7,38	6,91	6,60	8,13	7,04
4	8,18	9,12	9,03	7,50	3,80	3,80
5	7,69	7,01	7,12	6,50	4,42	4,98
6	7,96	7,05	7,99	7,50	5,07	5,43
7	7,58	7,14	6,52	7,00	7,11	5,07
8	11,63	11,92	11,30	8,80	5,01	5,63
9	9,17	8,25	8,15	7,60	6,68	6,37
10	7,64	6,44	6,52	7,20	4,56	4,62
MUESTRA	CUARTEO	CORTADO	ENVASADO	LAB	INIA 1	INIA 2
11	8,98	8,65	9,03	7,50	7,49	6,57
12	7,31	7,02	8,18	6,80	8,72	7,54
13	8,42	8,56	9,28	8,10	10,40	12,54
14	11,69	10,97	9,33	10,40	7,11	10,88
15	9,97	9,61	10,41	7,60	7,39	2,02
16	8,33	7,75	8,66	6,70	11,65	12,19
17	9,51	9,20	9,94	7,40	10,75	12,39
18	10,78	11,76	13,17	10,30	1,99	10,18
19	10,01	9,29	9,71	8,90	10,62	7,94
20	7,49	6,18	5,60	6,20	11,14	10,62
MUESTRA	CUARTEO	CORTADO	ENVASADO	LAB	INIA 1	INIA 2
21	8,94	9,07	9,02	8,50	3,66	5,41
22	9,44	8,49	6,14	9,10	4,34	5,63
23	7,35	7,14	7,71	5,00	3,97	5,86
24	6,33	5,59	5,81	4,80	4,33	5,78
25	10,75	10,93	10,44	9,80	10,62	3,66
26	8,24	8,44	7,88	6,00	5,82	4,36
27	6,73	6,32	5,34	5,00	5,04	3,79
28	6,04	4,17	4,22	5,40	6,88	4,83
29	8,41	8,28	8,76	5,70	5,88	10,29
30	8,78	9,80	9,57	7,00	6,13	4,69
MUESTRA	CUARTEO	CORTADO	ENVASADO	LAB	INIA 1	INIA 2
31	11,34	11,91	11,51	8,5	8,62	7,22
32	12,83	11,34	11,40	10,3	5,23	6,65
33	13,91	13,61	13,53	9	7,41	7,42
34	13,17	12,39	11,53	10,2	7,34	6,29
35	13,86	12,80	14,19	9,1	8,99	9,65

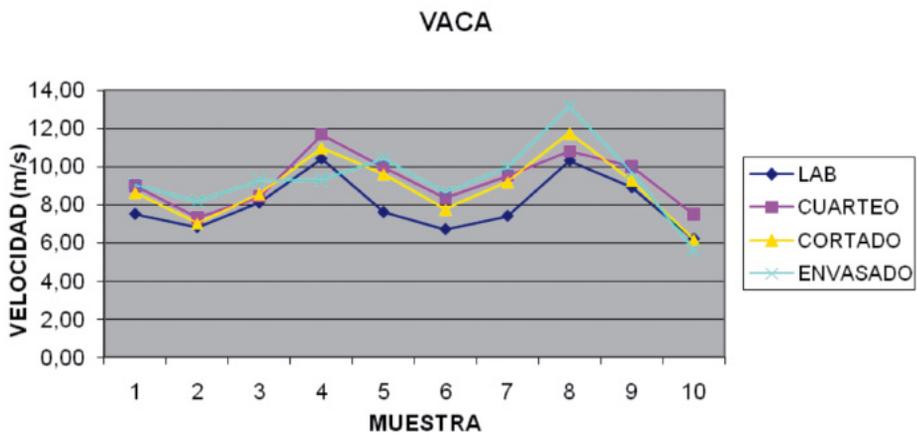
**Figura 10.**

Terneza comparativamente para novillo para cada situación de medida (cuarteo, deshuesado, envasado y laboratorio).



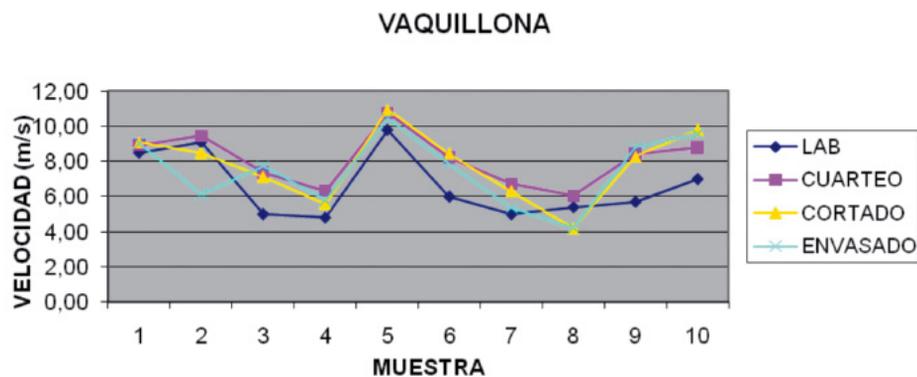
**Figura 11.**

Terneza comparativamente para vaca para cada situación de medida (cuarteo, deshuesado, envasado y laboratorio).



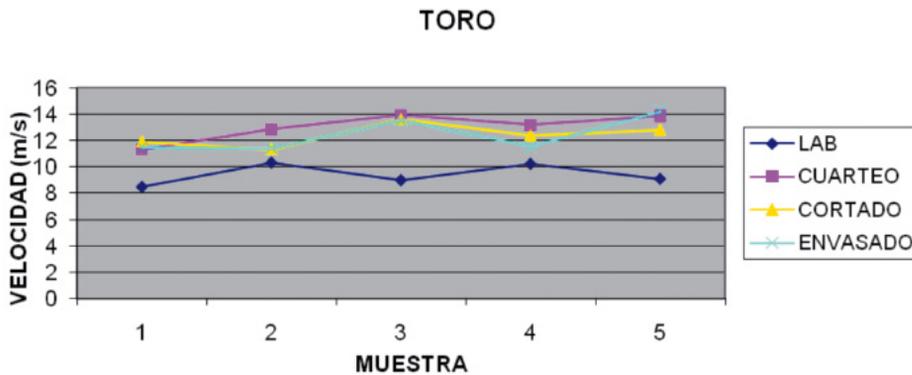
**Figura 12.**

Terneza comparativamente para vaquillona para cada situación de medida (cuarteo, deshuesado, envasado y laboratorio).



**Figura 13.**

Terneza comparativamente para toro para cada situación de medida (cuarteo, deshuesado, envasado y laboratorio).

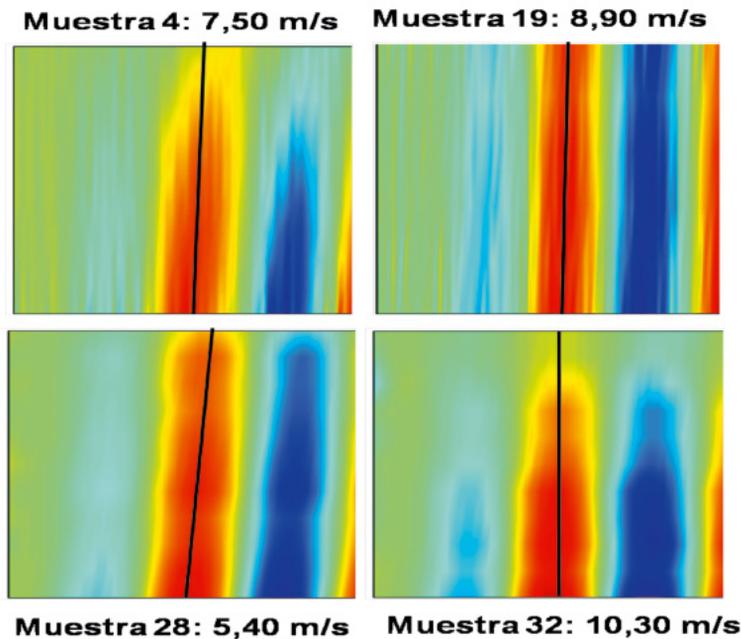


En la figura 14, a modo de ejemplo se muestran algunos resultados donde se puede ver el grado de terneza según la pendiente para diferente tipo de muestras: a mayor pendiente menos terneza (mayor constante elástica). En el eje horizontal se encuentra la escala de tiempo

en ms y en el eje vertical la profundidad, siendo la escala de colores la amplitud de la onda de corte (rojo mayor amplitud - azul menor amplitud). Esta representación tiene la ventaja de una fácil visualización para la clasificación según grado de terneza.

**Figura 14.**

Se muestran 4 figuras representativas de las pendientes que marcan la terneza para cuatro de distinto tipo: Novillo (muestra 4,  $c=7,50$  m/s), Vaca (muestra 19,  $c=8,90$  m/s), Vaquillona (muestra 28,  $c=5,40$  m/s) y Toro (muestra 32,  $c=10,30$  m/s).



En general las medidas en planta son más ruidosas, es decir, tienen mayor dispersión y el coeficiente de ajuste es menor. Esto se debe sin duda al ruido presente en el ambiente de la planta mientras realizamos las medidas. Se muestra este efecto en las figuras 15, 16, 17 y 18.

Se observa como comportamiento general que se obtiene mayores valores para la velocidad medida en planta que en laboratorio. Acá seguramente interviene los días transcurridos y el efecto de congelado-descongelado.

Con respecto a la evaluación de la atenuación de la onda de corte como parámetro indicativo de textura de la muestra pensamos que se debe estudiar en el futuro y además emplear el criterio que la amplitud de la onda debe decaer

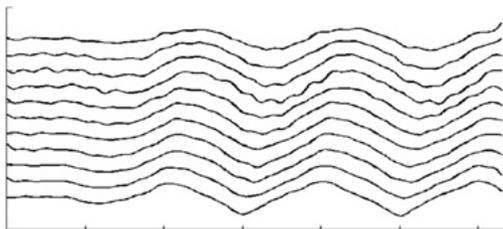
con la distancia. Ello permitirá seleccionar regiones de la muestra uniformes y obtener medidas más precisas de textura.

## Conclusiones

Se ha demostrado la factibilidad de evaluar la terneza de la carne vacuna por un nuevo método, la elastografía ultrasónica impulsional. Se muestran los resultados obtenidos en planta y en laboratorio con un primer prototipo de muy bajo costo, US-TENDER 1. Se pudieron determinar en planta varios niveles de terneza y los resultados obtenidos en planta (pre-con-

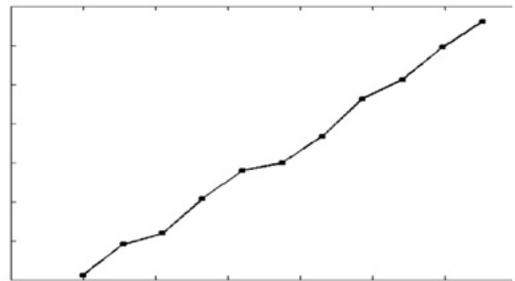
**Figura 15.**

Sismograma en laboratorio (eje horizontal = tiempo en ms, eje vertical profundidad en mm).



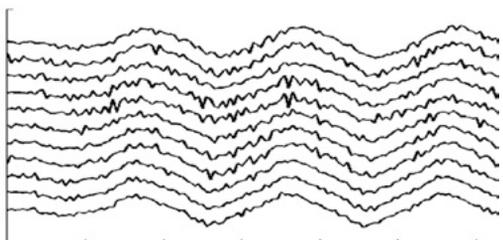
**Figura 16.**

Fase a partir del sismograma en laboratorio y velocidad (terneza)  $C = 8.10 \pm 0.2 \text{ m/s}$   $r = 0.98$ .



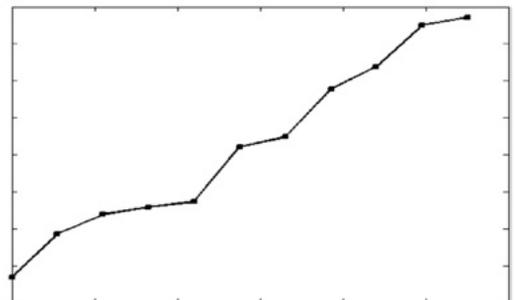
**Figura 17.**

Sismograma en planta (eje horizontal = tiempo en ms, eje vertical profundidad en mm).



**Figura 18.**

Fase a partir del sismograma en planta y velocidad (terneza)  $C = 8.42 \pm 0.4 \text{ m/s}$   $r = 0.89$ .



gelamiento), en cuarteo, deshuesada y envasadas correlacionan en buena forma con los obtenidos en condiciones controladas en laboratorio (post-congelamiento). El prototipo puede ser empleado en planta por un operario medianamente entrenado (una semana de entrenamiento), y no hay indicaciones parti-

culares en cuanto a su uso. Finalmente queda por decir que en el futuro además se utilizarán otros parámetros como la atenuación de las ondas de cizalla y la anisotropía de los tejidos musculares que permitirán mejorar la resolución y ampliar los niveles de terneza medidos.

---

## Referencias

Benech, "Elastografía ultrasonora de sólidos blandos. Análisis del proceso de retorno temporal y aplicación al monitoreo de temperatura", Tesis de doctorado en física. Especialidad: Acústica Física. Tutor: Dr. Carlos Negreira. Universidad de la República - PEDECIBA, Montevideo, Uruguay, (2008).

Benech, Negreira, "Longitudinal and lateral low-frequency head wave analysis in soft media", *J. Acoust. Soc. Am.*, 117, (2005).

Catheline, "Interferometrie-speckle ultrasonore: Application a la mesure d'elasticite", These de doctoract de l'Université de Paris VII, (1998).

Sarvazyan, Rodenko, Swanson, Flowkers, Emilianov, "Shear wave elasticity imaging: a new ultrasonic technology of medical diagnosis" *Ultras. Med. Biol.* 24 (1998).

# Determinación de las propiedades dieléctricas de la carne y su relación con la dureza organoléptica

John Alexander Gómez Sánchez, Carmelo José Felice

Laboratorio de Medios e Interfases (LAMEIN)  
DBI-INSIBIO / FACET-CONICET  
Universidad Nacional de Tucumán

## Introducción

Las características físico-químicas de la carne determinan su calidad y aceptabilidad, estas se agrupan de acuerdo a sus condiciones visuales, organolépticas, nutricionales y sanitarias (Geay *y col.*, 2001). El color del músculo, cantidad y distribución de grasa intramuscular (Veteado), olor, textura, ternura, jugosidad y sabor son las principales características al momento de la elección de la carne por parte del consumidor final (Brackebusch *y col.*, 1991; Wulf y Parker, 2000), cada una de estas características representan un mayor o menor grado de aceptabilidad (Maltin *y col.*, 2003). Generalmente el consumidor busca una carne de mejor calidad, aumentando el precio que esta dispuesto a pagar por ésta (Mintert *y col.*, 2000).

La ternura en la carne constituye el atributo que en mayor medida limita la aceptación del producto por parte de los consumidores. La ternura se ha definido como la dificultad o facilidad con la cual la carne se puede cortar o masticar (Tornberg, 1996) y depende tanto de factores endógenos y exógenos, así como de

biológicos y no biológicos. Entre los factores que afectan la ternura de la carne se encuentran: la raza del animal (van Vleck *y col.*, 1992; Sañudo *y col.*, 1998), la alimentación (Sami *y col.*, 2004), el transporte hacia el sitio de sacrificio (Villaruel *y col.*, 2003), los procesos de faenado (Maher *y col.*, 2004, Lorenzen *y col.*, 1993), el stress pre-mortem (Beltrán *y col.*, 1997), las variaciones intra e intermuscular (Reuter *y col.*, 2002; Kerth *y col.*, 2002), el proceso de enfriamiento (Lochner *y col.*, 1980), los procesos de preservación, la comercialización (Lusk *y col.*, 2001) y los métodos de preparación por parte del consumidor final (Goodson *y col.*, 2002).

La conversión del músculo en carne sucede después del proceso de faenado el animal, es allí, donde se desencadenan reacciones químicas y metabólicas que comienzan cuando se termina el suministro de oxígeno. Los procesos de degradación hacen que el glucógeno presente en el músculo se convierta en ácido láctico, lo cual conduce a un descenso progresivo del pH hasta valores cercanos a 5,5. Desde el punto de vista mecánico se produce el acortamiento y endurecimiento de la fibra muscular debido a la unión irreversible entre la actina y la miosina provocada por falta de energía suministrada por el ATP (Adenosinatrifosfato).

En este instante del proceso aparece el *rigor mortis*, el cual provoca una disminución en la capacidad de retención de agua causada por el descenso del pH, produciendo la desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas, la aproximación de las proteínas a su punto isoelectrico y la formación de actomiosina. Luego del *rigor mortis* el musculo convertido en carne se mantiene a una temperatura superior a su punto de congelación en un proceso conocido como maduración, este hace posible que la carne se torne más tierna y aromática. (Lawrie, 1998).

Durante el proceso de maduración sucede la proteólisis miofibrilar como resultado de la actividad de las enzimas proteolíticas endógenas tales como la calpaina y la captesina. Se considera que mientras pasa el tiempo de almacenamiento *post mortem* ocurren cambios estructurales debidos a la actividad enzimática y su efecto en la carga eléctrica neta. Cuando el valor del pH se encuentra cercano al punto isoelectrico de las proteínas constitutivas del músculo, en especial de la miosina, las cargas eléctricas negativas y positivas dentro de la proteína son atraídas entre si causando la reducción de la cantidad de agua que puede ser retenida por la proteína, además, hace que la estructura proteica sea compactada y pierda el espacio dentro de la proteína causando una desnaturalización parcial (Huff -Lonergan y Lonergan 2005). El área de la fibra muscular se encuentra altamente relacionada con la terneza de la carne en las primeras 24h luego de la faena pero esta relación disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la proteólisis (Crouse y col., 1991), y la pérdida progresiva de agua (Gómez Sánchez y col., 2009).

La determinación de terneza de la carne puede ser realizada mediante evaluación sensorial (Shackelford y col., 1995), y estimarse por métodos de medida indirectos tales como: mecánicos (Jeremiah y Phillips, 2000; Ruiz de Huidobro y col., 2005), ópticos (Park y col., 1998), ultrasónicos (Williams, 2002), mediciones del pH y conductividad (Byrne y col., 2000; Lee y col., 2000), además de métodos

genéticos (O'Connor y col., 1997). Se ha comprobado que la terneza se encuentra relacionada con la facilidad de fragmentación, la cual puede ser cuantificada empleando el Índice de Fragmentación Miofibrilar (Shackelford y col., 1995), entre otros. Por lo tanto se reserva el nombre de *terneza* cuando la medición se realiza de forma indirecta a través de la evaluación sensorial y *terneza instrumental* cuando la misma se estima por otros métodos.

Técnicas como la espectroscopia de impedancia y dieléctrica, que aplican campos eléctricos sinusoidales en distintas frecuencias, se han empleado para medir las propiedades eléctricas de la carne. Las lecturas se realizan usando analizadores de impedancia en un rango de frecuencia entre 0.1Hz hasta los 10 GHz. Las propiedades se pueden medir usando electrodos de inserción, de placas paralelas, y diferentes geometrías, estos pueden ser contruidos en configuración tetrapolar o bipolar (Bodakian y Hart, 1994; Whitman y col., 1996). Esta técnica ha permitido determinar el contenido graso de la carne, pues ayuda a obtener mayor información sobre la conformación del músculo bovino (Slanger y Marchello, 1994; Marchello y col., 1999; Velazco *et al.*, 1999; Bohuslávек y Augustini, 2003). Byrne y colaboradores (Byrne y col., 2000) determinaron que las medidas de impedancia eléctrica de la carne tienen una moderada correlación con sus características de calidad. Damez y cols (2008) han determinado que las mediciones instrumentales de la resistencia miofibrilar están relacionadas con la anisotropía eléctrica de la carne; algunos parámetros adicionales de calidad de la carne, en especial en cerdos también dependen de la anisotropía eléctrica (Castro Giraldez y col., 2010).

La dirección de las fibras musculares, su elongación y contracción modifican el valor de las propiedades eléctricas que se están midiendo en la carne (Swatland, 1997). En los músculos, las mediciones de permitividad eléctrica realizadas por Gabriel y Gabriel (1996) muestran anisotropía en el rango de frecuencias entre 1 Hz y 10 MHz, en las zona de dispersión Alfa

y Beta respectivamente. La dispersión Alfa se manifiesta como un aumento de la permitividad en audio frecuencias, sus efectos son causados por el proceso de difusión de los contra iones producido por la polarización del sistema sarcotubular (Foster y Schwan 1996); mientras que la Beta puede ser debida a los tamaños de células, estados iónicos internos o el grosor de la membrana (Dewberry, 2000), se considera que es debida a la carga iónica de la capacitancia de la membrana plasmática de las células bajo influencia de un campo eléctrico aplicado (Davey y col., 1992).

La anisotropía de los tejidos biológicos depende de los espacios celulares y subcelulares; la heterogeneidad puede ser caracterizada por la dependencia espacial aleatoria de los constituyentes de la materia, el tamaño, la forma, la organización espacial y las interacciones microscópicas de los átomos. (Brosseau, 2006). El movimiento de los dipolos en proteínas induce procesos de relajación dieléctricos lentos, de los cuales se puede obtener información de las propiedades dinámicas de equilibrio de los enlaces. (Kaznessis, 1999). En las membranas las propiedades eléctricas varían de acuerdo a la orientación de los grupos lipídicos polares que la constituyen y su facilidad de libre rotación. La influencia de las propiedades dieléctricas en la polarización se incrementan con la relación al grosor de la membrana y el tamaño celular (Simenova y Gimsa, 2005).

El objetivo de los experimentos fue realizar mediciones de las propiedades eléctricas de músculos vacunos en el rango de frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 10 kHz en ambos sentidos del eje de las fibras musculares (transversal y longitudinal), lo cual pretende cuantificar la anisotropía muscular eléctrica debida a la conformación de las fibras musculares y encontrar su relación con la dureza organoléptica. Con el fin de cumplir el objetivo, se realizaron dos experimentos independientes así: el primero relacionando mediciones dieléctricas con análisis sensoriales de músculos vacunos seleccionados de tres animales y el segundo relacionando mediciones dieléctricas con me-

didias organolépticas de muestras comerciales del musculo Longissimus Dorsi de diferentes animales.

## Materiales y métodos

### Preparación de la muestra para el Experimento 1

Se seleccionaron aleatoriamente tres bovinos cruzados entre raza Cebú y Brahman de un lote destinado a procesamiento de carne de un frigorífico comercial de la ciudad de Manizales (Colombia). Los pesos de los mismos al momento de la faena fueron: 470, 475 y 450 kg de peso, siendo dos de ellos de 30 meses y el restante de 32. Luego del sacrificio se dispusieron las medias reses en una sala de oreo durante 2 horas, y se almacenó en una cámara de frío a 4°C durante 2 horas. Posteriormente, y como se observa en la Figura 1, se procedió a extraer los músculos Longissimus Dorsi (LD), Bíceps Brachii (BB), Semitendinosus (ST).

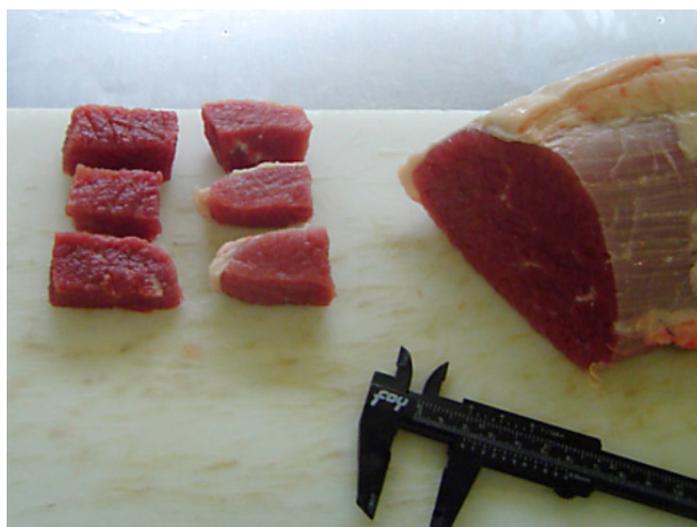
**Figura 1.**

Extracción de los tres músculos, (a) Semitendinosus, (b) Bíceps Brachii, (c) Longissimus Dorsi



**Figura 2.**

Extracción de las porciones usadas para las mediciones de cada músculo



Los músculos fueron almacenados en un refrigerador portátil y llevados al laboratorio de la Unidad Tecnológica de Alimentos de la Universidad de Caldas (Manizales, Colombia) con el fin de realizar cortes transversales a cada uno de los músculos extraídos. En una mesada previamente esterilizada, se procedió a realizar la extracción de las muestras pertenecientes a cada músculo, siendo las dimensiones de la muestra: 6 cm de largo, 3 cm de ancho y 3 cm de espesor (Figura 2).

### **Preparación de la muestra para el Experimento 2**

A 72 horas postfaena, se obtuvieron 30 muestras del músculo *Longissimus dorsi* a nivel de la 11<sup>va</sup> costilla anatómica, provenientes de animales de razas británicas. Los cortes fueron almacenados en un refrigerador portátil y luego llevados al laboratorio del Área de Análisis Físicos y Sensoriales del ITA (Castelar, Argentina). La extracción de las muestras se realizó empleando un procedimiento similar al desarrollado en el experimento No.1, las dimensiones de las muestras son idénticas a las del experimento No.1.

### **Mediciones de Espectroscopia Dieléctrica:**

Las mediciones de espectroscopia dieléctrica fueron realizadas empleando dos equipos comerciales marca Solartron (modelos 1250 y 1260) como instrumento de generación de señal y medición, fueron usados como elemento sensor una celda bipolar en acero inoxidable AISI 304 y la celda dieléctrica 12962A. El Solartron fue conectado a uno de los puertos USB de un computador IBM compatible mediante una tarjeta GPIB de National Instruments. Mediante el software ZPlot fueron programados los valores de la corriente y el rango de frecuencia. Para la primera se usó un valor de 5 mA y para la segunda un rango entre 1 Hz y 65 kHz. De otro lado, para la visualización de los datos fue empleado el software Zview que permite trazar las curvas de permitividad real e imaginaria en el espectro de frecuencias, ambos programas computacionales son distribuidos comercialmente junto con el Solartron.

Las mediciones de espectroscopia dieléctrica se realizaron por triplicado, la extracción de las muestras debió realizarse con especial cui-

dado ya que las mismas no debían contener grasa externa y/o demasiado tejido conectivo. Por tal motivo, se seleccionaron muestras pertenecientes al centro de cada rodaja de los músculos estudiados. Las medidas de la permitividad se realizaron en sentido longitudinal y transversal a la dirección del eje de las fibras musculares, por triplicado.

### Análisis Sensorial:

Las muestras para el análisis sensorial fueron cocinadas empleando una modificación del protocolo Standard de AMSA (AMSA, 1995). De cada músculo fueron extraídos filetes de 3cm de grosor puestos sobre una parrilla previamente calentada a 150° C, sin adicionarles grasa o sal. Cada filete fue cocinado por un solo lado hasta alcanzar una temperatura interna de 71 °C y posteriormente fue girado 180° para cocinarse por el otro lado hasta alcanzar los 71°, luego de lograda esta temperatura cada filete fue puesto de nuevo sobre el lado inicial durante 5 minutos. Al finalizar la cocción, el filete se dejó enfriar durante 4 horas a temperatura ambiente, luego fue refrigerado a una temperatura de 2 a 5 °C por un tiempo de 12 horas para que el filete obtuviera consistencia.

Para el experimento No.1 de cada uno de los filetes fueron extraídas muestras del centro de cada uno para realizar un análisis sensorial con un panel semi-entrenado compuesto por nueve personas de ambos sexos. En este análisis se calificaron los parámetros de dureza, elasticidad, jugosidad, sensación grasa, intensidad flavor e impresión global. Las pruebas fueron calificadas en una escala de 1 a 10.

La evaluación sensorial del experimento No. 2 se desarrolló por medio de un panel entrenado. El procedimiento realizado se hizo según los lineamientos de la norma IRAM 20019 (ISO 13299:2003) *“Análisis Sensorial- Metodología- Guía general para establecer un perfil sensorial”*. Los descriptores determinados mediante esta evaluación fueron: Terneza inicial (terneza evaluada durante las primeras 3 masticaciones

luego de acomodar la porción de la muestra entre los molares) y Terneza sostenida (terneza evaluada desde la cuarta masticación en adelante).

### Cálculo de anisotropía eléctrica

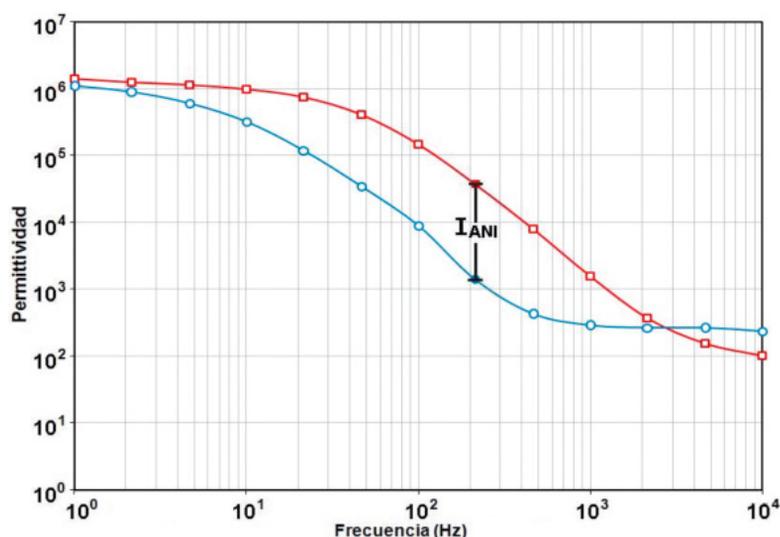
La heterogeneidad estructural depende de la distribución de tamaños de miofibrillas y grosor de membranas, las cuales producen una anisotropía dependiente de la función locomotora que cada músculo cumple. La anisotropía se presenta debido a la variación de la estructura bidireccional (longitudinal y transversal) con respecto a la alineación de las miofibrillas. Presentándose una ventana de anisotropía para bajas y medias frecuencias debida a la carga iónica de la capacitancia de la membrana plasmática de las células bajo influencia de un campo eléctrico aplicado. Se observa que los parámetros de impedancia son altamente dependientes de la dirección de la corriente eléctrica circulante en la dirección de la fibra muscular (Foster y Schwan, 1989). En general, la corriente aplicada perpendicularmente a la fibra muscular encuentra más membranas celulares y pocos espacios intersticiales que la aplicada paralela a la dirección de la fibra (Tarulli *et al*, 2006). En las mediciones realizadas en ambas direcciones de la fibra muscular se presenta una ventana de anisotropía en bajas y medias frecuencias, siendo más notable en frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 10 kHz (Figura 3).

Basado en lo anterior y tomando como base los resultados experimentales se plantean dos ecuaciones para calcular la anisotropía. La primera, la relación  $I_{ANI}$ , se calcula a partir de la máxima relación entre los valores de la permitividad longitudinal y transversal en cada frecuencia medida, la cual es considerada dentro del rango de frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 10 kHz (Ecuación 1)

$$(1) I_{ANI} = MAX \left[ \frac{\epsilon_L(f)}{\epsilon_T(f)} \right]_{1Hz}^{10kHz}$$

**Figura 3.**

Descripción geométrica del valor  $I_{ANI}$  para frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 10 kHz. Las mediciones longitudinales corresponden a los cuadrados vacíos y las medidas en sentido transversales a los círculos vacíos.



La segunda es una modificación del índice de anisotropía bidireccional muscular (Gómez-Sánchez *et al.*, 2009) empleando mediciones de permitividad a 258 Hz (Ecuación 2).

(2)

$$IAE_{perm} = \left( \sqrt{|\epsilon_L|^2 + |\epsilon_T|^2 - 2|\epsilon_L||\epsilon_T|\cos(90 - \delta)} \right)$$

Donde:

$\epsilon_L$  : Permittividad Longitudinal.

$\epsilon_T$  : Permittividad Transversal,

$\delta$  : Suma de los ángulos de pérdida dieléctrica Longitudinal ( $\delta_L$ ) y Transversal ( $\delta_T$ ).

## Resultados

### Experimento No.1

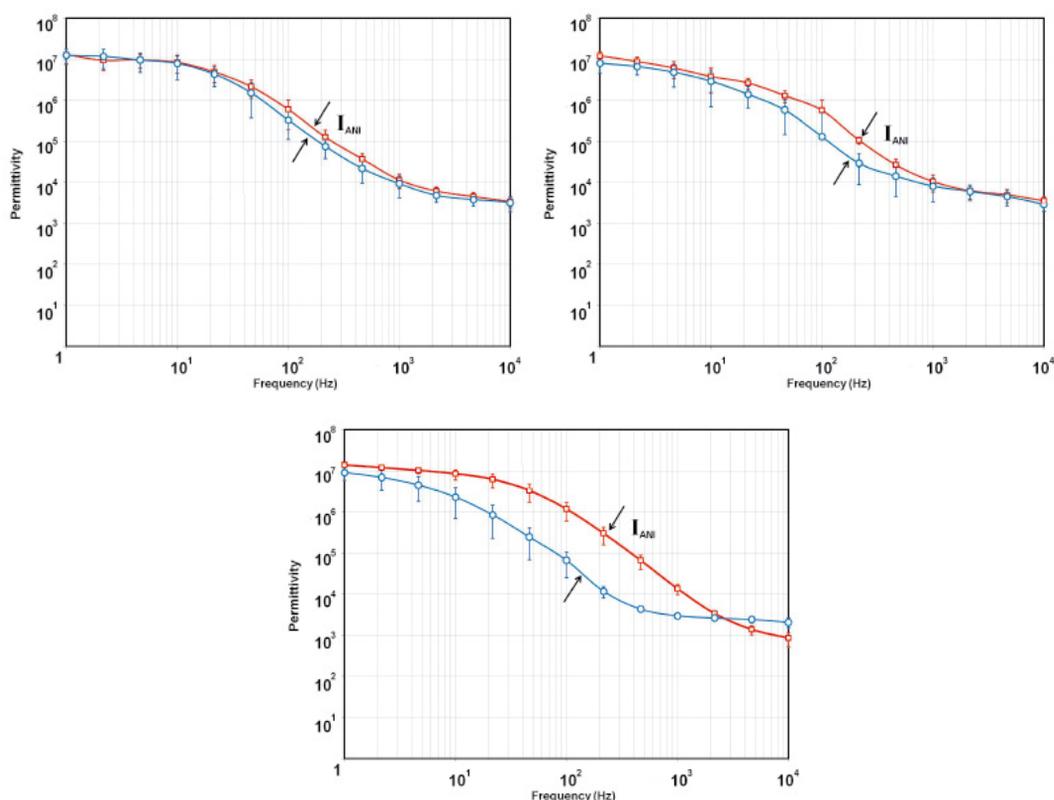
Las mediciones de espectroscopia dieléctrica realizadas en los tres músculos de los animales seleccionados muestran que las variaciones medidas longitudinal y transversalmente tienen comportamientos diferentes. En

las figuras 4a, 4b y 4c se muestran los valores de la permitividad medida en los músculos *Semitendinosus*, *Biceps Brachii* y *Longissimus Dorsi*, se puede ver como las medidas en sentido longitudinal presentan una mayor permitividad comparada con la medida en sentido transversal. Además, es evidente que el valor de  $I_{ANI}$  para el músculo *Semitendinosus* es el mayor para todos los músculos medidos, intermedio en el *Biceps Brachii* y menor en el *Longissimus Dorsi*. La mayor variación en los valores de la relación de anisotropía ( $I_{ANI}$ ) para todos los músculos se presenta en el rango de frecuencias entre 46.4 y 215 Hz.

Los valores de dureza organoléptica y la relación de anisotropía ( $I_{ANI}$ ) para cada uno de los músculos medidos son presentados en la tabla No. 1. El mayor promedio para la dureza organoléptica se presenta en el *Semitendinosus* (ST:  $8.0 \pm 0.6$ ), valores intermedios para el *Biceps Brachii* (BB:  $4.41 \pm 0.6$ ) y los valores pequeños en el *Longissimus Dorsi* (LD:  $3.44 \pm 0.6$ ). De un modo similar se encuentran distribuidos los valores de la relación de anisotropía ( $I_{ANI}$ ), el mayor valor para el músculo *Semitendinosus* (ST:  $31.7 \pm 3.4$ ), medio en el *Biceps Brachii*

**Figura 4.**

Mediciones de permitividad en tres músculos vacunos para el rango de frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 10 kHz. (a) *Semi Membranous*, (b) *Biceps Bracchii* y (c) *Longissimus Dorsi*. Las mediciones longitudinales corresponden a la línea compuesta por cuadrados vacíos mientras que las medidas en sentido transversal corresponden a los círculos vacíos.



(BB:  $4.2 \pm 0.6$ ) y bajo en el *Longissimus Dorsi* (LD:  $2.23 \pm 0.4$ ). La frecuencia promedio en la cual se encuentra el valor máximo de  $I_{ANI}$  es de 138.3 Hz para el *Longissimus Dorsi* y una frecuencia de 158.8 Hz para los otros dos

músculos *Biceps Bracchii* y *Semitendinosus*. El valor de IAE a 258 Hz es menor en el músculo Longissimus Dorsi ( $3.6 \times 10^4$ ) intermedio para el Biceps Bracchii ( $4.3 \times 10^4$ ) y mayor para el Semitendinosus ( $2.3 \times 10^5$ ).

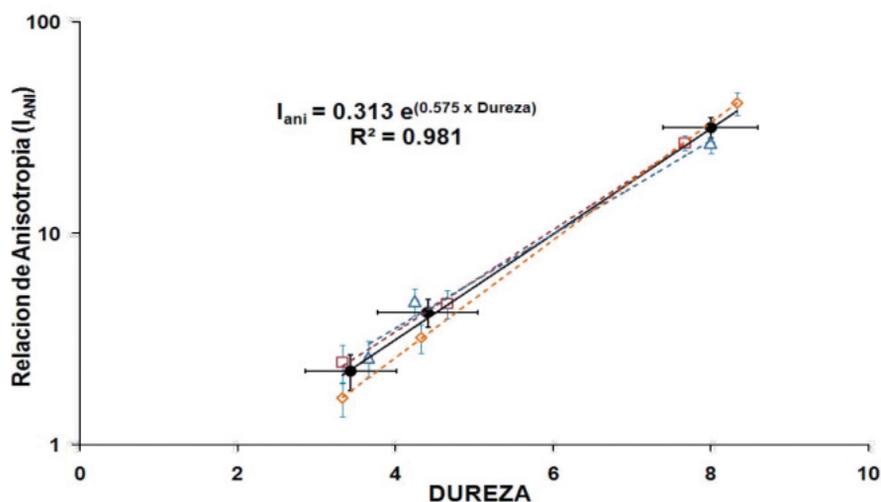
**Tabla 1.**

Valores promedio de la dureza organoléptica, la relación de anisotropía IANI y la frecuencia para el valor máximo de IANI para cada uno de los músculos bajo estudio.

	LD	BB	ST
<b>Dureza</b>	$3.44 \pm 0.6$	$4.41 \pm 0.6$	$8.0 \pm 0.6$
$I_{ANI}$	$2.23 \pm 0.4$	$4.2 \pm 0.6$	$31.7 \pm 3.4$
<b>Frecuencia (Hz)</b>	$138.3 \pm 66.3$	$158.8 \pm 97.3$	$158.8 \pm 97.3$
$IAE_{perm}$	$3.6 \pm 0.6 \times 10^4$	$4.3 \pm 1.2 \times 10^4$	$2.3 \pm 1.2 \times 10^5$

**Figura 5.**

Relación de anisotropía ( $I_{ANI}$ ) vs. Dureza organoléptica. Los valores graficados corresponden a músculos extraídos de cada animal y el valor promedio así: animal 1 (rombos), animal 2 (cuadrados), animal 3 (triángulos) y valor promedio (círculos rellenos).



Tomando como base algunos de los valores de la tabla No.1 se genera una gráfica cuyo eje de las abscisas corresponde a la dureza organoléptica mientras que la ordenada a la relación de anisotropía (figura 5). Fueron graficados de manera independiente cada uno de los tres animales usados para el experimento mostrando que existe una separación entre los diferentes puntos, es decir, los mismos músculos se agrupan de acuerdo a sus valores de relación de anisotropía y dureza. Cada animal presenta una línea de tendencia similar, ordenándose de manera ascendente por su valor de dureza y relación de anisotropía. La línea de tendencia promedio muestra una ecuación exponencial que relaciona el valor de  $I_{ANI}$  con la dureza organoléptica, ésta posee un valor de correlación de 0.981.

## Experimento No. 2

Para cada una de las muestras del músculo *Longissimus Dorsi* existe una diferencia mínima entre las mediciones de permitividad realizadas en sentido longitudinal comparadas con las transversales. El valor promedio de la relación de anisotropía ( $I_{ANI}$ ) es de  $1.22 \pm 0.6$ ,

este valor se presenta en el rango de frecuencias comprendido entre 103 y 410 Hz.

Los valores de terneza inicial (TI) y terneza sostenida (TS) comparados con el logaritmo del índice de anisotropía bidireccional ( $IAE_{perm}$ ) muestran que existe una correlación para ambos valores de terneza. En el caso de la terneza inicial el coeficiente de correlación de Pearson es de 0.673 mientras que para la terneza sostenida es de 0.663, los valores son graficados en la figura No. 6.

Se consideró un modelo de regresión lineal simple ( $n=30$ ) entre los valores obtenidos para los descriptores terneza inicial (TI) y terneza sostenida (TS), y el índice de anisotropía bidireccional ( $IAE_{perm}$ ). Se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

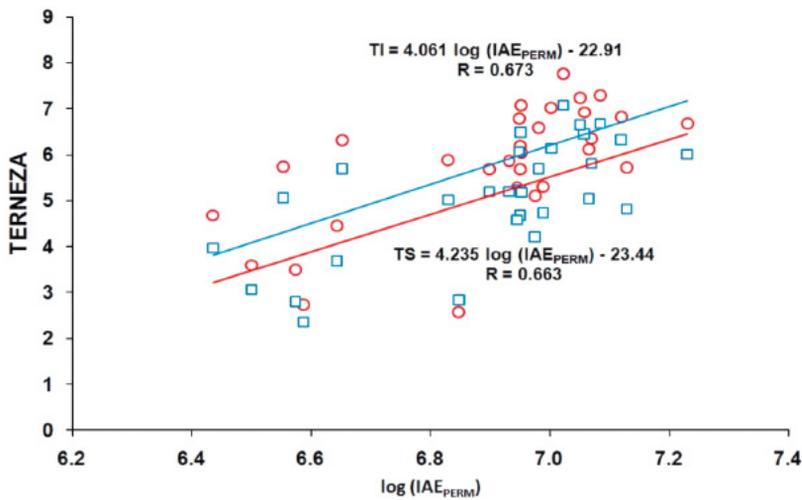
$$(3) TS = 0,839 * IAE_{perm}$$

$$(4) TI = 0,742 * IAE_{perm}$$

Para la ecuación (3) el ajuste al modelo fue de  $r^2=0,96$  ( $p<0,0001$ ) mientras que para la ecuación (4) resultó  $r^2=0,95$  ( $p<0,0001$ ), res-

**Figura 6.**

Mediciones de terneza promedio vs logaritmo del índice de anisotropía bidireccional muscular ( $IAE_{perm}$ ) para 30 muestras de Longissimus Dorsi. Los cuadrados vacíos corresponden a la terneza sostenida (TS) mientras los círculos vacíos a la terneza inicial (TI)



pectivamente; no se consideró en el mismo la ordenada al origen.

## Discusión

Se puede apreciar a simple vista que en el rango de frecuencias estudiado existen diferencias entre las mediciones de espectroscopia dieléctrica para cada músculo medido longitudinal y transversalmente (figura 4), esto puede ser debido a la conformación estructural de las fibras musculares. En general, la corriente aplicada perpendicularmente a la fibra muscular encuentra más membranas celulares y pocos espacios intersticiales que la aplicada paralela a la dirección de la fibra (Tarulli y col, 2006). Esto ocurre por que la distribución a lo largo del músculo de los contraiones y la estructura de tejido conectivo que rodean de las fibras musculares responden de manera distinta a la distribución perpendicular.

Las mediciones de las propiedades eléctricas de las fibras musculares de animales recién sa-

crificados son bastante anisotrópicas cuando son medidas en un tiempo cercano al sacrificio (Foster y Schwan, 1989). Se considera a la membrana plasmática como uno de los orígenes de esta anisotropía, puesto que se ha establecido que la membrana del retículo sarcoplasmico actúa como un aislante (Lepetit y col., 2002). En general, las mediciones realizadas a distintos tipos de músculos bovinos muestran valores de heterogeneidad en la dureza, los cuales dependen de la estructura de soporte de las fibras musculares, diámetro, tejido conectivo y localización dentro del músculo (Denoyelle y Lebihan, 2003), es valido afirmar que la anisotropía para cada uno de los tipos de músculos varía de acuerdo a la geometría de las fibras musculares que lo componen.

El perimio forma una red de colágeno que permite la adhesión con la miofibrilla y el endomio (Passerieux y col. 2006). La cantidad de tejido conectivo en el perimio depende de la función fisiológica locomotora que el músculo cumple, la raza, la nutrición, y el ejercicio (Harper *et al*, 1999; Purslow, 2005), siendo esta organización estructural del perimio y fascículos la responsable de la ter-

neza de la carne (Sifre y col, 2005). Brooks y Savell (2004) determinaron que el grosor del perimio en el músculo *semimembranosus* es mayor que en el *psaos major*, lo cual puede representar una menor permitividad en el músculo *psaos major* que en el *semimembranoso*. De otro lado, La capacitancia de la membrana sarcoplásmica y la conductividad de la fibra muscular se incrementan con el diámetro de la fibra muscular, siendo mucho más evidente el cambio en los valores de conductividad (Hodgkin y Nakajima, 1972). Las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos resultan de la interacción de la radiación electromagnética con sus constituyentes a nivel celular y molecular (Gabriel y col., 1996). En las regiones de la dispersión alfa, algunos dipolos son orientados mientras que otros se mueven. El movimiento de los dipolos es determinado por el campo aplicado y el campo propio inducido por los dipolos permanentes. En un material anisotrópico, la permitividad dieléctrica varía de acuerdo a la orientación en la cual el campo eléctrico es aplicado (Clerjon y Damez, 2009).

La relación de anisotropía  $I_{ANI}$  es menor en el músculo más blando ( $2.23 \pm 0.4$ ) y mayor en el músculo duro ( $31.7 \pm 3.4$ ). Se observa que existe una función exponencial que relaciona el valor  $I_{ANI}$  con la dureza organoléptica, es posible inferir que mediante estos valores calculados, la propiedad mecánica referida está bastante ajustada a las propiedades eléctricas anisotrópicas de cada músculo y con la actividad física que el músculo desempeña dentro del animal. El valor promedio de las mediciones de relación de anisotropía  $I_{ANI}$  es menor en las muestras de *Longissimus Dorsi* del experimento No.2 ( $1.22 \pm 0.6$ ) comparadas con el valor del experimento No. 1 ( $2.23 \pm 0.4$ ). Esto demuestra que la anisotropía va desapareciendo a medida que pasa el tiempo de almacenamiento tal como se ha mencionado en trabajos anteriores (Gómez-Sánchez y col., 2009).

El índice de anisotropía bidireccional muscular modificado ( $IAE_{perm}$ ) muestra una buena

correlación entre los datos de terneza inicial ( $r = 0.673$ ,  $p < 0,05$ ) y terneza sostenida ( $r = 0.663$ ,  $p < 0,05$ ) en el experimento No. 2; aunque este mismo índice muestra una excelente correlación ( $r = 0.934$ ) con los datos del experimento No. 1. Se puede inferir que durante el tiempo de almacenamiento *post mortem* ocurren cambios estructurales en el músculo los cuales se ven reflejados en una disminución de la permitividad total del músculo.

## Conclusión

El valor de  $I_{ANI}$  para los músculos *Longissimus Dorsi*, *Bíceps Bracchi* y *Semi Membranous* representa una medición confiable para la determinación de la dureza organoléptica de la carne vacuna, la cual puede ser empleada para determinar la calidad de la carne fresca. El índice de anisotropía bidireccional modificado puede ayudar a monitorear la calidad de la carne durante el proceso de almacenamiento y comercialización de la carne.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al PROCISUR por suministrar los fondos que fueron destinados a esta investigación, a los profesores de la Universidad de Caldas, William Aristizábal Botero y de la Universidad Nacional de Colombia, Oscar Hernán Giraldo Osorio por su valiosa colaboración en la realización de todos los experimentos, también a los investigadores del Área de Análisis Físicos y Sensoriales del Instituto Tecnología de Alimentos, Dr. Fernando Carduza, Profesora Analista en Sistemas Ana María Sancho e Ing. Fernanda Paschetta (INTA, Argentina).

## Referencias

- AMSA (1995). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat. Chicago, IL: American Meat Science Association.
- Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C., Alberti, P., Roncales, P. (1997). Effect of Stress-induced High Post-mortem pH on Protease Activity and Tenderness of Beef. *Meat Science*, 45(2), 201-207.
- Bodakian, B., & Hart, F. X. (1994). The Dielectric Properties of the Meat. *IEEE Trans. Diel. Elect. Insul.*, 1(2), 181-187
- Bohuslávěk, Z., & Augustini, C. H. (2003). Prediction of commercial classification values of beef carcasses by means of the bioelectrical impedance analysis (BIA). *Czech Journal Animal Science*, 48(6), 243-250.
- Brackebusch, A., Carr, T. R., McKeith, F. K., Dutton, D. M., & McLaren, D. G. (1991). Relationship Between Marbling Group and Major Muscle Contribution to Beef Carcass Mass. *Journal of Animal Science*, 69(2), 625-630.
- Brooks, J. C., & Savell, J. W. (2004). Perimysium thickness as an indicator of beef tenderness. *Meat Science*, 67, 329-334.
- Brosseau, C. (2006). Modelling and simulation of dielectric heterostructures: a physical survey from an historical perspectiva. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 39, 1277-1294.
- Byrne, C. E., Troy, D. J. & Buckley, D. J. (2000). Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *M. longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Science*, 54(1), 23-34.
- Castro-Giráldez, M., Botella, P., Toldrá, F., & Fito, P. (2010). Low-frequency dielectric spectrum to determine pork meat quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 376-386.
- Crouse, J. D., Koohmararie, M., & Seideman, S. D. (1991). The Relationship of Muscle Size to Tenderness of Beef. *Meat Science*, 30, 295-302.
- Clerjon, S. & Damez, J. L. (2009). Microwave sensing for an objective evaluation of meat ageing. *Journal of Food Engineering*, 94(3-4), 379-389.
- Damez, J. L., Clerjon, S., Abouelkaram, S., & Lepetit, J. (2008). Electrical impedance probing of the muscle food anisotropy for meat ageing control *Food Control*, 19(10), 931-939.
- Davey, C. L., Davey, H. M., & Kell, D.B. (1992). On the Dielectric Properties of Cell Suspensions at High Volume Fractions. *Bioelectrochem. Bioenerg.*, 28, 319-340.
- Dewberry, B. (2000). A Review of Electrical Impedance Spectrometry Methods for Parametric Estimation of Physiologic Fluid Volumes (MSFC Center Director's Discretionary Fund Final Report, Project 96-03). Marshall Space Flight Center, Alabama: NASA.
- Foster, K. R. & Schwan, H. P. (1996). Dielectric Properties of Tissues. En: C. Polk, & E. Postow (Eds.), *CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields* (pp. 25-101). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Foster, K. R. & Schwan, H. P. (1989). Dielectric Properties of Tissues and Biological Materials: A Critical Review. *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, 17, 25-104.
- Gabriel, S., Lau, R. W., & Gabriel, C. (1996). The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz. *Phys. Med. Biol.*, 41, 2251-2269.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutritional Development*, 41(1), 1-26
- Gómez-Sánchez, J. A., Aristizábal-Botero, W., Barragán-Arango, P. J., & Felice, C. J. (2009) Introduction of a muscular bidirectional electrical anisotropy index to quantify the structural modifications during aging in raw meat. *Measurement Science and Technology*, 20(7).
- Harper, G. S., Allingham, P. G., & Le Feuvre, R.P. (1999). Changes in connective tissue of *M. semitendinosus* as a response to different growth paths in steers. *Meat Science*, 53, 107-114.
- Hodgkin, A. L., & Nakajima, S. (1972). The effect of diameter on the electrical constants of frog skeletal muscle fibres. *J. Physiol.*, 221, 105-120.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Review - Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71, 194-204.
- Jeremiah, L.E. & Phillips, D. M. (2000). Evaluation of a probe for predicting beef tenderness. *Meat Science*, 55, 493-502.
- Kaznessis, Y. N., Hill, D.A., & Maginn, E. J. (1999). Concentration and Size Dependence of Dielectric Strength and Dielectric Relaxation of Polymers in Solutions of a  $\epsilon$  Solvent via Molecular Dynamics Simulations. *Macromolecules*, 32, 1284-1292.
- Kerth, C.R., Montgomery, J. L., Lansdell, J. L., Ramsey, C. B., & Miller, M. F. (2001). Shear gradient in longissimus steaks. *Journal of Animal Science*, 80, 2390-2395.
- Koohmararie M. Biochemical Factors Regulating the Toughening Tenderization Processes of Meat. *Meat Science*. 1996;43(8):S193-S201
- Lawrie, R. A. (2006). *Lawrie's Meat Science*. Seventh edition. Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited.
- Lee, S., Norman, J. M., Gunasekaran, S., van Laack, R. L. J. M., Kim, B. C., & Kauffman, R. G. (2005). Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science*, 55, 385-389.
- Lepetit, J., Sale, P., Favier, R., & Dalle, R. (2002). Electrical Impedance and Tenderisation in Bovine Meat. *Meat Science*, 60, 51-62.
- Lochner, J. V., Kauffman, R. G., & Marsh, B. B. (1980). Early-postmortem cooling rate and beeftenderness. *Meat Science*, 4, 227-241

- Lorenzen, C. L., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J. W., Belk, W. E., Frederick, T. L., et al. (1993) National Beef Quality Audit: Survey of Producer-Related Defects and Carcass Quality and Quantity Attributes. *Journal of Animal Science*, 71, 1495-1502.
- Lusk, J.L., Fox, J.A., Schoroeder, T.C., Mintert, J., & Koohmaraie, M. (2001). In-Store Valuation of Steak Tenderness. *Amer. J. Agr. Econ.*, 83(3), 539-550.
- Maher, S.C., Mullen, A.M., Keane, M.G., Buckley, D.J., Kerry, J.P., & Moloney, A.P. (2004). Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre- and post-slaughter management. *Meat Science*, 67, 33-43.
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R., & Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 337-34.
- Marchello, M.J., Slinger, W. D., & Carlson, J. K. (1999). Bioelectrical Impedance: Fat Content of Beef and Pork from Different Size Grinds. *Journal of Animal Science*, 77, 2464-2468.
- Marsh, B. B. (1952). Observation on Rigor Mortis in whale muscle. *Biochim Biophys. Acta*, 9, 127-132.
- Mintert, J., Lusk, J. L., Schroeder, T. C., Fox, J. A., & Koohmaraie, M. (2000). Valuing Beef Tenderness. Kansas State University.
- Park, B., Chen, Y. R., Hruschka, W. R., Shackelford, S. D. & Koohmaraie, M. (1998). Near-Infrared Reflectance Analysis for Predicting Beef Longissimus Tenderness. *Journal of Animal Science*, 76, 2115-2120.
- O'Connor, S. F., Tatum, J. D., Wulf, D. M., Green, R. D., & Smith, G. C. (1997). Genetic Effects on Beef Tenderness in *Bos indicus* Composite and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, 75, 1822-1830.
- Passerieux, E., Rossignol, R., Chopard, A., Carnino, A., Marini, J. F., Letellier, T., & Delage, J. P. (2006). Structural organization of the perimysium in bovine skeletal muscle: Junctional plates and associated intracellular subdomains. *Journal of Structural Biology*, 154, 206-216
- Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70, 435-447.
- Reuter, B. J., Wulf, D. M., & Maddock, R. J. (2002). Mapping intramuscular tenderness variation in four major muscles of the beef round. *Journal of Animal Science*, 80, 2594-2599
- Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Blázquez, B., & Anega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*, 69, 527-536.
- Sañudo, C., Alberti, P., Campo, M. M., Olleta, J. L., & Panea, B. (1998). Calidad Instrumental de la Carne de Bovino de Siete Razas Españolas. *Arch. Zootec.*, 48, 397-402.
- Sami, A. S., Augustini, C., & Schwarz, F. J. (2004). Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Science*, 67, 195-201.
- Savell, J.W., Mueller, S. L., & Baird, B. E. (2005). Review - The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70, 449-459.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (1995). Relationship Between Shear Force and Trained Sensory Panel Tenderness Ratings of 10 Major Muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 3333-3340.
- Sifre, L., Berge, P., Engel, E., Martin, J. F., Bonny, J. M., Listrat, A., Taylor, R., & Culioli, J. (2005). Influence of the Spatial Organization of the Perimysium on Beef Tenderness. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 8390-8399.
- Simeonova, M., & Gimsa, J. (2005). Dielectric anisotropy, volume potential anomalies and the persistent Maxwellian equivalent body. *J. Phys.: Condens. Matter*, 17, 7817-7831.
- Slinger, W. D., & Marchello, M. J. (1994). Bioelectrical Impedance Can Predict Skeletal Muscle and Fat-free Skeletal Muscle of Beef Cow Primal Cuts. *Journal of Animal Science*, 72, 3124-3130.
- Swatland, H. J. (1997). Observations on Rheological, Electrical, and Optical Changes During Rigor Development in Pork and Beef. *Journal of Animal Science*, 75, 975-985.
- Tarulli, A. W., Chin, A. B., Partida, R. A., & Rutkove, S. B. (2006). Electrical impedance in bovine skeletal muscle as a model for the study of neuromuscular disease. *Physiol. Meas.*, 27, 1269-1279.
- Tornberg, E. (1996). Biophysical Aspects of Meat Tenderness. *Meat Science*, 43(S), S175-S196.
- van Vleck, L. D., Hakim, A. F., Cundiff, L. F., Koch, R. M., Crouse, J.D., & Boldman, K. G. (1992). Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. *Journal of Animal Science*, 70, 363-371.
- Velazco, J., Morrill, J. R., & Grunewald, K. K. (1999). Utilization of Bioelectrical Impedance to Predict Carcass Composition of Holstein Steers at 3, 6, 9, and 12 Months of Age. *Journal of Animal Science*, 77, 131-136.
- Villaruel, M., Mar, G. A., Sañudo, C., Olleta, J. L., & Gebresenbet, G. (2003). Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Science*, 63, 353-357.
- Whitman, T. A., Forrest, J. C., Morgan, M.T., & Okos, M. R. (1996). Electrical Measurement for Detecting Early Postmortem Changes in Porcine Muscle. *Journal of Animal Science*, 74, 80-90.
- Williams, A. R. (2002). Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science*, 80(E. Suppl. 2), E183-E188.
- Wulf, D.M. & Page, J. K. (2000). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science*, 78, 2595-2607.

# Análisis de imagen en calidad de carne

Diseño y desarrollo del software  
SAE 3C INTA-PROCISUR

Fernanda Paschetta<sup>1-2</sup>, Ana María Sancho<sup>2-3</sup>, Gabriela Grigioni<sup>2-3-4</sup> & Teresa García<sup>2-3</sup>

1 Comisión de Investigaciones Científicas, Buenos Aires, Argentina.

2 Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón, Buenos Aires, Argentina.

3 Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina.

4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

## Introducción

La evaluación en línea, con el propósito de evaluar la calidad y el rendimiento de la carne de un modo rápido, fiable y no destructivo (Swatland, 2003) nos permite integrar los procedimientos del laboratorio con la tecnología industrial.

En la planta frigorífica, cuando se expone el ojo de bife (práctica que implica, por ejemplo, el corte con sierra a nivel de la 11<sup>va</sup> costilla anatómica, en Argentina) es posible realizar las siguientes mediciones: largo y ancho con regla metálica, determinación del área de ojo de bife mediante cuadrícula y el espesor de grasa dorsal con regla milimetrada; además de utilizarse las cartillas de escala de veteado para su clasificación.

En los principales países productores y exportadores de carnes rojas se verifica una marcada tendencia a sustituir los antiguos sistemas de clasificación subjetiva de reses por modernos sistemas objetivos (Teira y col., 2006). Instrumentos basados en técnicas de análisis de imagen digital y ultrasonido, entre otros, han sido desarrollados y/o adaptados en varios

países europeos, Estados Unidos e inclusive en Argentina y Brasil (Borggaard y col., 1996; Cannell y col., 1999; Zamorano y col., 2000; Teira y col., 2003; Shackelford y col., 1998).

Diversos estudios demuestran que los sistemas instrumentales entregan igual o mayor exactitud, precisión y repetibilidad que los sistemas subjetivos en la determinación de los parámetros de interés. Aunque probablemente el principal beneficio sea la mayor confianza que inspiran en los productores cuando la retribución se efectúa en base a la calidad y el rendimiento obtenido (Teira y col., 2006)

La técnica de análisis de imagen se basa en la adquisición y digitalización de una imagen captada mediante una toma fotográfica u otro método o interfaz. La digitalización convierte la imagen grabada en una matriz de puntos, que son identificados en soporte informático en función de sus coordenadas de posición, de luminosidad y de color, entre otras (Swatland, 2003). Toda la información que proporciona la imagen permite numerosas aplicaciones dentro del campo de la producción animal (Van der Stuyft y col., 1991). Según Mendizabal y col. (2001) son varias las aplicaciones que permite la técnica de análisis de imagen en la determinación de calidad de carne y de la res: estimación del peso vivo y peso de la res,

conformación de la res, composición tisular, medida del grado de vetado, medida del color, estimación de la terneza, medida de la capacidad de retención de agua, entre otras. Swatland (2003) propone además la técnica de análisis de imágenes para determinar las áreas musculares y el espesor de grasa dorsal.

Según Teira y col. (2006) esta tecnología resulta importante a la hora de predecir el rendimiento en cortes comerciales de una res o clasificar su calidad, pero cuando se trata de conocer o estimar la terneza individual de las mismas es necesario profundizar los estudios.

En la actualidad se conocen diversos sistemas de análisis de imágenes que han sido desarrollados en diferentes países: VIAScan® (Australia), BCC-2 (Dinamarca), VBS 2000 (Alemania), Norma-Class (Francia), Automatix (Inglaterra), Lacombe CVS (Canadá), entre otros. A pesar de que hoy en día se disponen de estos sistemas, resulta conveniente desarrollar un sistema automático compatible con características de faena y de calidad de carne propia del país donde será implementado. Por otro lado, los softwares que se ofrecen a la venta, se comercializan como “paquetes cerrados” por lo que no es posible continuar con el desarrollo del sistema de medición automático para la inclusión de otras variables de importancia.

## Objetivo

El objetivo de nuestra investigación fue diseñar y desarrollar un software que mediante análisis de imagen digital obtenida en condiciones estandarizadas, permite determinar el área, largo y ancho del ojo de bife, espesor de grasa dorsal y porcentaje de grasa intramuscular.

El prototipo a escala de laboratorio obtenido se denominó *SAE-3C* INTA PROCISUR (Derecho de Autor N° 06420, noviembre 2009; Autores: F. Paschetta, G. Grigioni, A. Sancho; Titular: INTA)

## Materiales y métodos

### Desarrollo del software *SAE 3C* INTA-PROCISUR

Para lograr nuestro objetivo se realizaron distintos ensayos en los laboratorios de las Áreas de Análisis Físicos y Sensoriales, y de Bioquímica y Nutrición del Instituto de Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.

Se evaluaron muestras de músculo *Longissimus dorsi*, obtenidas a la altura de la 11<sup>va</sup> costilla anatómica, de animales provenientes de Argentina y de Uruguay destinados a exportación. En todos los casos se conocían la procedencia y las categorías de los animales. Estos ensayos fueron realizados con el fin de optimizar la metodología para: la estandarización de las tomas fotográficas (determinación de la geometría, eliminación de brillos y sombras, etc.); el desarrollo del algoritmo para la determinación de áreas musculares y de grasa por contraste; adición de escala como unidad de medida; entre otros.

Los resultados fueron validados satisfactoriamente respecto de mediciones (consideradas de referencia) con regla y planímetro en el caso de largo, ancho y área de ojo de bife, y determinaciones bioquímicas de contenido de grasa intramuscular.

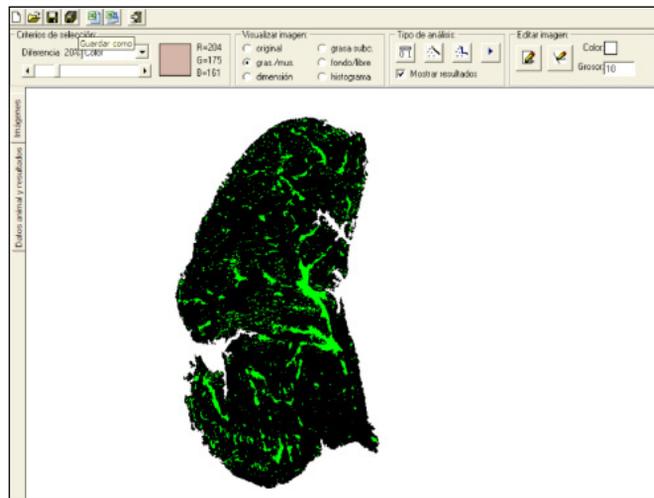
Se analizó y ajustó la repetibilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos a través de análisis de imágenes. Dada la complejidad de la delimitación del área de ojo de bife, en función de la irregularidad de su contorno, se procedió a realizar un ajuste en la delimitación y posterior estimación de la superficie utilizando figuras geométricas simples y complejas de área conocida. Además se analizaron los valores obtenidos a partir de fotografías de calcografías. En ambos casos se obtuvieron valores de correlación aceptables ( $r^2 > 0,9$ ).

El software SAE-3C INTA-PROCISUR fue diseñado para realizar determinaciones a través de contrastes blancos y negros. Para ello el algoritmo desarrollado realiza la conversión de la imagen a color a una imagen blanco y negro. A través de ese contraste se determinaron áreas correspondientes a músculo y a grasa (intramuscular y subcutánea), donde áreas negras

son identificadas como músculo y áreas blancas como grasa. La grasa intramuscular es coloreada por el software en verde, para diferenciarse de la grasa dorsal (figuras 1 y 2). El sistema computa la cantidad de píxeles que se encuentra en cada una de esas áreas y luego las convierte, mediante una escala de referencia de unidad de medida, en cm o cm<sup>2</sup>, según corresponda.

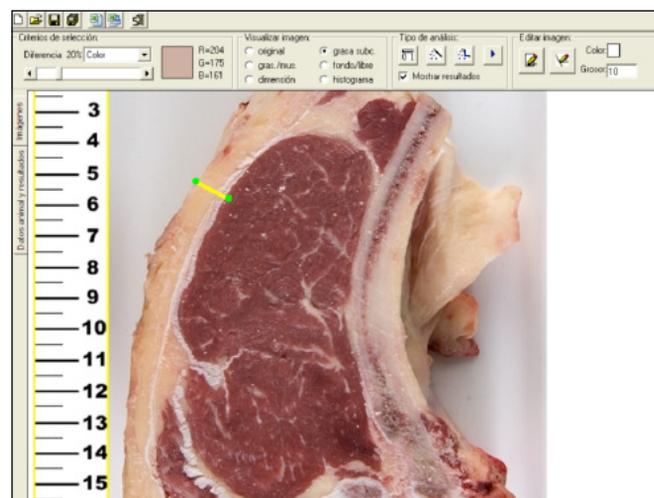
**Figura 1.**

Área de ojo de bife procesada por el SAE 3C-INTA-PROCISUR. Las áreas coloreadas en negro corresponden a músculo y las áreas coloreadas en verde a grasa intramuscular.(T)



**Figura 2.**

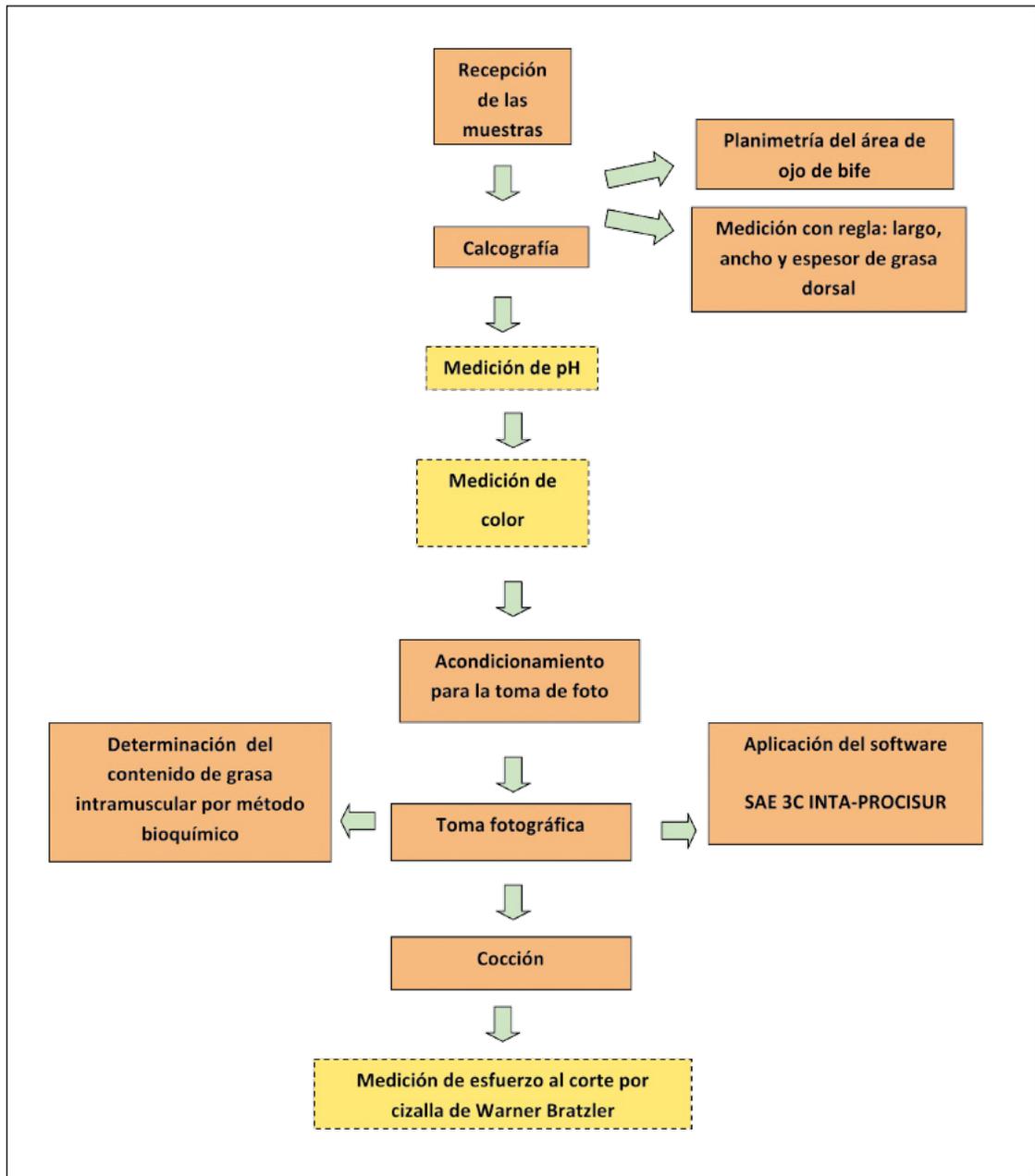
Segmento en color amarillo trazado por el SAE 3C-INTA-PROCISUR, para la determinación del espesor de grasa dorsal.



## Evaluación de la respuesta del software SAE 3C INTA-PROCISUR

Una vez optimizado el algoritmo se procedió a evaluar su performance. Para ello se analizaron 30 muestras de *Longissimus dorsi* de

novillos británicos destinados a exportación, provenientes de dos frigoríficos comerciales de Buenos Aires, Argentina. El estudio consistió en la determinación de parámetros de calidad de carne, siguiendo la secuencia de trabajo que se presenta a continuación:



Las mediciones de color, pH y esfuerzo al corte por cizalla de Warner Bratzler se realizaron a fin de complementar las medidas actuales y generar una base de datos compatibles con futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo de un método de predicción de terneza en carne mediante técnicas físico-químicas y análisis de imágenes.

## Metodología

### Parámetros geométricos

La calcografía se realizó sobre muestras refrigeradas con base ósea en papel de acetato de celulosa.

El área de ojo de bife (AOB) se determinó con planímetro digital Placom KP-92N, por triplicado. El valor obtenido se expresó en  $\text{cm}^2$ .

El largo se determinó como el segmento resultante de la unión del punto más extremo superior y el punto más extremo inferior del AOB. La determinación se realizó con regla milimetrada y se expresa cm.

El ancho se determinó como el segmento resultante de la unión del punto más extremo izquierdo y el punto más extremo derecho del AOB, respecto a un plano perpendicular a la línea trazada del largo. La determinación se realizó con regla milimetrada y se expresa cm.

Para la determinación del espesor de grasa dorsal se dibujó un punto a  $\frac{1}{4}$  superior del largo del AOB. Luego se trazó la tangente a ese punto y se delineó la perpendicular a la tangente hasta el límite del espesor de grasa dorsal.

El software realiza los mismos procedimientos para efectuar las mediciones automáticas.

### pH

La medición del pH se realizó con un peachimetro de mesada con electrodo de punción (Instrumentalia Thermo Orion model 420).

### Color

El color se determinó con un espectrocolorímetro Spectro-Guide 45/0 Gloss BYK Gardner siguiendo los lineamientos establecidos por AMSA (American Meat Science Association), 1991. Se utilizó el Iluminante D65 y el sistema CIELab.

### Fotografías

#### Acondicionamiento

Previo a la toma de fotográfica se procedió al acondicionamiento de las muestras. La misma se llevó a cabo con papel absorbente para eliminar restos de grasa subcutánea producidos por el corte con sierra eléctrica. Este paso tiene especial importancia ya que esas partículas de grasa producen interferencias en la imagen fotográfica.

#### Tomas fotográficas

La toma de fotos se llevó a cabo sobre muestras crudas, dispuestas en bandejas blancas, junto con una escala numérica de referencia blanca y negra.

La captura fotográfica se realizó con una Cámara digital Canon Eos 30D 8,2mp, con objetivo Canon EF-S 17-85 1:4-5.6 IS USM. Las fotografías fueron tomadas con el objetivo ubicado en posición de teleobjetivo, en 70 mm, equivalente a una distancia focal de 100 mm para lentes de 35 mm en cámaras analógicas. Se utilizaron 2 flashes Studio Elinchrome de 500 watts, puestos de manera indirecta, usando sombrillas reflectantes.

#### Esfuerzo al corte con cizalla de Warner Bratzler

La cocción de las muestras se realizó en plancha de doble contacto tipo industrial. Las muestras fueron cocinadas en forma estándar hasta una temperatura interna final de  $71\text{ }^\circ\text{C}$ , registrada con termocuplas tipo T insertas en el centro geométrico de las mismas. Luego

se conservaron en refrigeración a  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 12 horas. Posteriormente se realizó la medición del esfuerzo al corte con cizalla de Warner Bratzler por sextuplicado. La metodología desarrollada se ajusta a los lineamientos de American Meat Science Association (AMSA, 1995).

## Contenido de grasa intramuscular

El contenido de grasa intramuscular se determinó siguiendo la metodología descripta a continuación. De las muestras de carne se extraen alícuotas de 5 g, libres de grasa externa, por duplicado. Se homogeneizan y posteriormente se deshidratan en estufa a  $100^{\circ}\text{C}$ - $105^{\circ}\text{C}$ . A continuación se realiza la extracción con hexano a ebullición en un equipo TECATOR SOXTEC SYSTEM HT 1043 Extraction Unit.

### Análisis estadístico:

Con el objetivo de medir la relación existente entre las variables manuales y automáticas se aplicó un modelo de regresión lineal para obtener la recta de mejor ajuste del modelo y la correlación de Pearson a las variables estudiadas: largo manual (LM), largo software (LS), ancho manual (AM), ancho software (AS), área de ojo de bife manual (AOBM), área de ojo de bife software (AOBS), contenido de grasa intramuscular bioquímica (CGIB), contenido de grasa intramuscular software (CGIS), espesor de grasa dorsal manual (EGDM) y espesor de grasa dorsal software (EGDS).

Cada observación se estimó como:

$$Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Siendo

$Y_i$  = la  $i$ -ésima observación de la variable dependiente

$\beta_1$  = la pendiente

$X_i$  = la  $i$ -ésima observación de la variable independiente

$\varepsilon_i$  es el término del error que se distribuye normalmente, independiente e idénticamente distribuido.

El modelo no consideró la ordenada al origen y permitió calcular los intervalos de confianza a partir de la ecuación de la recta.

## Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan valores de mínimos, máximos, medias, desvíos estándares y cuadrados medios del error, de cada una de las variables estudiadas. Las variables determinadas por el software presentaron Los mayores desvíos respecto de las que fueron determinadas manualmente, a excepción de la variable EGD.

En la tabla 2 se muestran las ecuaciones de predicción, número de muestras ( $n$ ), coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y significancia (valor  $P$ ) de cada variable. En el caso del espesor de grasa, se continúa trabajando para optimizar la medición con el software, mediante una correcta determinación del punto de medición. Solo se consideraron aquellas muestras en donde el software calculó el espesor de grasa dorsal en la posición correcta. Por tal motivo el tamaño de la muestra resultó menor.

En la tabla 3 se observan los intervalos de confianza (límites superiores e inferiores) correspondientes a los parámetros medidos por el SAE 3 C INTA-PROCISUR. En esos rangos se obtuvieron las menores diferencias con respecto a las mediciones manuales.

**Tabla 1:**

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desvío Estándar	Delta del Desvío Estándar
LM	10,72 cm	18,49cm	13,57	1,99	0,08
LS	11,25 cm	18,30cm	13,02	2,07	
AM	5,70 cm	10,00cm	7,38	1,17	0,52
AS	2,94 cm	10,13cm	6,04	1,69	
AOBM	50,75 cm <sup>2</sup>	91,95cm <sup>2</sup>	67,54	12,77	0,52
AOBS	44,67 cm <sup>2</sup>	88,60cm <sup>2</sup>	66,88	13,29	
CGIB	0,77 %	3,73 %	2,30	0,85	0,94
CGIS	1,57 %	8,30 %	4,08	1,79	
EGDM	6,5 cm	22,5 cm	9,38	3,84	0,78
EGDS	1,3 cm	9,15 cm	4,26	3,06	

**Tabla 2:**

Variable	Ecuación de predicción	N	R <sup>2</sup>	P
Largo	LM=1,040*LS	30	0,99	p<0,0001
	LS=0,960*LM			
Ancho	AM=1,186*AS	28	0,92	p<0,0001
	AS=0,771*AM			
Área de ojo de bife	AOBM=0,999*AOBS	27	0,99	p<0,0001
	AOBS=0,988*AOBM			
Contenido de grasa intramuscular	CGIB=0,503*PGIS	27	0,82	p<0,0001
	CGIS=1,658*CGIM			
Espesor de grasa dorsal	EGDM=1,513*EGDS	16	0,72	p<0,0001

**Tabla 3:**

Variable	Intervalos de confianza	
	Límite inferior	Límite superior
LS	12,67	13,38
AS	5,11	6,96
AOBS	63,5	71,82
CGIS	2,92	5,23
EGDS	3,1	5,9

## Conclusión

El estudio mostró resultados alentadores en las mediciones realizadas con el software SAE 3C INTA-PROCISUR. Esta afirmación se debe a que existe una buena relación entre los parámetros determinados en los laboratorios y el software SAE 3C INTA-PROCISUR. Las variables largo y área del ojo de bife mostraron las mejores relaciones.

Estudios posteriores serían necesarios para continuar con el proceso de mejora del algoritmo desarrollado. En particular para el espesor de grasa dorsal, se deberá optimizar tanto el registro de la imagen a fin de evitar la interferencia ocasionada por sombras y la propia deformación del bife, así como el procedimiento de cálculo.

Desde el estado actual del software quedarían por recorrer dos avenidas principales relacionadas con la tecnología y la estimación de terneza. La primera avenida relacionada con el diseño y desarrollo de un prototipo a escala

industrial y la adaptación del software para un manejo más amigable por parte de personal de planta no calificado. Y la segunda, vinculada con el desarrollo de un algoritmo para la estimación de terneza e incluirlo como una herramienta adicional del software SAE 3C INTA-PROCISUR.

## Participantes

Los profesionales y técnicos del Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, INTA, Castelar, que participaron en este desarrollo son:

- Dra. Gabriela Grigioni
- Ing. M. Fernanda Paschetta
- *Dra. Teresa Pilar García*
- *Analista en Sistemas Ana María Sancho*
- *Técnica de laboratorio Mónica Pecile*
- *Técnica de laboratorio Karina Moreno*
- *Técnico de laboratorio Luis Sanow*
- *Dr. Martín Irurueta*
- *Dr. Fernando Carduza*

## Referencias

- Borggaard, C.; Madsen, N., Thodberg, H., 1996. In line image analysis in the slaughter industry, illustrated by beef carcass classification. *Meat Science*, 43: s151 - s163.
- Cannell, R., Tatum, J., Belk, K., Wise, J., Clayton, R., Smith, G. 1999. Dual- Component Video Image Analysis System (VIASCAN) as a Predictor of Beef Carcass Red Meat Yield Percentage and for Augmenting Application of USDA Yield Grades. *Journal of Animal Science*, 77:2942-2950.
- Mendizabal, Goñi, 2001. Aplicaciones de la técnica de análisis de imagen en la determinación de la calidad de la canal y de la carne. *Revisión. Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim. Vol. 16 (1)*.
- Shackelford, S., Wheeler, T., Koohmaraie, M. 1998. Coupling of image analysis and tenderness classification to simultaneously evaluate carcass cutability, longissimus area, subprimal cut weights, and tenderness of beef. *Journal of Animal Science*, 76:2631-2640.
- Swatland, H. 2003. Evaluación de la carne en la cadena de producción. España: Ed. Acribia, S.A. 333 pp.
- Teira, G., Tinois, E., Lotufo, R., Felicio, P. 2003. Digital image-analysis to predict weight and yields of boneless subprimal beef cuts. *Scientia Agricola*, 60:403-408.
- Teira, Perlo, Bonato, Tisocco, 2006. Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnología N° 33, Año XVII (173-193)*
- Van Der Stuyft, E., Schofield, C., Randall, J., Wambacq, P., Goedseels V. 1991. Development and application of computer vision systems for use in livestock production. *Computers and Electronics in Agriculture* 6, 243-265.
- Zamorano, J., Carduza, F., Lasta, J., Mejail, M. 2000. Image analysis techniques for evaluation of meat yield indicators of bovine carcass. *Proceedings of 46° International Congress of Meat Science and Technology*. p.378-379. Buenos Aires.

# La calidad y diferenciación en carne bovina: oportunidades en el mercado global

Ing. Agr. Felipe D'Albora

Técnico encargado del Área de Estándares, Protocolos y Programas de la Dirección de Control y Desarrollo de Calidad (DCDC) Instituto Nacional de Carnes (INAC), Uruguay.

Vice-chairman del Comité de Sector de Producción Animal de GLOBALGAP.

## Introducción

La presente contribución posee un perfil que se alinea plenamente al cumplimiento de uno de los objetivos relevantes del Instituto Nacional de Carnes (INAC), tal cual es la promoción de las carnes uruguayas en el exterior.

Profundizando en este sentido, buscamos que este artículo pueda mostrar claramente lo realizado en la materia hasta el presente desde el punto de vista del cumplimiento de la misión del INAC, en relación a promover el agregado de valor facilitando el vínculo entre productores, industriales, comercio exterior e inversores y especialmente, desde el punto de vista de su misión, cual es la de posicionar la Cadena Cárnica uruguaya como proveedora de productos adaptados a la demanda de los consumidores.

Como articulador referente de la Cadena Cárnica, INAC se encuentra por lo tanto en una condición muy favorable para cumplir sus cometidos en forma global, al mismo tiempo que ejecutando en forma paralela estrategias de diferenciación con el objetivo de un mejor posicionamiento de las carnes uruguayas en el mundo.

## Cursos de acción para posicionarse

### Implementación de una Estrategia de Diferenciación

En un entorno que parece no cambiar, el sector de los alimentos primarios, especialmente el de la carne vacuna, emite señales cada vez más intensas en relación a los requisitos que el consumidor final exige al momento de decidir su compra.

El fuerte impacto de los diferentes cambios ocurridos a nivel global en relación a la inocuidad alimentaria, bienestar animal, cuidado del ambiente y bienestar social del trabajador rural inciden notoriamente en el consumidor final al momento de definir su compra. Estos atributos son motivo de preocupación manifiesta por parte de dichos consumidores y la identificación de esta circunstancia hizo, junto a otros elementos de valoración a nivel institucional, que se torne impostergable profundizar los mecanismos y procedimientos que provean las garantías de seguridad correspondientes, en relación a la fiabilidad del alimento a comprar.

Estos requisitos están asociados a la inocuidad alimentaria y la nutrición, seguramente, pero

especialmente reflejan la voluntad de dicho consumidor en conocer cómo es que dicho producto ha sido obtenido. Se suman así requerimientos en relación al cuidado del medio ambiente, el bienestar animal, la calidad de vida, todo lo cual redondea la idea central que está en juego y que se puede sintetizar en las expresiones: “carne sana” y “confianza”.

El concepto de carne sana y confiable va ganando cada vez más espacios y en esa tendencia es que se profundiza por parte de INAC, la estrategia de diferenciación de producto a través de una marca, para obtener un mayor valor agregado.

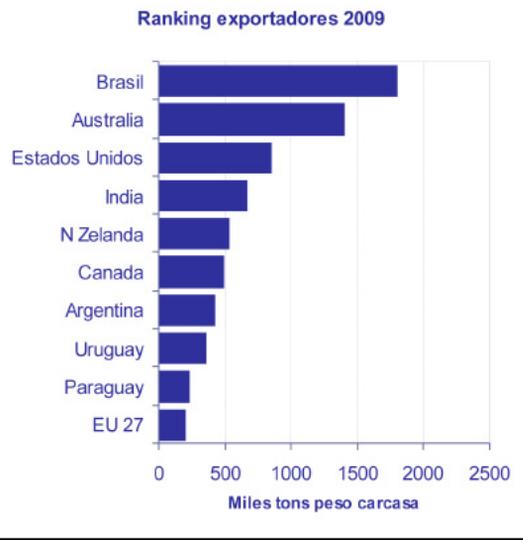
El gráfico 1 nos muestra que el camino a profundizar a los efectos de un mayor y mejor posicionamiento de nuestra carne bovina no pasa por únicamente jugarse a la obtención de una escala de producción-precio (cantidad), sino más bien, independientemente del esfuerzo que podamos dedicarle al aumento del volumen, centrarse en la diferenciación a través de la calidad asociada al proceso de producción (calidad).

Es decir, se entiende que en el mediano y largo plazo, nuestros ingresos de exportación, especialmente de carne bovina, podrán maximizarse si a los esfuerzos de aumento de la escala

**Gráfica 1.**

Comparativo ranking exportadores.

Fuente: USDA



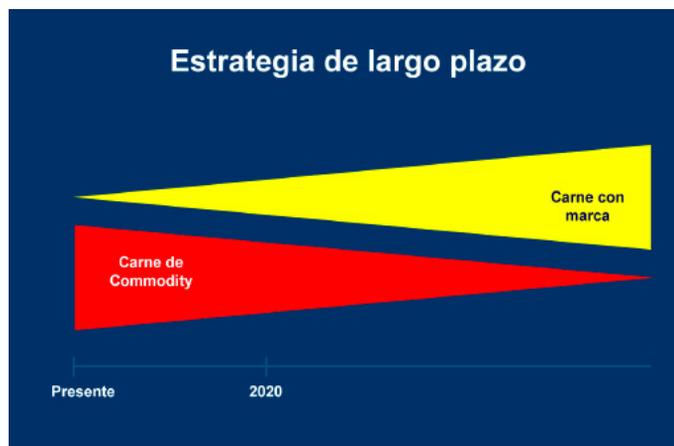
productiva, se le acompaña con una firme potenciación de las estrategias de diferenciación de producto, a través de las marcas de calidad.

En este sentido, los cursos de acción emprendidos hace ya algunos años evidencian que ha sido posible la obtención de herramientas de diferenciación operativas, pero cuyo impacto fi-

**Gráfica 2.**

Diagrama de estrategia de largo plazo.

Fuente: DME – INAC



**Figura 1.**

Diferenciación y Desarrollo de Marcas  
Fuente: DME – INAC



nal exitoso en términos comerciales, dependerá del grado de apoyo a que estemos dispuestos a dispensarles a las mismas en el corto plazo.

La tarea de identificación de los consumidores objetivo que son quienes valorarán los atributos diferenciadores resulta consecuencia de una tarea de segmentación de mercado con la finalidad de lograr la identificación de los correspondientes nichos que los incluyen.

De las señales que puedan emitirse por parte de dicho consumidor y de la habilidad para brindar una respuesta acorde a esas necesidades, dependerá el éxito final.

En este sentido, INAC ha apostado al desarrollo de herramientas de diferenciación operativas, con la finalidad última de dotar al productor de más y mejores medios que le permitan introducirse y participar de dicho emprendimiento, a través del agregado de valor.

### **Programa de carne natural certificada del Uruguay (pcncu)**

Esta herramienta se desarrolla a comienzos del año 2001, como respuesta a las señales provenientes de un mundo globalizado donde diferentes episodios que conmovieron fuertemente a los consumidores finales de productos ali-

**Figura 2.**

Marketing estratégico  
Fuente: DME – INAC



mentos causan un fuerte alerta en relación al cumplimiento de ciertos atributos relacionados especialmente, a la inocuidad alimentaria y al cuidado del ambiente, para luego completarse con los atributos diferenciales asociados al bienestar animal y del trabajador rural.

Es así que nace el Programa de Carne Natural Certificada del Uruguay (PCNCU), con el objetivo de brindar confianza a ese consumidor preocupado por las garantías de seguridad que le pudiera estar dando el alimento consumido, principalmente desde el punto de vista de su inocuidad. El PCNCU es una herramienta que permite dar respuesta a las exigencias de un consumidor cada vez más identificado con requisitos cuya verificación de cumplimiento le preocupan y que inciden definitivamente al momento de la decisión de compra.

En este marco, el PCNCU desarrolló una marca país a través de los logotipos: "Certified Natural Beef y Certified Natural Lamb" que tienen detrás de sí el respaldo de un protocolo de producción y procesamiento del producto objetivamente comprobable.

**Figura 2.**

Logos Marca País  
Fuente: DCDC – INAC



Los atributos básicos que identifican al PCNCU son:

- Animales nacidos, criados, engordados y faenados en Uruguay
- Animales a “cielo abierto” sin estabulación
- Sin suplementos de origen animal
- Sin hormonas, anabólicos ni promotores de crecimiento

Por lo tanto es válido preguntarse y así lo hizo INAC, ¿cómo posicionar en forma óptima a una marca país de manera que se logre el objetivo estratégico de diferenciación del producto en forma eficiente?

En una visión global del mercado cárnico, tanto EE.UU. como Europa, son destinos donde el crecimiento de los nichos de mercado asociados a productos cárnicos con los atributos ya mencionados, es más importante.

Es en función de esta característica, que se desarrollaron dos opciones en paralelo para implementar la referida estrategia:

EE.UU, a través del reconocimiento del PCNCU como integrante del Programa Proceso Verificado del Departamento de Agricultura de los EE.UU (United States Department of Agriculture - Process Verified Program: PCNCU – USDA –PVP

Actualmente en todos los continentes (inicialmente en Europa), implementando la integración del alcance GLOBALGAP del PCNCU, a través del correspondiente proceso de homologación en relación a dicha normativa cumpliendo con el denominado: Benchmarking Process o equiparación comparativa entre ambos Programas.

## Posicionamiento Institucional

Parte de la estrategia de posicionamiento diferenciado la lleva adelante el INAC como Institución pública – no estatal, gobernada por una Junta Directiva en la que se encuentran representados los principales actores de la cadena cárnica, a saber: productores, industriales y gobierno. Esta especial confluencia determina que al mismo tiempo que posee la organización adecuada, INAC se erige como el articulador natural de la referida cadena cárnica.

Esta condición, que lo posiciona como referente en la materia hacia el exterior del país, también facilita un mayor protagonismo a ese nivel, transformándose así en el brazo ejecutor de una participación activa tanto sea en el acuerdo de solicitud de integración del PCNCU al Programa del Departamento de Agricultura de los EE.UU, el denominado Programa Proceso Verificado (United States Department of Agriculture - Process Verified Program: USDA - PVP) como la integración como socio proveedor en relación a GLOBALGAP.

A esta primera acción presencial institucional, le han seguido los pasos y procedimientos técnicos a cumplir, que si bien con características diferentes, en ambos casos el resultado ha sido la obtención de sendas herramientas que posicionan al PCNCU básico, como primero en el mundo en ser reconocido cumpliendo requisitos tanto americanos como europeos a través de sus dos alcances más importantes:

PCNCU – USDA PVP  
y  
PCNCU – GLOBALGAP

sin perder la identidad cultural que lo caracteriza, es decir, una misma plataforma de confianza para distintas identidades culturales.

## INAC - USDA PVP

Finalizado el Plan Piloto de implementación del PCNCU, cuyo efecto inmediato fue el lanzamiento comercial del mismo, se han dado una serie de acontecimientos que han pautado su evolución.

Durante el año 2004 se obtiene la acreditación del Departamento de Agricultura de los

EE.UU (USDA) en relación a la consideración del PCNCU en el alcance Process Verified Program (PVP). Dicha situación constituyó la primera respuesta en el proceso de maximización del posicionamiento del PCNCU en un nicho de mercado muy atractivo.

Desde 2004 a la fecha el PCNCU se encuentra acreditado por el USDA y desde 2005 en adelante, la corriente exportadora de carne bovina etiquetada bajo este programa ha ido en constante aumento, superando durante el año 2006 las 600 toneladas peso producto.

Actualmente dicho mercado no resulta atractivo, en la medida que la demanda más fuerte se manifiesta desde Europa, sin embargo esta

**Figura 1.**

Certificado de Conformidad  
Fuente: INAC - DCDC



**Figura 2.**

Etiqueta aprobada por USDA  
Fuente INAC - DCDC



variabilidad de los principales mercados de los commodities, para nada hacen disminuir el planteamiento de la búsqueda de más y mejores oportunidades de colocación de carne bovina en función del agregado de valor.

La importancia de esta situación trasciende fronteras y debemos ser concientes de ello, ya que el PCNCU es el único en el mundo fuera de EE.UU con este reconocimiento. Lo concreto es que dicha herramienta está activa y constituye una de las acciones que INAC ha priorizado a los efectos de seguir adelante con su complementaria estrategia de diferenciación.

## INAC - GLOBALGAP

Con posterioridad a dicho logro se desarrolla un nuevo desafío en el marco de una estrategia de posicionamiento diferenciado, y que es la homologación comparativa del PCNCU en relación a la normativa GLOBALGAP (ex EUREPGAP).

Dicha normativa con reconocimiento internacional constituye un referente en las Buenas

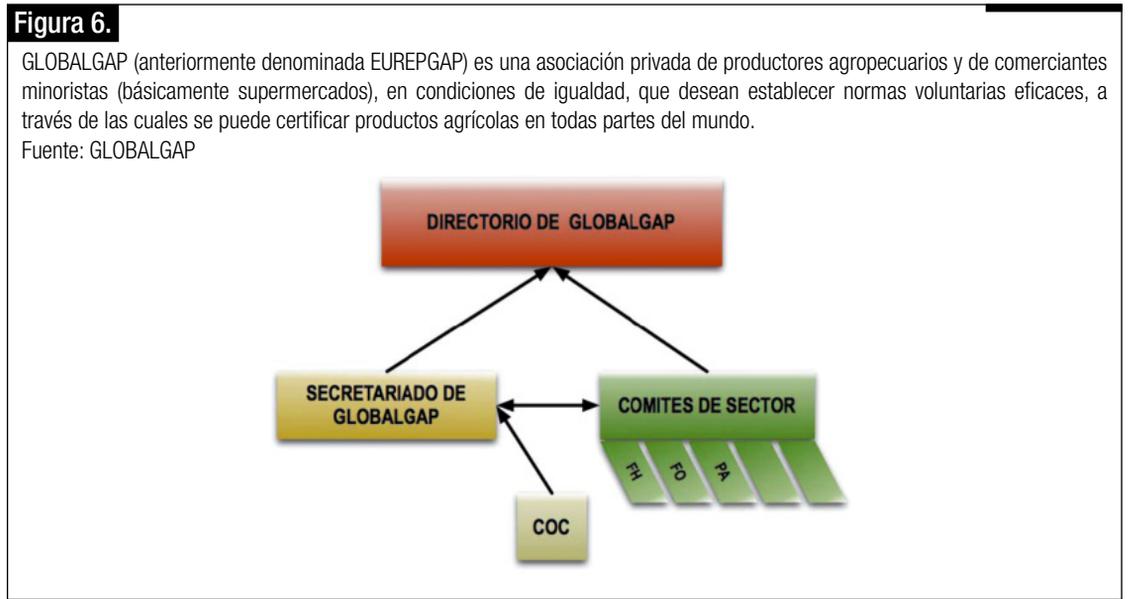
Prácticas Agrícolas y en lo que respecta al PCNCU, le ha permitido posicionarse como el primer Programa de Certificación de Carne Bovina y Ovina en obtener ese reconocimiento a nivel mundial, a partir de mayo de 2008.

Desde el punto de vista institucional, la participación de INAC en dicha organización ha sido por demás importante. A los efectos de una mejor comprensión del relacionamiento existente, debemos definir qué es GLOBALGAP y en qué consiste esta interrelación.

GLOBALGAP es una norma a nivel de la explotación que abarca todo el proceso de producción del producto certificado, en nuestro caso la carne, desde el primer momento, incluyendo todas las actividades agropecuarias subsiguientes hasta el momento en que el producto es retirado de la explotación.

Sus principales objetivos pueden resumirse en:

- establecer una norma única de Buenas Prácticas Agrícolas y Ganaderas, aplicable a diferentes productos vegetales y animales y capaz de abarcar la globalidad de la producción de los principales alimentos.
- brindar confianza al consumidor acerca de la manera que se lleva a cabo la produc-



ción agropecuaria, minimizando el impacto perjudicial de la explotación en el medio ambiente, reduciendo el uso de insumos químicos y asegurando un proceder responsable en la salud y seguridad de los trabajadores, como también en el bienestar de los animales.

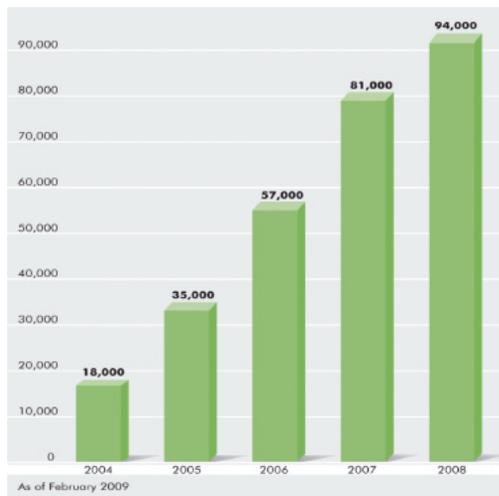
Tal como puede observarse en el organigrama de GLOBALGAP, dicha estructura permite la participación de los diferentes miembros en la misma. En el caso de INAC, su participación se sitúa a nivel del Comité de Sector de Producción Animal y a través de la conformación de un Grupo Técnico de Trabajo a nivel Nacional (GTTN).

Finalmente podemos observar las siguientes gráficas que muestran el incremento del número de productores certificados en el mundo y con ello, la importancia de esta certificación:

**Gráfica 3.**

Evolución productores certificados

Fuente: GLOBALGAP



Esta normativa se ha establecido en el mercado global como referente clave en cuanto a las Buenas Prácticas Agrícolas y ganaderas y asociado a esta condición es que su importancia crece, al lograr que los requisitos del consumidor se reflejen en la producción agrícola de

**Gráfica 4.**

Distribución productores en 5 continentes

Fuente: GLOBALGAP



cada vez más países del mundo (actualmente más de 90, distribuidos en los 5 continentes).

### Proceso de homologación

En este caso particular, dicha acción ha consistido en haber implementado el proceso de homologación técnica del Programa de Carne Natural Certificada del Uruguay (PCNCU) en relación a la normativa GLOBALGAP (GG) versión 3.0, tarea que ha finalizado exitosamente, lo que implica que actualmente Uruguay sea el primer país en el mundo en haber obtenido dicho logro, tanto para Bovinos como para Ovinos.

**Foto 1.**

Conferencia de prensa en INAC.



Esto permitirá que los productores uruguayos queden en igualdad de condiciones respecto a otros productores del mundo, en relación a la satisfacción de los requisitos GLOBALGAP.

Dicho documento homologado, se encuentra en pleno proceso de implementación práctica, con el objetivo de ir generando una masa crítica de productores uruguayos aptos en la implementación de estas Buenas Prácticas Agrícolas y Ganaderas.

Dicho proyecto denominado “Red modular de productores certificados en el alcance PCNCU – GLOBALGAP”, está siendo utilizado como herramienta de implementación con el fin de lograr aquel objetivo.

### **Características del proyecto: “red modular de productores certificados en el alcance pcncu–globalgap”**

Se desarrolla por parte de INAC este proyecto con el objetivo principal de profundizar aún más la estrategia de diferenciación del producto cárnico, con el fin de maximizar su posicionamiento en los nichos de mercado de mayor valor agregado.

Es decir, mediante esta acción se plantea profundizar el proceso de diferenciación ya iniciado con el alcance básico del PCNCU, agregándole un alcance más exigente como el referido al cumplimiento de la normativa GLOBALGAP.

Como segundo objetivo, encontramos que el proyecto propuesto pretende facilitar la obtención de una masa crítica mínima de productores del PCNCU que puedan lograr el cumplimiento del alcance GLOBALGAP del mismo.

El mismo se basa en la participación de:

#### Frigoríficos exportadores comprometidos

El centro de la atención se ubica en aquellos exportadores interesados en el nicho asociado a los productos diferenciados.

#### Productores ganaderos involucrados

Se propone la participación de grupos de productores que se distinguen por ser líderes en el cambio cultural asociado al trabajo productivo bajo protocolo, como punto de partida de una paulatina incorporación de todos los productores, incluyendo a los pequeños productores identificados con este emprendimiento.

#### Entidades Certificadoras habilitadas

Las mismas han demostrado ya interés en participar de cualquier emprendimiento en relación a GLOBALGAP.

#### INAC

Hay una incidencia importante de INAC como articulador de la cadena cárnica por excelencia, ya que puede acometer emprendimientos que en el corto plazo no son efectuados por los agentes privados, pero que desde el punto de vista de la inversión futura, a mediano plazo, su ejecución pueda ser determinante en el logro de resultados muy positivos hacia toda la cadena cárnica.

También en este proyecto el Instituto Nacional de Carnes brinda asesoramiento en la aplicación de los puntos de control y criterios de cumplimiento de los diferentes requisitos del documento homologado y capacitación a los actores para su mejor desenvolvimiento.

#### Incidencia en los costos del productor a través de:

Por último también en este proyecto se quiere brindar un apoyo en los costos del productor a través de la asistencia en el costo de implementación brindando un 100% de la tasa de registración y un 50% de la de certificación para los primeros 50 productores adheridos al PCNCU y que califiquen en el alcance GLOBALGAP.

Finalmente y a modo de síntesis, los beneficios que se entienden implícitos en este emprendimiento son los siguientes:

#### Apoyo institucional sobre un Programa de alcance nacional

Disminución de costos, al ser partícipes de una Programa de Certificación de Carnes, el PCNCU, en que uno de sus alcances es el referido a la normativa GLOBALGAP, pero que en la práctica puede incluir hasta tres auditorías en una sola visita, en función de los diferentes alcances que el mismo posee:

- PCNCU – básico
- PCNCU – USDA Programa Proceso Verificado (USDA - PVP)
- PCNCU – GLOBALGAP Versión 3.0

Mantener la identidad cultural de una producción sobre base pastoril, pero incorporando aquellos requisitos que son determinantes en la decisión de compra del consumidor final, lo cual en los hechos, equipara al productor ganadero uruguayo con el resto de los productores de otros países, en sus posibilidades de acceso y colocación ventajosa de sus productos en las góndolas de los principales supermercados mundiales.

Por más información visitar: [www.inac.gub.uy](http://www.inac.gub.uy)



Factores territoriales, potencialidades y limitantes para la diferenciación de carnes por el origen geográfico.

## El caso de las carnes vacunas pampeanas argentinas

► Champredonde Marcelo

INTA Bordenave

mchampredonde@bordenave.inta.gov.ar

### Introducción

La certificación de productos agrícolas o agroalimentarios según el origen geográfico indica que la calidad particular (en este caso también sinónimo de tipicidad) del mismo se debe a la influencia de factores territoriales. Entre ellos se encuentran los factores humanos, especialmente los saberes empíricos colectivos locales, los factores medioambientales, y la interacción entre ambos. En algunos casos, interviene también una genética específica local.

La Ley Nacional argentina N° 25.380/00 define a las Indicaciones Geográficas Calificadas mediante dos sellos: La Denominación de Origen (DO) y la Indicación Geográfica (IG). El primero comunica que la calidad específica se debe a una relación fuerte entre el territorio y el producto. La Indicación Geográfica comunica que la calidad específica y el renombre del producto resultan de una relación más débil, basada principalmente en los saberes empíricos colectivos localizados.

En el caso de las carnes vacunas producidas en Argentina, es conocido que en el merca-

do internacional mercados, especialmente en el europeo, son las provenientes de la Región Pampeana Argentina las que gozan de un gran renombre. Es por ello que el presente análisis se limitará a las carnes provenientes de esta región.

La consideración de este producto en términos de producto local típico, nos sitúa frente a múltiples interrogantes: por un lado sobre el proceso construcción (y de pérdida) de la tipicidad y a la naturaleza de los factores sobre los cuales se apoya la misma. La identificación de saberes locales en los proceso de producción-transformación-distribución-preparación-consumo, se sitúa en el centro de nuestro cuestionamiento. Por otra parte, esta visión de proceso, nos interpela sobre las condiciones necesarias para la formalización y la reproductibilidad en el tiempo de dicha tipicidad.

La historia de la pampa argentina, muestra grandes discontinuidades culturales y mutaciones territoriales. En 1879 la denominada campaña del desierto pone fin a la presencia milenaria de las culturas aborígenes en esta región. La cultura de frontera “porosa” en la que los *gauchos* constituían la interface entre aborígenes, y la sociedad occidental, es absorbida por una pampa gringa que intenta-

rá instaurar el paradigma del desarrollo. Sin embargo, la permanencia de elementos culturales como el asado y las tradiciones gauchas evidencian la complejidad de este proceso de localización.

Desde la década de 1990 y sobre todo a lo largo de la década de 2000 a 2010, la incidencia de procesos como el de agriculturización, y las mutaciones dentro del Sistema Agroalimentario (SAA), contribuyeron a erosionar en gran parte las especificidades de este producto típico. Consideramos al proceso de pérdida de tipicidad de un producto como una tendencia a la “deslocalización” de su calidad.

Más allá de los procesos conexos, la pérdida de tipicidad de un producto es consecuencia directa de los mecanismos de calificación que predominan actualmente en el SAA. Dichos mecanismos de calificación, actúan como generadores de información en lo que denominamos como un fenómeno de traducción, dentro del proceso de ajuste entre calidades ofrecidas y demanda por los distintos actores del SAA. Nos interrogamos entonces sobre la incidencia de estos mecanismos en la preservación/pérdida de la tipicidad de estas carnes.

La visión dinámica del proceso de localización y deslocalización nos conduce a interrogarnos sobre la posibilidad de elaborar estrategias que contribuyan a un proceso de “relocalización” de la calidad de este producto, es decir la creación de nuevos lazos con el territorio. Tratándose de una región de grandes dimensiones como lo es la pampa argentina, es legítimo preguntarse si es pertinente referirse en términos de local.

Desde la óptica de un organismo de investigación y de promoción del desarrollo nos preguntamos sobre la elaboración de proyectos de Desarrollo Territorial, basados en la valorización de este producto local. El cuestionamiento central concierne el origen y las particularidades del proceso de deslocalización y sobre la reversibilidad del mismo.

Finalmente nos interrogamos sobre el posible impacto de las estrategias de “relocalización” de la calidad de las carnes vacunas pampeanas, sobre el territorio pampeano.

### **Calidad: Dimensiones y traducciones en la localización del Sistema Agroalimentario de las carnes vacunas.**

Se define a la calidad como la capacidad de un bien o servicio de satisfacer las necesidades actuales y potenciales de un usuario. Establecida en esos términos, la calidad es definida en función de la percepción de quien evalúa ese bien o servicio. Según el economista Sylvander B. y col. (1992) esto la diferenciaría de la definición de característica. Esta última es medible mediante instrumentos. Por ejemplo peso, espesor, color, resistencia al corte, etc.

Otra particularidad de la calidad, es la de resultar de un proceso de construcción. Esa construcción, en el seno de los sistemas agroalimentarios y de los territorios, es determinada a partir de diversos procesos evolutivos.

Por un lado, las transformaciones sociales van acompañadas de redefiniciones en la concepción de la calidad de los alimentos. Por ejemplo, a lo largo del siglo XX, el concepto de calidad ha ido evolucionando. A definiciones basadas en la calidad higiénica y calidad organoléptica se fueron incorporando dimensiones como la calidad nutricional de los alimentos, la calidad de uso (referida a la facilidad de utilización del producto mediante la innovación en envases y en formas de uso) y en forma creciente el impacto de la producción sobre el medio ambiente y en una definición más amplia, su impacto territorial.

En dicha evolución se destaca la creciente importancia de elementos propios a la calidad simbólica en las estrategias de diferenciación de los productos agroalimentarios. La calidad simbólica, “*es referida al valor cultural e identitario*” de los alimentos (Muchnik J., 2006).

Por ejemplo, en el caso de las carnes vacunas pampeanas argentinas, las imágenes asociadas a su calidad, son la figura del mítico gaucho, montado a caballo, y arriando las vacas en la llanura pampeana. La vestimenta típica, el saber amansar un caballo, trabajar con la hacienda, saber enlazar un vacuno, saber trabajar el cuero y confeccionar los aperos, son parte de los saberes y de las imágenes asociadas al gaucho.

Por otro lado, acompañando los cambios en la definición de la calidad, al interior de cada SAA se desarrollan mecanismos de mutuos ajustes entre las calidades ofrecidas y las demandadas por los consumidores. Esos mecanismos de adaptación se apoyan sobre mecanismos de traducción entre los actores implicados en las diversas etapas de un SAA, sobre lo que significa calidad en cada una de ellas. Sin embargo, estos procesos de traducciones y de ajustes no están exceptuados de grandes contradicciones y de derivas.

## La evolución y traducción de la calidad

A medida que van evolucionando las dimensiones de la calidad de los productos agroalimentarios, los diversos actores que componen los SAA elaboran estrategias orientadas a satisfacer las necesidades de los distintos consumidores. Sin embargo, esas estrategias responden, también, a la incidencia de otros factores. Por ello, los procesos de evolución no se dan en un solo sentido. Se trata en definitiva de progresivos ajustes mutuos entre oferta y demanda.

Por un lado, la oferta tiende a satisfacer las calidades demandadas por los consumidores. En el sentido inverso, los consumidores tienden a habituarse a variaciones en las calidades de los alimentos que le son ofrecidos.

Este proceso de adaptaciones mutuas no sigue, necesariamente, una lógica determinada, ni constituyen la continuidad de una evolución lineal. Se trata de un proceso abierto, construido a medida que los acontecimientos

se suceden y cuyos resultados son difícilmente previsibles en análisis prospectivos.

Para comprender este proceso, debemos tener en cuenta el fenómeno de traducción que se desarrolla en el funcionamiento de todo SAA. Es decir, la necesidad de desarrollar un lenguaje específico a la calificación del producto en las diversas etapas del sistema. El fenómeno de traducción se enmarca en el proceso especialización (división de tareas) dentro de cada SAA, en procesos de producción, transporte, transformación/preparación, distribución y consumo de un alimento.

El desarrollo de un lenguaje específico contribuye a crear equivalencias entre las expectativas de los consumidores, y los elementos movilizados en la definición de la calidad, en las etapas anteriores del SAA. “Esa traducción adopta los lenguajes propios a cada etapa técnica. Por ejemplo, las dimensiones utilizadas para describir la calidad de un bife, no son las mismas al definir la calidad de una media res o de un bovino en pie” (Champredonde M., 2001).

Tanto la descripción, como la gestión de la calidad, requieren de saberes propios a cada etapa. Estos saberes pueden ser más o menos localizados y definen en gran parte la tipicidad del producto final (Casabianca y otros, 2006)

Una simplificación del proceso de traducción, en el SAA de las carnes en la Región pampeana es presentada en la Figura N° 1.

Este proceso conoce al mismo tiempo una dimensión territorial. La consideración de estos procesos nos conduce a considerarlo en los términos de localización y deslocalización de la calidad.

## ¿Cómo se localiza y deslocaliza la calidad?

Entendemos como la localización de un producto a la resultante de dos procesos interconectados: a) la especificación local de su calidad y b) a la socialización de los saberes

**Figura 1.**

Definiciones de calidad y saberes propios a cada etapa del SAA de las carnes vacunas en la pampa argentina.

Etapa del SAA	Definición de calidad	Saberes
Consumidor	Al consumo: Terneza, "flavor" (sabor – olor),: Al elegir: Color, tamaño de los cortes ancho de costilla, Carnicero vs. góndola.	Saber elegir, saber preparar, saber degustar
Distribución al consumidor	Otras dimensiones de la calidad: Calidad simbólica: planicie pampeana, pastizales naturales, gaucho Impacto ambiental de la producción.	Saber despostar, Saber vender lo que incluye saber "hacer pasar" los cortes menos demandados
Industria	Rendimiento en res, clasificación de las reses, homogeneidad de los lotes	Saber despostar Saber re-direccionar calidades a cada mercado abastecido
	Necesidad de los compradores (frigoríficos, matarifes, Super e Hipermercados, Carnicero. Trazabilidad y transmisión de información en caso de protocolos	Sabe gestionar condiciones higiénicas y de maduración Saber elegir en pie
Consignatario y Comisionista	Categorías por: Peso vivo, raza, sexo, Grado de engrasamiento, estructura corporal, Homogeneidad de los lotes, Respeto de protocolos	Saber elegir en pie Saber estimar grado de engrasamiento. Saber producir (¿localizado?) Saber elegir terneros a la compra
Engordador	Respeto de protocolos en certificaciones	Saber producir (diversos grados de localización) Respeto de protocolos
Criador	Adaptación de la genética a los sistemas de producción: fertilidad y rusticidad de las madres, facilidad de parto, facilidad de engrasamiento (madre y progenie), peso adulto.	Saber elegir biotipos adaptados a condiciones locales de producción y a las exigencias de los mercados
Cabaña		

asociados a su producción, transformación, y/o consumo, en el conjunto de la población local.

La **especificación** local de un producto es la propiedad de poseer características particulares o específicas, resultante de la interacción entre el territorio y la sociedad que lo habita. Son las particularidades del proceso de construcción y de reconocimiento de la calidad específica de un producto localizado las que

nos permiten identificarlo como producto típico.

Casabianca y otros (2006) afirman que la tipicidad de un producto *"puede ser definida como la conjugación de múltiples propiedades: la propiedad de pertenecer a un tipo basado sobre saberes y la propiedad de ser distinguido de productos similares"*... *"Esas propiedades reposan sobre saberes distribuidos entre numerosos acto-*

res incluyendo los productores de materias primas, los transformadores, los autores de la reglamentación, los consumidores- conocedores”<sup>14</sup>. En la definición, los autores ponen en evidencia que la localización de un producto está acompañada y determinada por un proceso de localización de los saberes. Estos han sido definidos por Bouche R. Bordeau C. (2006) en términos de Saberes Empíricos Colectivos Localizados (SECL)<sup>15</sup>.

Una de las particularidades de los SECL es su distribución entre diversos actores del SIAL, pero con la constatación que esa distribución no es homogénea. Los saberes locales pueden estar distribuidos entre aquellos que se desempeñan en una determinada actividad, pero también entre aquellos implicados en diversas actividades del SAA. Por ejemplo, en la mayor parte de los casos, los actores de un SAA comparten el saber degustar el producto en cuestión y movilizan elementos culturales asociados a su consumo.

Los elementos considerados por Bouche R. y Bordeau C, al analizar la evolución de los SECL, a saber, el medio natural, el medio cultural y social, la genética de las especies involucradas en el proceso y el sistema cognitivo, nos permiten analizar en términos más generales los factores que determinan el proceso de localización de un producto.

### **El proceso de localización y la tendencia a la “deslocalización” de la calidad de las carnes vacunas pampeanas en Argentina**

Hasta el siglo XV, las poblaciones aborígenes, que poblaban la llanura pampeana, basaban su dieta en las carnes de especies autóctonas. Con la llegada de las poblaciones europeas, estas especies fueron desplazadas parcialmente por especies introducidas, las cuales compitieron no sólo por el aprovechamiento de los recursos forrajeros, sino también en la importancia

que estas adquirieron en la cotidianidad de las culturas nativas.

### **Los vacunos criollos de la Colonia**

Existe información que a principios del siglo XVII, los aborígenes que poblaban los alrededores de la ciudad de Buenos Aires poseían no solo yeguarizos sino también ganado vacuno. Estos vacunos llamados “Criollos”, eran originarios de la Isla de Cabo Verde y de las Canarias.

Hacia mediados del siglo XIX, la Revolución Industrial europea impacta fuertemente en la región pampeana, generando corrientes inmigratorias que influyen de manera determinante en la cultura y economía del territorio pampeano. Este proceso impulsó el desarrollo de la ganadería ovina y luego bovina, acompañando el corrimiento de la frontera. En 1879 la denominada campaña del desierto pone fin a la presencia milenaria de las culturas aborígenes en esta región. La cultura de frontera “porosa” en la que los *gauchos* constituían la interface entre aborígenes, y la sociedad occidental, es absorbida por una pampa gringa que intentará instaurar el paradigma del desarrollo.

Una casta de mestizos (hijos de indígenas y españoles) y algunos mulatos, que habitaron la región pampeana argentina durante los siglos XVIII y XIX, denominados *gauchos* (Gaignard R., 1979), pasaron a ser los peones en las grandes estancias, ocupándose del cuidado del ganado vacuno.

### **El proceso de localización de las carnes vacunas pampeanas**

Podemos considerar que en Argentina, el proceso de construcción de la tipicidad de las carnes vacunas pampeanas se consolidó entre 1890 y 1990. En los primeros setenta años de ese período el destino principal de las carnes fue el mercado inglés.

La fuerte orientación de la producción vacuna local a ese mercado, estimuló a ganaderos pampeanos a la búsqueda de animales que se adaptara a los gustos del consumidor inglés.

14 De nuestra traducción

15 Nuestra traducción de Savoir-Faire Collectif Localisé (SFCL)

En la década de 1860 se importaron algunos reproductores vacunos de Escocia, de razas Shorthorn, Hereford y Aberdeen Angus<sup>16</sup> (Giberti H., 1970). Pero es en la primera década del siglo XX, en la que se desarrolla el mestizaje de los rodeos locales con las denominadas “razas británicas”.

Ante la predominancia de razas vacunas introducidas y el desplazamiento de la cultura autóctona, hablar de localización con fuerte anclaje cultural, puede parecer contradictorio. Sin embargo, un análisis de la evolución de la ganadería vacuna en la pampa argentina, especialmente durante el siglo XX, nos permite considerar a estas carnes como un producto localizado. Los elementos que nos permiten justificarlos, son:

### **Una planicie que ofrece pasturas productivas y de calidad**

La planicie de la pampeana argentina tiene una superficie de 55,18 millones de hectáreas. Las precipitaciones pluviométricas varían de 500 a 1000 mm anuales de sudoeste a noreste. Las temperaturas aumentan levemente de sur a norte. En el centro de la región la temperatura media anual es de 18 °C con extremos de -5 a 38 °C.

La diversidad de suelos, determina variaciones en la cantidad, calidad y estacionalidad del forraje disponible. Esto se traduce en la delimitación de sub-regiones con distintos perfiles ganaderos

Más allá de las variaciones zonales respecto a las condiciones agroclimáticas y de la incidencia de la genética “británica” sobre la calidad de las carnes vacunas, nos interrogarnos en qué medida esos factores no son reproductibles en otras regiones del mundo. Dicho de otra manera, ¿qué es lo que hace que las carnes pampeanas sean diferentes a las producidas en regiones con características similares y en las que se crían las mismas razas vacunas?

---

<sup>16</sup> La raza Aberdeen Angus es actualmente la más difundida en la pampa argentina y la que goza de mayor prestigio a nivel internacional por las características de sus carnes.

### **Los saberes de los herederos del gaucho<sup>17</sup>**

Desde nuestro enfoque, explicamos la existencia de una calidad particular, asociada al territorio pampeano, a partir de la interacción entre las condiciones ambientales locales, la genética vacuna “pampeana” y los saberes distribuidos en los actores que componen este SAA.

### **Los saberes asociados a la cría de vacunos**

Esta es la etapa del SAA que más pesa sobre la definición de la tipicidad del producto y en la cual se encuentran la mayor parte de los elementos simbólicos asociados al producto.

Los principales saberes que hemos identificado son movilizados en:

- La implementación de la práctica de castración de los terneros machos a la edad de 8 meses. Por otra parte, la difusión local de esta práctica constituye en sí, un conocimiento empírico, asociado a la terneza, el flavor y la jugosidad de las carnes vacunas de los novillos (Touraille, 1982).
- La gestión de los recursos forrajeros locales, con el fin de lograr los grados de desarrollo y engrasamiento adecuados a edades precoces.
- La estimación visual del grado de engrasamiento adecuado para enviar a faena.
- La selección de los biotipos adecuados para lograr las características de tamaño de los cortes y grado de engrasamiento adecuado, a edades precoces comprendidas entre los 15 y 24 a 30 meses de edad (asociadas a la terneza de las carnes) en sistemas de alimentación pastoril.

---

<sup>17</sup> Si bien el área en el que se distribuyen algunos de los saberes de quienes denominamos los herederos del gaucho, exceden la región pampeana argentina, consideraremos solamente a la mencionada región dado que gran parte del análisis se basa en la consideración de las bases para una Indicación Geográfica.

A pesar de las diferencias entre zonas, respecto a la producción de forraje, la región pampeana presenta una cierta homogeneidad respecto a la calidad de las carnes producidas. Ello es posible por la incidencia de la tecnicidad de los productores pampeanos. Estos ajustan los objetivos de producción, la carga animal y eventualmente las prácticas de suplementación, al logro de una cierta homogeneidad de los lotes faenados.

Si bien es cierto que muchos de estos saberes pueden ser asimilados por productores ganaderos de otras regiones del mundo, difícilmente puedan ser transmitidos simultáneamente el conjunto de saberes distribuidos a lo largo del SAA, especialmente los referidos a la elección del corte a la compra, a la preparación y a la degustación. Más allá de las modificaciones que esos saberes sufren en el tiempo, su transmisión a través de las generaciones, es facilitada por el contexto cultural y social pampeano.

### **Una continuidad entre culturas**

Del análisis histórico se desprende que la dieta de las poblaciones aborígenes, como la de los gauchos, se basó en el consumo de carne vacuna. Si bien han ido variando las categorías de vacunos consumidos, se observa que no se modificaron substancialmente los hábitos de consumo local a pesar de los numerosos contingentes migratorios europeos que llegaron a la región pampeana, desde fines del siglo XIX hasta mediados del siglo XX. De hecho, las estadísticas muestran que en las décadas de 1960 a 1980, el consumo local de carnes vacunas se situó en un promedio de 100 kg de carne por habitante por año ([www.ipcva.com.ar](http://www.ipcva.com.ar)).

### **Los saberes movilizados en el rito del asado**

En la cultura pampeana, el asado es símbolo de reunión familiar o de amigos. Y en cada asado, el asador pone en juego su reputación. El lograr el punto de cocción adecuado es uno de los objetivos principales a lograr. Parte de los cortes deberán estar jugosos (pero no me-

dio crudos) y otros más “sequitos” (más cocidos) para los que así lo prefieren.

El grado adecuado de cocción se debe lograr rotando una sola vez la carne para completar su cocción de ambos lados. En el caso del corte denominado *asado*, primero se lo cuece del lado del hueso y luego del lado de la carne

En la gran mayoría de los casos, el único agregado que soporta la carne es el de la sal entrefina que se esparce sobre el corte antes de introducirlo a la parrilla o en el momento de darlo vuelta. En ocasiones de mucha concurrencia (por ejemplo más de 20 personas) algunos asadores prefieren hacer el costillar entero. En ocasiones muy especiales, sólo los entendidos saben hacer una vaquillona entera con cuero. En este caso se la cuece estaqueada en forma horizontal, sobre caños en forma cruz y dispuesta con dispositivos (generalmente chapas metálicas) que permitan poner brasas por encima y por debajo de la res. En este caso, la cocción dura al menos 5 horas, y no se hace rotar la res.

### **Saberes y reputación en la compra de los cortes**

En el asado está en juego también la reputación de la carnicería o punto de venta en el que se adquiere la carne. Una carne un poco dura, implica que no se volverá a comprar carne en ese comercio. La carne deberá estar tierna resistiendo la diversidad de puntos de cocción. Otro de los aspectos observados, será el ancho de costilla del corte denominado asado. Esta observación se hará, tanto a la compra como al consumo. Una costilla muy ancha será asociada inevitablemente a una edad avanzada del animal y por ende a la falta de terneza. Sólo la degustación podrá despejar las sospechas que ha despertado este defecto de presentación.

El color de la carne es otra de los aspectos del corte que son correlacionados con la terneza en el acto de compra. En la región pampeana argentina, el consumidor asocia el color rosado a rojo claro, con edad temprana de faena. Otro aspecto evaluado en la compra es el grado (exceso o escasez) de engrasamiento.

## La traducción y coordinación de saberes en el SAA de las carnes pampeanas

Satisfacer a un consumidor tan exigente, requiere de un proceso de coordinación de saberes, a lo largo del SAA. Es lo que hemos denominado como proceso de traducción. En las etapas intermedias de éste, los saberes localizados están referidos en primer lugar a la estimación de la calidad de los animales en pie. En el proceso de especialización de las actividades dentro de un SAA en la formalización de la coordinación entre los actores que la componen se establecen estándares para la evaluación de los productos. Estos se basan fundamentalmente en conocimientos empíricos locales.

Por ejemplo, en la pampa argentina, en las etapas de comercialización de vacunos en pie, las razas mejor cotizadas son las “británicas”, en detrimento de las razas con cruce cebuína. Estudios científicos desarrollados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, validan estos criterios (Mezzadra et al 2003, Villareal et al, 2003). A su vez, las categorías que conocen las mejores cotizaciones son los animales jóvenes y bien engrasados. La categoría históricamente mejor cotizada es la vaquillona. Estudios científicos (Monin, G., 1991), demuestran que esta categoría animal es la que provee las carnes más tiernas y con mejor distribución de la grasa dentro del músculo.

Se observan también saberes localizados relativos al despostado de las reses. Trift N. y col. (2002), muestran este fenómeno en distintas regiones de Francia. Esto se evidencia al observar las diferencias frente a las técnicas de desposte y los cortes obtenidos en regiones vecinas a la pampeana argentina, como por ejemplo en el Litoral argentino.

### El asado: una referencia identitaria materializada en las construcciones

En la región pampeana argentina, en la construcción de las casas se prevé religiosamente, la ubicación del fogón con parrilla. Gran parte de las reuniones familiares del domingo a

medio día, se desarrollan en torno a un asado degustado en el mismo fogón. Por otra parte, muchas reuniones nocturnas de comisiones de clubes, o de otras Instituciones, terminan con un asado, en la parrillera que esa misma Institución ha construido.

Una costumbre peculiar es la de los empleados de la construcción que trabajan en obras en el centro de grandes urbes de la Región Pampeana argentina. Al medio día, de cualquier día de la semana, se puede apreciar el tradicional asado que los mismos hacen dentro de la obra, o en caso de imposibilidad, en la vereda.

### Las prácticas Institucionalizadas en eventos y festividades

La organización de la castración de los terneros machos, a principios del otoño, es denominada *yerra*. Tradicionalmente, en cada explotación la *yerra* se efectúa los fines de semana y reúne a vecinos y amigos del productor. La organización rotativa de *yerras* hace que durante más de un mes, los productores de cada zona se reúnan periódicamente y muestren sus habilidades para desarrollar tareas típicas del gaucho como por ejemplo, enlazar terneros.

Por otra parte, la *yerra* está institucionalizada en la denominada fiesta nacional del ternero. Esta fiesta surgió en la localidad de Ayacucho, en la Cuenca del Salado, a partir de un grupo de productores que efectuaban una fiesta cada año a la ocasión de la *yerra*. Con el tiempo se convirtió en un evento con alcance regional.

### El desafío de “relocalizar la calidad frente al proceso de “deslocalización”

En el marco de nuestro trabajo, el carácter de “localizada” de las carnes vacunas pampeanas, implica la especificación de la calidad en un área con una superficie de 55 millones de hectáreas y la socialización de saberes distribuidos entre más de 25 millones de habitantes.

Su tipicidad es producto de los múltiples procesos que contribuyeron a construir su calidad específica. Pero debe considerarse también que los mismos factores que determinaron su localización, pueden contribuir a la pérdida de su tipicidad. Consideramos en este caso que se produce un proceso de **deslocalización de la calidad**, cuando la misma puede ser producida en otros territorios.

### **La tendencia a la “deslocalización” de la calidad de las carnes pampeanas**

El proceso de localización transformó a las carnes vacunas pampeanas en sinónimo de carnes naturales, tiernas, jugosas y de gusto pronunciado, proveniente de sistemas de producción pastoriles. En la última década, tres procesos independientes y que influyen en distintas etapas del SAA, generan una creciente deslocalización de su calidad. El primero de ellos, fue la deriva de la genética vacuna. Esto se debería a la influencia de factores sociales como la generalización de la idea que la ganadería volvería a ser una actividad netamente exportadora hacia Europa continental y a la asociación entre una genética superior y el renombre de familias de ganaderos pertenecientes a la burguesía vacuna (Champredonde y col., 2000). Este proceso derivó en una participación importante, en los rodeos comerciales, de vacunos con genética de tamaño mediano a grande y con menor adaptación a la producción pastoril.

Posteriormente, durante la década de 1990, al creciente protagonismo de las cadenas de supermercados, en las etapas de faena y venta a consumidor de carnes vacunas. De una participación del 25% en el año 1984, se pasó a un 57% en 1999 (Nielsen AC., 1999).

Sostenemos la hipótesis que la necesidad de asegurar la terneza de la carne a un consumidor exigente y expuesto a la alta incertidumbre que implica la elección de carnes en góndola, impulsó a los supermercados (muchos de ellos compradores directos) y a aquellos frigoríficos que los abastecen, a privilegiar la compra de animales engordados en sistemas intensivos

(Champredonde M., 2001). Si bien prefieren la hacienda engordada en *feed lots*, este tipo de compradores ofrece también cotizaciones diferenciales a hacienda que recibe altos niveles de suplementación en sistemas de producción pastoril. Esta cotización diferencial constituye un estímulo al desarrollo de la suplementación.

El tercer proceso, es el denominado de *agriculturización*. Éste implica el aumento de la superficie destinada a la agricultura y el incremento exponencial en la utilización de agroquímicos y de la implementación de la práctica de siembra directa ([www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar)). El impacto mayor de este proceso sería la marginación de la ganadería a los terrenos menos productivos de la región pampeana y a las regiones extra-pampeanas. A nivel de las prácticas de producción bovina, provocaría una creciente “artificialización” (Champredonde M. y col., 2008) por el uso creciente de la suplementación, con silaje y/o con granos, en la etapa de engorde.

A nivel de las explotaciones agropecuarias, la *agriculturización* conlleva a la modernización y refuerza la *especialización* de la mano de obra en actividades agrícolas y ganaderas en forma separada (Champredonde M. y col., 2007). Ese proceso de especialización está basado fundamentalmente en conocimientos formalizables y transferibles, es decir, altamente deslocalizables.

La gestión de las prácticas ganaderas, especialmente las de engorde, se basa cada vez más en conocimientos técnicos-científicos, en tareas como la estimación de la calidad del forraje, o el cálculo de la composición de la dieta en función de los requerimientos de cada categoría. En numerosos casos, requiere además de la participación en redes de información socio-técnicas en las cuales circula información sobre temas técnicos o sobre la evolución de los mercados de insumos: cotización y disponibilidad de cereales, cotización y localización de categorías animales a engordar. Demanda, además, una mayor sofisticación del sistema de gestión contable, dada la mayor incidencia de los aspectos impositivos en los procesos de compra de insumos.

Esto equivale a la movilización de saberes “deslocalizados” que circulan en redes profesionales relacionadas con los centros de innovación técnico-científica. En este tipo de sistemas de producción, se ve relegada la movilización de Saberes Empíricos Colectivos Localizados.

Sin embargo, se observa un impacto diferencial de este proceso entre los productores pampeanos. Trabajos de investigación, sectorizados en el sudoeste bonaerense, ponen en evidencia que el nivel de complejización y “artificialización” de las prácticas ganaderas varía en función de: la edad media de los decisores, la disponibilidad de recursos económicos extra-prediales y del proyecto de vida del productor y su familia (Champredonde M. y col., 2007 b).

### *Impacto de la “artificialización” sobre la calidad de la carne vacuna pampeana*

El impacto de altos niveles de suplementación en la dieta de los bovinos, se observa en distintas dimensiones de la calidad de las carnes vacunas pampeanas. Dentro de los atributos que inciden directamente sobre la aceptabilidad de la carne bovina se observa un impacto positivo por el aumento de las probabilidades de obtener carnes tiernas y con alto grado de marmoleo (Carduza F. y col., 1997; Carduza F. y col., 2005).

Esta tendencia puede constituir una verdadera amenaza para las carnes provenientes de sistemas pastoriles, en la medida que los consumidores se habitúen a consumir carnes extremadamente tiernas, rechazando carnes que eventualmente lo fueran algo menos.

En contraparte, este tipo de carnes, es más propenso a desarrollar alteraciones de aroma y sabor (gusto a hígado, gusto a cerdo, etc.), así como una mayor inestabilidad frente a procesos oxidativos (gusto rancio) sobre todo luego de procesos de maduración superiores a los 28 días (Carduza, 2003; Irurueta, 2007).

Otros estudios efectuados por el INTA, demuestran un impacto negativo sobre la calidad nutricional de las carnes. El aumento de áci-

dos grasos saturados en carnes provenientes de sistemas intensivos (García P., 1996, Latimori y col., 2003) eleva el riesgo de aumento de colesterol en sangre en los consumidores. La dificultad que encierra esta “no calidad” es que la misma es difícilmente detectada por el consumidor a la degustación.

Por otra parte, este producto no se corresponde con las imágenes que se asocian con las carnes pampeanas (calidad simbólica). Surge con fuerza el interrogante sobre la proyección de su especificidad, frente a las carnes producidas en otras regiones del mundo en las que se crían las mismas razas vacunas (Australia, los Estados Unidos, etc.).

Nos interrogamos también sobre cuáles serían las estrategias que estimularían un proceso de relocalización de su calidad. Tanto las señales de mercado, como la presión ejercida por el fenómeno de la agriculturización, parecen estimular un proceso de “artificialización” de la producción bovina. Esta tendencia ha sido reforzada por medidas de gobierno como el subsidio a los granos destinados a los sistemas intensivos de engorde.

La única señal que se opone a la tendencia general, es la exigencia de la Unión Europea de exigir que las carnes importadas de Argentina, por medio de la denominada “cuota Hilton”, provengan de sistemas pastoriles<sup>18</sup>.

### **¿Qué significa tender a “relocalizar” la calidad de las carnes vacunas en este contexto?**

Un balance de la situación actual de la calidad de las carnes pampeanas evidencia una gran diversidad de productos. En términos generales podemos decir que encontramos carnes que provienen de sistemas pastoriles, en los que se crían fundamentalmente razas británicas sin la utilización de suplementos más allá

18 Estas conclusiones surgen del trabajo de terreno desarrollado en setiembre de 2007 en el marco del Proyecto SINERGI, por el equipo conformado por Casabianca F., Cerdán C., Vitrolle D. y Champredonde M.

de algún rollo de heno. En el extremo opuesto, encontramos los denominados *feed lots*. Entre estos dos extremos se observa un abanico de posibilidades.

La identificación de los factores que confieren una calidad específica a las carnes vacunas pampeanas ofrece pistas sobre posibles caminos a seguir en un proceso de relocalización. En primer lugar, a nivel de las etapas productivas, es importante destacar que las prácticas productivas empleadas en las actividades de cría (es decir hasta el destete del ternero), no han sido sustancialmente alteradas por el proceso de agriculturización. En numerosos establecimientos, especialmente en los de tamaño mediano a grande, el arreo de animales se hace a caballo. Los peones, mantienen las tradiciones de amansar caballos, portar las prendas típicas y cultivar destrezas como la de enlazar animales en caso de necesidad.

La definición de prácticas localizadas parece ser crítica, entonces, en la etapa de engorde. Debemos considerar que definir un proceso y un producto típico no implica bloquear las innovaciones técnicas que surgen de la interacción con los centros de innovación. Por el contrario, el aporte de investigaciones científicas puede permitir la definición de los productos considerados como típicos en la región pampeana.

En ese sentido, asumimos que las prácticas productivas movilizadas en el engorde de vacunos en sistemas pastoriles se apoyan sobre múltiples saberes, movilizadas tanto en la generación de una oferta forrajera adecuada en términos de cantidad y calidad, como en el aprovechamiento de la misma mediante el sistema de pastoreo directo con vacunos.

Diversos trabajos de investigación desarrollados por el INTA nos permiten establecer orientaciones respecto de cómo se puede gestionar la nutrición animal sin alterar las características físico-químicas de las carnes tradicionales a pasto. En líneas generales, se estima que las carnes que provienen de animales, que reciben dietas en las que la suplementación energética no se supera el 0,7 % del peso vivo, los parámetros de calidad de los ácidos grasos y de calidad gus-

tativa, no presentan desvíos importantes frente a las obtenidas en sistemas pastoriles puros.

El aporte de estos estudios científicos han sido capitalizados en protocolos de producción de vacunos destinados a la Unión Europea, vía la cuota Hilton. Sin embargo, la comunicación de esta calidad específica para su diferenciación prácticamente no ha excedido las 28.000 toneladas que componen dicha cuota (sobre los más de tres millones de toneladas producidos anualmente). Esto nos lleva a analizar las particularidades de los mecanismos de calificación predominantes en el SAA de las carnes vacunas pampeanas.

### **Mecanismos de calificación. Impacto sobre el proceso de deslocalización de la calidad y sobre el territorio**

La caracterización de los mecanismos de calificación de las carnes vacunas pampeanas permiten observar en qué medida se corresponde el imaginario del consumidor con la calidad de las carnes consumidas. En dirección inversa, dentro del proceso de ajuste de las calidades dentro del SAA, determinar cuáles son las señales recibidas por el productor sobre las calidades a producir.

### **Los mecanismos de calificación de las carnes. Calidades comunicadas. Información hacia el productor.**

Diferenciamos tres familias de mecanismos de calificación de las carnes vacunas pampeanas argentinas, en función de las estrategias de los actores involucrados en este SAA, a saber: 1) los mecanismos informales 2) la marca de empresa, 3) los proyectos organizacionales y proyectos colectivos.

### **Los mecanismos informales de calificación de las carnes**

La asociación entre la calidad de las carnes y el punto de venta, es un fenómeno recurrente en

todas las regiones del mundo. A nivel de *carnicerías* en forma frecuente se da una relación interpersonal entre el carnicero y el comprador. En Argentina coincide frecuentemente que quien hace las compras es quien prepara la carne. Frases como “*Este corte está especial. Llévelo y después me cuenta que tal salió*” son frecuentes en las recomendaciones que hace un carnicero a un ama de casa o a un hombre que se prepara para hacer un asado. Estos mecanismos de relación interpersonal, utilizados por los carniceros, contribuyen a disminuir la incertidumbre del comprador al estimar la calidad de la carne en el momento de compra (Casabianca F., 2005)<sup>19</sup>.

Sin embargo, frecuentemente el carnicero desconoce el origen de las carnes que vende, dado que es el frigorífico que lo provee quien selecciona y faena los animales. Los criterios utilizados por los carniceros al elegir las reses en gancho, son peso, conformación y grado de engrasamiento.

Por su parte, los *supermercados* ofrecen mayoritariamente sus carnes en góndola. En este caso la generación de confianza en el consumidor es un proceso aún más delicado. Es alta la incertidumbre de un consumidor que duda sobre qué tipo de corte se adapta mejor a la preparación que prevé, o que intenta estimar la calidad de un corte embalado en una bandeja. Ese mayor nivel de incertidumbre y la imposibilidad de recriminar al carnicero una mala experiencia en el consumo, hacen que el nivel de exigencia sobre la calidad sea mayor en la compra en góndola. Este sería uno de los factores que impulsaron a los supermercados a privilegiar la oferta de carnes provenientes de Feed Lots.

### La imagen movilizada por las marcas

Según Combenegro J.P. (1995) “*la marca cumple una doble función: Distinguir el producto y garantizar la calidad y garantiza al consumidor el origen del bien consumido*”. En la pampa argentina, la diferenciación de carnes mediante marcas, se

da mayoritariamente a nivel de los supermercados. En algunos casos, éstos ofrecen carnes seleccionadas con Marca propia, utilizando, frecuentemente, nombres fantasía e imágenes que evocan a carnes producidas en praderas.

Sin embargo, la imagen evocada por los productos no siempre se corresponde con la realidad. De hecho, gran parte de las carnes producidas en *feed lots* son ofrecidas en las góndolas de los supermercados, sin hacer mención al origen.

## Los Proyectos organizacionales

### Las marcas de proyectos integrados

En algunas góndolas se encuentran también carnes con marcas, pero provistas por empresas que integran la industria y alguna etapa de la producción. Distintos autores argentinos (Silva, A., 2003; Bisang, 2003; Palau, H., 2005; Ordoñez, 2007), coinciden en señalar al proyecto de diferenciación de carnes, mediante la marca “La Lilas” como aquel que mejor se ha sostenido en el mercado interno argentino. Alguno de ellos (Silva, A., 2003; Ordoñez, 2007) señalan al proyecto de la empresa Prinex, carnes “Novillo Pampeano” como aquel que se ha podido sostener en góndolas de países como Chile, España o Inglaterra. Los mismos comunican el carácter de natural de sus productos, criados en sistemas fundamentalmente pastoriles. Esta información es asegurada por un sistema de trazabilidad.

En el mercado interno, las carnes diferenciadas y que responden a protocolos de producción representan solamente el 5% del total producido y el 25% para la exportación (Palau, 2003). Recordemos que la exportación comprende hasta el 15% del total comercializado.

La importante participación de las carnes vacunas producidas bajo protocolo en la exportación, responde en parte a la presencia de proyectos en que grupos de productores se agrupan para exportar. En el caso de productores que exportan vía la cuota Hilton, hacia la Unión Europea, los protocolos de producción aseguran la cría de animales de raza bri-

<sup>19</sup> en comunicación personal

tánica, a pasto, con una utilización mínima de suplementación en las etapas de engorde, el implemento de algunas Buenas Prácticas de producción y aseguramiento de la trazabilidad.

Es este tipo de producciones y de productos, los que a nuestro entender, estarían más cercanos a la posible definición de una carne típica pampeana.

### **Marcas colectivas (Angus y Hereford)**

Si bien hasta el presente las marcas colectivas<sup>20</sup> no están contempladas por la legislación argentina, este tipo de marca ha sido utilizada en proyectos de exportación hacia países en los cuales éstas están definidas. Es el caso de las carnes que fueran exportadas hacia los Estados Unidos bajo las marcas Aberdeen Angus y Hereford<sup>21</sup>, las cuales están desarrolladas en ese mercado. Estas exportaciones fueron posibles gracias a acuerdos firmados entre las asociaciones locales de dichas razas y cada una de las asociaciones homólogas de los Estados Unidos. Estos acuerdos fueron avalados en forma correspondiente por las autoridades sanitarias de ambos países.

Este tipo de acuerdos permitieron la comunicación de tres tipos de información: el doble origen de las carnes vendidas bajo esta marca, es decir el origen racial (Angus o Hereford) y el del país donde fueron producidas (en este caso la Argentina). Por otro lado se comunica la garantía de calidad sanitaria mediante el aval conferido por el «USDA VERIFIED PROGRAM».

Este tipo de marca colectiva ha sido utilizada también en el mercado argentino. La comunicación de las mismas se efectúa tanto en las góndolas (carnes Angus) y en restaurantes que llevan el nombre de la raza animal (Hereford).

20 « Marca colectiva es aquella usada para identificar productos o servicios provenientes de miembros de una determinada colectividad para diferenciar en el mercado los productos o los servicios ».

21 Ambas razas son las que gozan de una mayor reputación en el mundo por la calidad de sus carnes.

## **Las Marcas en proyectos colectivos**

### **Producciones Orgánicas**

Estas producciones son reguladas por organismos de Estado como SENASA y certificadas por organismos independientes. El volumen de producción es muy limitado y se orienta fundamentalmente a la exportación. El interés que revisten estas producciones, es su extrema proximidad a los términos en los que se definiría un protocolo de producción de carnes vacunas pampeanas en caso de una comunicación de una I.G.

### **Marcas de provincia**

Algunas provincias argentinas buscan distinguir productos “locales” que cumplen con estándares de calidad superior y que presentan innovaciones respecto a los productos “indiferenciados” de la misma área de producción.

Dentro de este marco legal, se destaca la posibilidad de certificar carnes vacunas orientadas al mercado europeo, denominadas “*Carne Argentina de la provincia de La Pampa* (Ley Provincial N 1989/2002). Este proyecto propuso certificar carnes provenientes de sistemas pastoriles y en el que se incorporan conceptos como el de Bienestar Animal.

Para los exportadores argentinos de carne vacuna, el etiquetado facultativo constituye un avance importante pues permite la comunicación de calidades específicas de sus productos en el mercado externo más importante: la Unión Europea. Sin embargo, en este caso podría constituir una amenaza dada la utilización de la denominación pampa en la Indicación de la Procedencia.

Por otra parte, la limitante de las “marca provincia” es que éstas no necesariamente definen un producto típico, y en este caso su área corresponde solo parcialmente con el territorio pampeano.

### **El sello Argentine Beef**

Este sello es impulsado por Organismos Estatales y por Instituciones Mixtas Público-

Privadas. El mismo ha sido utilizado para certificar las carnes exportadas que cumplen con protocolos en la producción, faena, desposte y embalaje. La finalidad de este sello es asociar el renombre de las carnes argentinas con la calidad de los productos ofrecidos.

Sin embargo este sello puede constituir una amenaza a la tipicidad de las carnes pampeanas. De hecho, la alusión a la procedencia *Argentina* puede inducir a los compradores a asociar la calidad de todas las carnes exportadas con las típicas de la Región Pampeana. La amenaza consiste en no diferenciar la diversidad de orígenes geográficos o por sistema de producción de las carnes que se beneficien del sello.

## **El impacto de la calificación sobre la calidad de las carnes y sobre el territorio**

La importancia de la propuesta de construir una delimitación geográfica en la diferenciación de carnes vacunas, se evidencia al intentar movilizar estas estrategias en proyectos de desarrollo territorial. En el contexto de este análisis, desarrollo territorial hace referencia a la preservación de saberes, del medio ambiente, a la protección de la salud pública, y al mejoramiento de la valorización del producto, en este caso las carnes vacunas pampeanas.

## **Mecanismos de calificación y deslocalización de la calidad de las carnes vacunas pampeanas**

A nivel del mercado interno, los mecanismos informales muestran sus límites para asegurar la localización de la calidad de las carnes pampeanas. Con el objetivo de garantizar la ternera de la carne, los frigoríficos privilegian la faena de animales que provienen de sistemas intensivos. Sin embargo, éstos no comunican a los consumidores el origen de las mismas. Esto no permite al consumidor local elegir lo que consume, ni ser consciente de los posibles impactos que pueden tener las carnes consu-

midas sobre su salud<sup>22</sup>. La generalización del consumo de carnes con alto nivel de ácidos grasos saturados, aumenta el riesgo de detección de altos niveles de colesterol en sangre en humanos. Este factor es causa de diversas afecciones como aumento de riesgo de problemas cardíacos, arterioesclerosis, etc.

Existe también el riesgo de que los consumidores pampeanos se acostumbren a la degustación de carnes “hipertiernas”, lo que tendería a marginar paulatinamente a las carnes provenientes de sistemas pastoriles. Estos sistemas generan naturalmente una mayor variabilidad de este aspecto de la calidad. En un contexto en el que prima la necesidad de rotar rápidamente la mercadería, implementar prácticas de maduración que mejore la ternera de carnes producidas a pasto, es decir, almacenarlas en cámaras a una temperatura cercana a los 4°C, por períodos de entre 7 y 11 días, parece impracticable.

En este contexto, la definición de calidad es unilateral y establecida por los distribuidores a consumidores, en especial por las cadenas de super e hipermercados. Esto favorece una mayor cotización de hacienda engordada en los sistemas más intensivos, lo que refuerza un proceso de “artificialización” de la producción. Este proceso se caracteriza por la implementación de conocimientos técnico-científicos “deslocalizados” y una marginación paulatina de los saberes localizados y de sus detentores: productores “tradicionales” y peones.

La demanda de hacienda proveniente de sistemas intensivos, constituye una profundización del proceso de degradación del medio ambiente pampeano. Por un lado induce a la disminución de las superficies de pasturas implantadas y naturales y al uso más intensivo de los suelos. Por otro lado, los denominados *Feed lots* (engorde a corral) o lugares de encierro temporario de vacunos, pueden contaminar acuíferos próximos en caso de que los efluentes no sean tratados adecuadamente y que las

---

22 Esta tendencia es corroborada tanto en el caso de las carnes ofrecidas por las carnicerías, como en los supermercados.

condiciones de suelo y vegetación no sean las adecuadas (Pordomingo A., 2003).

Por su parte, las empresas que ofrecen carnes con marca, parecen no constituir soluciones generalizables. Por un lado a nivel de mercado interno representan solo el 5% de las carnes adquiridas en góndolas o carnicerías. Del mercado externo, representarían el 25%. Más allá de representar una porción marginal de las carnes producidas, este tipo de proyectos no responden necesariamente a una lógica territorial. De hecho, los productores que se involucran en cada proyecto grupal, frecuentemente enmarcados en la exportación dentro de la cuota Hilton, poseen explotaciones en diversas zonas de la región pampeana.

Es importante subrayar que, como fuera expresado anteriormente, si bien la cuota Hilton comprende sólo un volumen de 28.000 toneladas (sólo 2,8 toneladas son acordadas a grupos de productores exportadores), ésta constituye **la única señal clara** al sistema agroalimentario en su conjunto, de cuál es el producto típico pampeano.

La valorización integral de las carnes vacunas pampeanas argentinas y de su territorio, implica el reconocimiento de las especificidades que confieren tipicidad al producto, la identificación y la promoción de prácticas dentro del SAA en su conjunto.

### **¿Qué aportaría una Indicación Geográfica Calificada?**

La construcción de una Indicación Geográfica Calificada<sup>23</sup> implica la organización de los actores del SAA para acordar lo que consideran como la definición de un producto típico. Esto contribuye a generar conciencia de unidad te-

<sup>23</sup> La ley Nacional 25.380/00 define dos sellos de calidad por el origen: La Denominación de Origen y la Indicación Geográfica. Por otra parte, para aludir en forma genérica también se utiliza el término de Indicaciones Geográficas. Dada la coincidencia entre ambos términos, en el presente artículos utilizamos el término Indicación Geográfica Calificada (IGC) como término abarcativo de ambos sellos y el de Indicación Geográfica en el caso del sello de calidad.

rritorial en un área cuya gran extensión y topografía plana, no contribuye a generar proximidad entre sus habitantes.

Generaría, además, un espacio de debate en el que el enfoque para el análisis de los problemas de la producción, transformación y consumo de las carnes, no se base únicamente en temáticas como la competitividad, la rentabilidad y la promoción del producto. Una visión basada en el paradigma del desarrollo territorial, puede llevar a generar respuestas diferentes a una problemática que supera a temáticas como la evolución del stock, los índices productivos, la calidad organoléptica o al desarrollo de mercados.

Este tipo de proyectos, permite tomar conciencia, a los actores locales y especialmente a los productores, sobre las fuentes de la tipicidad de este “producto emblema”. Esto permitiría contrarrestar las fuertes señales que supermercados y carnicerías traducen como demanda hacia los productores ganaderos. Es decir, reorientaría el proceso de traducción de las calidades. A nivel de consumidor, una I.G. informaría y generaría conciencia sobre la calidad de las carnes que consume.

Respecto a la calidad de las carnes pampeanas, este tipo de proyecto, constituiría una de las pocas estrategias que permitan generar en forma colectiva y desde el propio territorio, señales claras, a mediano y largo plazo, sobre cuál debería ser la vía de evolución para preservar la tipicidad de las carnes vacunas producidas en la región pampeana argentina.

A nivel del mercado externo, una Indicación Geográfica permite proteger a las carnes de la pampa argentina del uso indebido de su imagen por parte de exportadores de terceros países o de productores y exportadores de otras zonas agroecológicas de la Argentina. Permite además, la reproducción de SECL y fomenta la preservación de tradiciones asociadas a la ganadería vacuna.

Su contribución a la reproductibilidad de los sistemas pastoriles, contribuiría además a mini-

mizar el impacto ambiental de los sistemas de producción agrícola-ganaderos y ganaderos puros y a la preservación de especies autóctonas.

## El proyecto de una Indicación Geográfica Calificada para las carnes vacunas pampeanas: Contradicciones y potencialidades

Recordemos que la Ley Nacional argentina N° 25.380/00 define dos signos oficiales de calidad por el origen geográfico: las DO comunican que un producto posee una determinada calidad específica, y resulta de la influencia del territorio (tipicidad). La IG es acordada a productos que posee una determinada particularidad o calidad, conferida, en alguna de las etapas de producción y/o transformación, por el medio geográfico<sup>24</sup>.

### Los signos a comunicar ¿IG o DO?

El conjunto de los elementos expuestos anteriormente nos permite formular la hipótesis de que existen las bases suficientes como para iniciar el proceso de construcción de una Indicación Geográfica Calificada (IGC) para las carnes vacunas pampeanas. De hecho, se contaría con elementos suficientes como para formular tanto la demanda de una DO como de una IG, según lo establece la Ley Nacional 25.380/00.

Recordemos que los elementos que permiten la diferenciación por la **tipicidad** de las carnes vacunas pampeanas, mediante una **Denominación de Origen**, serían las especificidades:

- en los procesos de selección de la genética,
- en el funcionamiento de las explotaciones ganaderas,
- en las condiciones naturales de producción,
- en los saberes localizados en la región pampeana.

<sup>24</sup> Esta ley se encuentra aún en proceso de reglamentación lo cual no la hace aplicable, aunque la Dirección de Alimentos de la SAGPyA, puede recibir las demandas de IGC y la Dirección de Calidad Alimentaria del SENASA, está facultada a analizar los aspectos que le competen en las demandas de IGC.

Estas especificidades constituyen la base de una calidad simbólica en la que se asocian imágenes como el gaucho, la llanura pampeana y el asado.

En el mercado internacional las carnes pampeanas argentinas cuentan con una gran **reputación**. Las imágenes antes evocadas son la base de dicho renombre. Ello nos permite sostener la hipótesis de que también es posible construir una **Indicación Geográfica** para este producto.

En la caracterización de los elementos que contribuyen a la tipicidad y al renombre de las carnes de la región pampeana argentina, se destacan las diferencias zonales existentes a nivel de la **oferta forrajera**. Esas diferencias conciernen la cantidad, calidad y estacionalidad del forraje producido. Estas diferencias pueden inducir diversidad, en los vacunos faenados, sobre aspectos tales como la edad, el peso y el grado de engrasamiento de las reses.

Esto nos permite considerar la posibilidad de comunicar un signo por el Origen Geográfico como una IG o una DO para las carnes de la pampa argentina en su conjunto, acompañada por sub-denominaciones que harían referencia a las diferentes zonas agroecológicas. En el caso de exportaciones hacia mercados como el europeo se comunicaría por ejemplo, «*carnes bovinas pampeanas*» sub-denominación «*oeste arenoso*».

### Las posibilidades de su construcción: lo que nos enseñan los proyectos pasados

A mediados de la década del '90, en Argentina, emergieron diversos proyectos que buscaron comunicar una DO para las carnes vacunas. El primero de estos proyectos fue el de las "carnes vacunas entrerrianas". En este caso, la escala territorial de demarcación se apoyaba sobre los límites de un territorio administrativo como la provincia de Entre Ríos. Esta delimitación no se correspondía con un territorio en el cual se constatará la presencia de carnes con una calidad específica asociada al mismo.

Otros proyectos con la misma falencia se basaron en escalas administrativas más reducidas tales como un conjunto de distritos. Es el

caso del denominado “*Ternero del Centro*” de la provincia de Buenos Aires. Un tercer proyecto incluye distritos comprendidos en la Cuenca del Salado pero dejando abierta la posibilidad de incorporar distritos limítrofes.

Una mirada al proyecto “*Carnes Pampa del Salado*”, permite comprender mejor las potencialidades y las limitantes de proyectos que busquen comunicar una IG para las carnes vacunas pampeanas. El consorcio Pampas del Salado reunía más de 700 productores hacia fines de 2004 con 165.000 vacunos en proceso de certificación. Los productores se agrupaban en torno a una red comprendida por 21 Asociaciones Rurales, distribuidas en igual número de Municipios.

El objetivo declarado por los miembros del proyecto era el de “identificar y registrar las características intrínsecas de la cría de ganado bovino bajo un sistema extensivo tradicional de la región, con alimentación a pasto, la no utilización de productos hormonales de crecimiento (más tarde prohibido por el SENASA), Bienestar Animal y recomendaciones de sanitarias y de manejo del rodeo” (Acosta, D. y col., 2004).

El sistema de trazabilidad implementado en esa época por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), destinado a identificar únicamente el ganado de exportación, se asemejó al sistema desarrollado por el Consorcio. Sin embargo, el sistema oficial no exigió, al resto de los productores pampeanos, el mismo nivel de generación y comunicación de información (relativa al proceso de producción) que se autoimponían los productores involucrados en este proyecto.

Tal como lo expresan Perez R. y col. (2006), la implementación de la trazabilidad oficial para exportación, con igual alcance pero con menores requerimientos generó fuertes interrogantes sobre el futuro del proyecto. Los actores involucrados en este proyecto se vieron confrontados a múltiples interrogantes: “¿Cómo repercutiría esta política oficial en la adhesión de los socios del Consorcio? ¿Reconocerían

los ámbitos gubernamentales los mecanismos de auto-certificación? ¿Los consignatarios de hacienda, asignarían diferentes valores a los productos bajo uno u otro sistema de trazabilidad?”. En los años siguientes, las políticas de restricción y prohibiciones temporarias de las exportaciones de carnes no mejoraron la situación de este tipo de proyectos.

Otras fuentes, indican la incidencia de problemas internos al proyecto. Por un lado, en una publicación (Palau y col., (2005) señalaban la siguiente contradicción en los intereses de los participantes del proyecto: “el equipo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) participante del proyecto, apuntaba a lograr una oferta expandida con vistas al mercado global. Por su parte, los delegados de las “Comisiones Locales”, representantes en el Consorcio Pampas del Salado, apuntaron a un escenario local de venta de terneros en la zona de invernada en el oeste pampeano” (2007, p135). Finalmente en 2003 el equipo de la FAUBA se retira del proyecto.

La respuesta más elocuente a estos interrogantes se evidencia en la situación actual del proyecto. Se observa un debilitamiento extremo de las estructuras y un riesgo concreto de desactivación definitiva del mismo.

Un elemento de relevancia y omitido en dicho proyecto, es que toda propuesta de construcción de una IGC debe incluir al conjunto de los actores que conforman el SAA. En este caso, es llamativa la ausencia de industriales y exportadores. Esta ausencia marca la vigencia actual de uno de los antagonismos históricos de este SAA: productores vs industria.

En otros casos, se constata la supervivencia del proyecto a pesar del desgaste expresado por sus miembros. Ello se debe en gran parte a una inclusión limitada de miembros de los grupos y al beneficio directo que implica participar en la Cuota Hilton destinada a Productores Exportadores.

El análisis de los proyectos de construcción de una IGC para las carnes vacunas pampeanas,

nos conduce a destacar también que ninguno de los proyectos analizados consideró a la Región Pampeana en su conjunto como escala pertinente para la construcción de una IGC. En segundo lugar, en todos los casos se propuso la comunicación de una DO, pero en ninguno de esos casos se evocó la posibilidad de comunicar una IG para estos productos. Por último, debemos señalar que hasta el momento, ninguno de estos proyectos ha cumplido con el objetivo de comunicar una IGC.

### *Actores potencialmente implicados, contradicciones y las potencialidades*

En principio, la constitución de un Comité de Promoción del producto, en este caso las carnes vacunas pampeanas argentinas, estaría conformada por representantes de centros de reproducción de genética, productores ganaderos, industriales, distribuidores a consumidor y exportadores.

Las divergencias de intereses entre actores que componen este SAA podrían constituir una primera barrera. Por un lado, la diferenciación ante el consumidor de carnes provenientes de sistemas intensivo vs sistemas pastoriles, podría entorpecer el funcionamiento de frigoríficos y de puntos de venta sin que esto represente una diferencia económica interesante. Además, en algunos casos implicaría que las marcas que ofrecen carnes de sistemas intensivos, acompañadas de imágenes que evocan una producción pastoril, dejarían de ser operativas.

En segundo lugar, siendo el mercado exportador el más interesante, una IGC puede constituir una amenaza para los grupos de productores e industriales que exportan carnes desde regiones extra-pampeanas. En este caso, la diferenciación por el origen geográfico dejaría en claro que las mismas no provienen de la Región Pampeana. Algunas de ellas buscan beneficiarse de un sello como el Argentine Beef, el cual las asocia indirectamente con la región pampeana.

El análisis de los factores que facilitarían la construcción de una IGC para las carnes pam-

peanas muestra un margen de acción acotado para el desarrollo de un proyecto exitoso. Sin embargo, el fuerte anclaje cultural del producto y el reconocimiento del que goza tanto en el mercado local, como en el internacional, permite continuar imaginando la concreción de un proyecto de este tipo

## Conclusiones

El análisis de la producción, faena, transformación, preparación y degustación de las carnes vacunas de la Región pampeana, en términos de SAA, nos permite comprender las particularidades del proceso de localización y deslocalización de la calidad de ese producto.

La tipicidad del producto se explicaría a partir de especificidades en los procesos de selección de la genética, en el funcionamiento de las explotaciones ganaderas, en las condiciones naturales de producción, en los saberes localizados en la región pampeana. A su vez la carne vacuna constituye un referente identitario fuerte y un símbolo de reunión. A nivel arquitectónico esta componente cultural se manifiesta en el hecho de que gran parte de las construcciones (casas y sedes sociales) pampeanas poseen una parrilla.

Sin embargo, el proceso de “artificialización” de las prácticas ganaderas, principalmente en la gestión de la nutrición animal (acentuado desde el año 2003), constituye una pérdida de tipicidad para las carnes vacunas pampeanas.

El impacto sobre la calidad de las carnes es complejo: Por un lado mejora un aspecto de la calidad organoléptica, al aumentar las probabilidades que las carnes sean tiernas, más allá de aumentar la probabilidad de detectarse algunos sabores extraños. En contrapartida altera la calidad nutricional dado el aumento de ácidos grasos saturados, lo que implica un riesgo de provocar un impacto negativo sobre los niveles de colesterol en sangre, de los consumidores. Respecto a la calidad simbólica, la

proveniencia de sistemas de engorde intensivos, no se corresponde con la imagen de producto natural con la que se asocia a las carnes pampeanas.

Se debe considerar, también, la marginación paulatina de los Saberes Empíricos Colectivos Localizados y de sus portadores. En este aspecto, observamos que los saberes que contribuyeron a la localización de la calidad de estas carnes, no constituyen un factor lo suficientemente importante como para generar una respuesta ante el proceso en marcha que denominamos “deslocalización”.

A esta “pérdida” de calidad se debe agregar el impacto negativo sobre el medio ambiente, dado el riesgo de contaminación de napas, asociados a la instalación de corrales de engorde. En proximidad de los centros urbanos, los *Feed lots* son rechazados por los pobladores dada la emanación de olores desagradables y a la multiplicación de insectos.

En los aspectos comerciales, la prevención de las imitaciones, tanto por productos nacionales como de terceros países, continúan siendo una amenaza mayor para la valorización futura de estas carnes vacunas.

Si bien en la actualidad, buena parte de las carnes producidas, se corresponden con la imagen del producto típico, la ausencia de señales claras puede contribuir a la generalización de la producción de carnes en sistemas “artificializados”.

De hecho, los mecanismos de calificación de las carnes, basados en la confianza interpersonal carnicero-comprador, o de marcas de distribuidor que no son respaldadas por protocolos de producción, no movilizan la información suficiente al consumidor sobre la calidad de las carnes consumidas. Esto impide la generación de señales desde el consumidor, capaces de traducir a los sistemas de producción demandas de productos de calidad en términos de productos sanos y que se correspondan con la imagen consumida.

En la actualidad, las únicas señales claras provienen de la cuota Hilton (y de los protocolos de las marcas colectivas Hereford y Angus). Sin embargo, estas señales alcanzan sólo a una parte de los productores. Las evidencias muestran que estas señales no son suficientemente importantes y claras para reencauzar este proceso.

Surge entonces el interrogante sobre el tipo de estrategia colectiva a instrumentar, que tenga el suficiente alcance para generar una “relocalización” de la calidad de las carnes de la pampa argentina.

Las estrategias que podrían generar señales más claras, serían las marcas de provincia y las Indicaciones Geográficas Calificadas. Las primeras presentan limitantes estructurales por abarcar parte de varias regiones agroecológicas y por no definir necesariamente lo que es un producto típico.

Concluimos entonces que las IGC constituirían herramientas adecuadas para revertir la tendencia a la deslocalización de la calidad de las carnes vacunas pampeanas. Los elementos que confieren tipicidad y renombre al producto permitirían el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza. Sin embargo, la falta de un marco Institucional adecuado y la divergencia de intereses entre los actores que componen este SAA, generan interrogantes sobre las posibilidades de su concreción.

Inspirado este capítulo en la publicación: “Localización, deslocalización, ¿relocalización de la Calidad de las carnes vacunas ‘pampeanas argentinas Impacto territorial?”. En: Velarde I, Maggio A., G. Otero, (Compiladores), 2008, Sistemas Localizados en AGROALIMENTARIOS Argentina, p. 183, Edición INTA, p 76 a 99. ISBN 978-950-34-0493-5

## Referencias

- Acosta, D.; Lucesoli, R.; Petinari, J. 2004. Consorcio Pampas: Certificación de origen y calidad en ganados y carnes." Del ternero de la Cuenca del Salado al novillo de la Pampa Argentina, En *Sistemas Agroalimentarios Localizados: Procesos de innovación y valorización de los recursos Locales*, Ed. INTA, 12 -15.
- Bisang, R. 2003. Estudios sobre el Sector Agroalimentario componente B: Redes Agroalimentarias. Tramas B-1 Las Tramas de Carnes Bovinas en Argentina, Ministerio de Economía de la Nación, 91 p.
- Bouche, R., Bordeaux, C. 2006. *Savoir-faire fromagers de Corse: patrimoine complexe à formaliser entre technique et culture pastorale*. En III Congreso Red SIAL "Alimentación y Territorios", Baeza, España, 18 p.
- Casabianca, F.; Sylvander, B.; Noël Y.; Beranger, C.; Coulon, J.B; Roncin, F. 2005. *Terroir et Typicité: deux concepts-clés des Appellations d'Origine Contrôlée. Essai de définitions scientifiques et opérationnelles*. In *Proceedings of the International Symposium «Territoires et Enjeux du Développement Régional»*, Lyon, France, 22 p.
- Champredonde, M.; Bustos Cara, R.; Hernandez, H. 2000. Territorio y sociedad en la construcción de la genética: el ejemplo de los bovinos de razas carniceras en la región pampeana. En *R.U. de Geografía, U.N.S.*, (9) 81-109
- Champredonde, M. 2001. *Stratégie des éleveurs et construction de la qualité dans la filière des viandes bovines. Le cas du Sud-Ouest pampéen en Argentina*. Tesis de Doctorado, Univ de Toulouse Le Mirail, 348 p.
- Champredonde M (a) ; Bustos Cara, R.; Oustry, L.; Cacciurri, H.; Ercoli, F.; López Castro, N.; Haag, M.; Brandán, M.; Tourrette, E.; Montalbán M. 2007. *Culturas migratorias y valores territoriales localizados en la ruralidad y el desarrollo del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. Procesos de patrimonialización de platos típicos mallorquines*. En *V Jornadas CIEA, UBA*, 7-9 /11, 22p.
- Champredonde, M. ; (b) TOURRAND, J.F. 2007 *Changement technique a moyen et long terme dans les pratiques productives (agriculture-élevage). Impact territorial*. En Seminario "mi parcours", proyecto ADD TRANS, Montpellier, 15-19/ 10, 3p.
- Champredonde, M.; Albaladejo, C.; Ercoli F. 2008. *Local territorial insertion of cattle breeders and artificialization of production systems: logics of cattle feeding in the Southwest of argentine pampa*. En XII Congreso de la Asociación Internacional de Sociología (IRSA), Goyang, Corea, 6 – 11/07, 22 p. ([www.inta.gov.ar/bordenave/info/indices/tematica/otros/denominaciones\\_de\\_origen.htm](http://www.inta.gov.ar/bordenave/info/indices/tematica/otros/denominaciones_de_origen.htm))
- Muchnik, J. 2006. *Identidad territorial y calidad de los alimentos: procesos de calificación y competencias de los consumidores*. En *Revista Agroalimentaria, CIA, Fac Cs Económicas y Sociales, Univ Andes, Mérida*, (22), 89-98
- Muchnick, J.; Sautier, D. 1998. *Systèmes agro-alimentaires localisés et construction de territoires. Proposition d'action thématique programmée*. CIRAD. Paris, France. 46p.
- Palau, H. 2005. *Agronegocios de ganados y carnes en la Argentina: restricciones y limitaciones al diseño e implementación de sistemas de aseguramiento de origen y calidad. Estudio de caso múltiple*. Tesis de Magíster UBA - Bs As, 343 p.
- Pérez, R.; Maggio, A.; Champredonde, M.; Lucesoli, R.; Pettinari, J.; Acosta, D. 2006. *El proceso de organización y trazabilidad de ganado bovino del Consorcio Pampas de la provincia de Buenos Aires, República Argentina*. Congreso ALTER 06, Baeza, España, 3p.
- Pordomingo ,A. 2003. *Gestión ambiental en el feedlot. Guía de buenas prácticas*. INTA Anguil, 90 p ([www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot/feedlot.pdf](http://www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot/feedlot.pdf))
- Sylvander, B. ; Melet I. 1994. *La qualité spécifique en agroalimentaire. Marché, Institutions et Acteurs*, Editions INRA, Toulouse, 143 p
- Trift, N.; Casabianca, F. 2002. *Socio-technical construction of the beef meat origin in France*. En *Proceedings of the European symposium Farming and Rural Systems Research and Extension*, Florencia, Italia, p 390 -398
- Calidad de carnes vacunas
- Latimori, N.J.; Kloster, A. M.; Amigone, M. A.; Carduza F. J.; Grigioni, G. 2000 *Producción de novillos de exportación en sistemas pastoriles intensivos. Productividad y Calidad de Carne de Novillos para Exportación En Invernadas Pastoriles Intensificadas*. *Rev. AAPA* 20 (1) p 25-37.
- Irueta, M. Pordomingo, A.J. Grigioni, G. Carduza F., Pordomingo A.B., Volpi Lagreca G. 2007. *Effects of Pasture Grazing vs Feedlot Feeding on Meat Quality of Young Steers*. *Icoms China*
- Carduza F.; Grigioni, G.; Irueta M. 2002. *Evaluación organoléptica de calidad en carne. A pedido del consumidor*. Ediciones INTA. Buenos Aires. Argentina, *Revista IDIA XXI*. a. 2, no. 2. p. 145-150
- Villarreal, E.; Mezzadra, C.; Melucci, L. 2003. *Caracteres de carcasa y sus componentes genéticos para diferentes biotipos bovinos*. In *Basic and Applied Genetics XV* (2) 136-138.





**Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico  
Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur**

Argentina  
Bolivia  
Brasil

Chile  
Paraguay  
Uruguay



Edificio MERCOSUR  
Luis P. Piera 1992 Piso 3  
Tel.: (598) 2410 1676  
Fax: (598) 2410 1780  
Montevideo - Uruguay  
E-mail: [sejecutiva@procisur.org.uy](mailto:sejecutiva@procisur.org.uy)  
[www.procisur.org.uy](http://www.procisur.org.uy)

