# El modelo de *Latte Nobile*, otra vía de producción de leche

## Pastoreo, antioxidantes una medida preventiva

**Miguel Ángel Galina Hidalgo**
— Compilador —

Roberto Rubino, Miguel Ángel Galina, Jorge Pineda, Ma. Ortíz Rubio, Magdalena Guerrero Cruz, Andrea Cabiddu, Mauro Decandia, Giovanni Molle, Claudia Delgadillo, Mario Cuchillo, Luis Enrique León, Amairani Ramírez, Héctor Ledesma, Juan Guzmán, Jesús Beauregard, Miguel Galina Morales, Ramiro Díaz, Carlos Galina, Juan José Romero, Agustín Orihuela, Francesco Tiezzi, Alfredo Cuéllar, Luis Joaquín Gómez, Daniel Suárez, Ramiro Olivé, José Rodolfo Velázquez

# El modelo de *Latte Nobile* otra vía de producción de leche

## Pastoreo, antioxidantes una medida preventiva

# El modelo de *Latte Nobile* otra vía de producción de leche

## Pastoreo, antioxidantes una medida preventiva

**Miguel Ángel Galina Hidalgo**
**— Compilador —**

***Roberto Rubino, Miguel Ángel Galina, Jorge Pineda, Ma. Ortíz Rubio, Magdalena Guerrero Cruz, Andrea Cabiddu, Mauro Decandia, Giovanni Molle, Claudia Delgadillo, Mario Cuchillo, Luis Enrique León, Amairani Ramírez, Héctor Ledesma, Juan Guzmán, Jesús Beauregard, Miguel Galina Morales, Ramiro Díaz, Carlos Galina, Juan José Romero, Agustín Orihuela, Francesco Tiezzi, Alfredo Cuéllar, Luis Joaquín Gómez, Daniel Suárez, Ramiro Olivé, José Rodolfo Velázquez***

UNIVERSIDAD DE COLIMA
PUERTABIERTA EDITORES

D.R. © Primera edición 2017
***Miguel Ángel Galina, Roberto Rubino, Jorge Pineda, Ma. Ortíz Rubio, Magdalena Guerrero Cruz, Andrea Cabiddu, Mauro Decandia, Giovanni Molle, Claudia Delgadillo, Mario Cuchillo, Luis Enrique León, Amairani Ramírez, Héctor Ledesma, Juan Guzmán, Jesús Beauregard, Miguel Galina Morales, Ramiro Díaz, Carlos Galina, Juan José Romero, Agustín Orihuela, Francesco Tiezzi, Alfredo Cuéllar, Luis Joaquín Gómez, Daniel Suárez, Ramiro Olivé, José Rodolfo Velázquez***

**Puertabierta, Editores, S. A. de C. V.**
Ma. del Refugio Morales No. 583, Col. El Porvenir, Colima, Col., México
*www.puertabierta.com.mx*

ISBN: En trámite
El libro fue publicado con fondos de la Cátedra PIAPI 1625 de la FES Cuatitlán, UNAM

Diseño: Pablo César Oliva Brizuela
Impreso en México / *Printed in Mexico*

La corrección estuvo a cargo de los propios colaboradores.

---

Queda rigurosamente prohibida, sin autorización escrita de los titulares del *Copyright*, la reproducción total y/o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento.

---

**Agradecimientos:** Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM

# Contenido

¿Podemos determinar en la mesa la calidad de la leche y de otros productos alimenticios? ¡Seguro! El sistema de producción es la base que establece el nivel cualitativo de los productos. .....7

El modelo de “Latte Nobile” en México, alternativa a los sistemas intensivos de producción de leche .....33

Estrés Oxidativo, efectos sobre la salud y la respuesta de los antioxidantes endógenos y exógenos en diferentes enfermedades. .....51

Extensive ruminant production systems and milk quality with emphasis on unsaturated fatty acids, volatile compounds, antioxidant protection degree and phenol content .....75

Estrategias de alimentación en ganado caprino y su relación con el perfil de ácidos grasos, actividad antioxidante y compuestos bioáctivos en la leche .....103

Grado de Protección Antioxidante en la leche de bovinos en Tabasco. Resultados Preliminares .....131

El reinicio de la actividad ovárica posparto no puede ser solucionado solamente con el uso de hormonas .....139

Genetic improvement for the Latte Nobile production system: threat or opportunity? .....153

El control de nemátodos gastroentéricos en la producción orgánica de ovinos.....167

Introducción al Manejo Holístico. .....199

Pastoreo Racional Voisin: ecología, salud y rentabilidad.....211

Latte Nobile en México.....221

Principios de elaboración de quesos a partir de leche pasteurizada .....233

Buenas prácticas de ordeño en el sureste de México .....239

# ¿Podemos determinar en la mesa la calidad de la leche y de otros productos alimenticios? ¡Seguro! El sistema de producción es la base que establece el nivel cualitativo de los productos.

***Roberto Rubino**, ANFOSC, Italia*
*presidente@anfosc.it*

**La situación**

Hoy en todo el mundo se hace un uso exagerado de la palabra gastronomía, los chefs están siempre en la televisión, la comida es un gran negocio, de cada alimento pensamos que conocemos su valor nutricional, su contenido en antioxidantes. Sin embargo, probablemente, nunca hemos sido tan ignorantes como ahora. Si pensamos bien, sólo en el mundo del vino la calidad se puede decidir en la mesa. Cualquier fabricante, incluso antes de plantar el viñedo, puede decidir el precio final de su botella ya que conoce los factores que contribuyen a determinar la calidad final del vino y las técnicas de producción para lograr este resultado. Sin embargo, el vino no se puede considerar un alimento, incluso si acompaña a todos los alimentos. ¿Y qué sucede con el resto de la producción primaria? Nada, todo se

vuelve una mercancía, todo es igual, el precio es único definido en algunas partes del mundo, que no conocemos y sobre bases que la mayoría de los fabricantes ignora.

Pero la leche no es toda la misma, o será así como para todos los otros productos alimenticios.

Vamos a tratar de discutir la situación del sector lechero.

El mundo de la leche está en crisis, porque la producción aumenta cada año en mayor volumen que el consumo. Y como sabemos que la demanda de alimentos es inelástica, tanto en términos de precio e ingresos, -su consumo está estrechamente ligado a las necesidades nutricionales diarias- en lo cotidiano, podemos comprar y mantener tres coches, cuatro televisores, y así sucesivamente, -pero no consumimos para alimentarnos más que lo justo-entonces este exceso de producción naturalmente resulta en fluctuaciones de precios, especialmente en los períodos favorables de producción. Sólo cuando existen fenómenos naturales dañinos, como la sequía o las inundaciones en países se trasladan a fuertes aumentos en los precios de producción láctea. ¿Pero siempre tenemos que contar con las desgracias de los demás para esperar un mejor precio?

Los efectos de las condiciones climáticas han exaltado el hecho de que la leche se considera una mercancía. Hay el precio global, el europeo, el nacional y, finalmente, el regional. Es una especie de lo que pasa en el mundo del cereal y el petróleo. Cuando la producción aumenta, el precio disminuye. Sólo en el caso del petróleo, son los países productores los que sufren las consecuencias y para algunos de ellos, porque para los pobres, los efectos pueden ser devastadores.

En el caso del trigo los países que pueden producir grandes cantidades a costos más bajos, aumentan la producción, pero los que, estructuralmente, tienen mayores costos, como en el caso de Italia, se van reduciendo cada vez más las áreas cultivadas. En ambos casos no hay protestas, se regocijan los automovilistas de la disminución de los precios de la gasolina, los productores de granos de cereales dejan de sembrarlos y cambian a otros cultivos.

Por lo tanto, el fenómeno es claro y los efectos son evidentes y confiables. Si estos productos se consideran una mercancía, cuando los

precios caen, la producción aumenta y las empresas cierran. Entonces, o bajamos la producción, como ocurre a menudo la OPEP, o salimos de la lógica de la mercancía, se abandona lo que parece ser una línea de vida, pero que es la causa de nuestra muerte, el precio único, y vamos a una diferenciación de precios de calidad.

Hay otra razón por la cual hay que abandonar el precio único de la leche, generalmente acordado. Dado que la leche no es la misma, si en lugar nos diéramos a todos el mismo reconocimiento, no hace falta decir que los que ofrecen alta calidad, reciben un precio más bajo, y los que se mantuvieron en niveles mínimos tienen un incentivo para continuar en ese camino. Y eso es lo que ha ocurrido en el sector lácteo. Tomemos el caso del requesón. Hoy en día, la mayoría de las compañías lo añaden a la crema, porque de lo contrario esta no sería comestible. La calidad ha bajado tanto nivel que un queso delicado y espectacular como el requesón o bien una buena leche tiene que recurrir a la alquimia. Lo mismo ocurre con la mantequilla. Claro, usted podría decir que en las dos últimas décadas se ha hablado mucho acerca de la calidad, hay una prima económica relación a la grasa, proteínas, el conteo de bacterias y células somáticas. Cuando la hay!

Sin embargo, la grasa y las proteínas son parámetros cuantitativos, se utilizan para producir más leche no para mejorar la calidad del queso. Algunos argumentan que las caseínas o sus fracciones, cambian la estructura y, por tanto, la calidad, pero son discusiones sin fundamento. Las mantequillas son diferentes, y por mucho, a pesar de que el porcentaje de grasa es siempre la misma y la estructura puede tener una influencia en la calidad, sólo en un punto negativo, sólo si es un defecto. La calidad es aroma, sabor y valores nutricionales, que no tienen nada que ver con la grasa y proteína. O la relación es tan modesta que se puede pasar por alto.

La carga de bacterias y de células somáticas, que son parámetros de higiene que, incluso en este caso, no tienen ningún impacto en la calidad. De hecho, hoy el mundo del queso tiene muchos problemas de coagulación debido a que la carga bacteriana es muy baja, la leche está prácticamente “muerta”. ¿Cuantas leches crudas requieren el uso

de enzimas de coagulación? De lo contrario el cuajado, se produce con dificultad.

A todo esto hay que añadir los efectos secundarios, los culturales, el consumo, los consumidores, la investigación. Un paradigma de esta metamorfosis que encuentro en Ragusa, Italia. Un queso de gran nivel, producido con animales en pastoreo, vacas *Modicana* autóctonas, leche cruda que se calienta en barricas de madera, la maduración lenta y sin enzimas, afinado en la cava, sin embargo, la leche destinada a este tipo de queso, se paga sólo dos centavos de Euro más del precio de la leche industrial. El Ragusano y todos los quesos que tienen su propia historia valen diez veces más. Esto se debe a que no hay quesos prestigiados a precios altos. ¿Si es posible que los que compran una botella de champán, paguen precios muy elevados, no se podría pagar más para tener el placer y disfrutar de un queso de calidad?

Así, por la lógica del precio único, que debe de cambiar, se debe dar "a cada uno lo suyo" en el dinero, se debe dar prestigio y nobleza, a los productos que tratan de tomar lo mejor y aprovechar al máximo las características específicas de una región, se debe ampliar la brecha entre el queso más caro y lo mas barato. ¿Cómo? La diferenciación del producto, restando la lógica competitiva y poner al consumidor en condiciones de reconocer que no es un producto homogéneo, estandarizado. Esto lo coloca en un mercado de competencia monopolística, dando así, el poder de negociación de los agricultores.

Por supuesto, lo ideal sería emular lo que hacen los enólogos: cada botella tiene su precio, cada viñedo no produce sólo un tipo de vino. Y el precio no está relacionado con el tipo, o la marca. Se puede comprar una botella de Barolo con €10, pero también puede costar €200. En cambio, el sector del queso, la designación de origen (DOP) se han convertido más en un problema, que en la solución. Todos los quesos no son iguales cuando los precios son similares. Nos refugiamos en lo único "madurado", ya que no podíamos hablar de otra cosa.

No podemos, en lo inmediato, que aumente los precios de acuerdo al tipo de productos lácteos, pero al menos podemos empezar a diferenciar la calidad de la leche.

## ¿Es la leche toda la misma?

NO, no es la misma en todos los casos! Muchos estudios han demostrado que la complejidad nutricional y aromática de la leche y el queso puede variar, principalmente relacionado al sistema de alimentación. Presentaremos un último trabajo (Estudio preliminar de un nuevo enfoque para decidir el nivel cualitativo del queso de acuerdo a la dieta, (S. Carpino, VM Marino, T. Rapisarda, R.Rubino) presentado en la Reunión Internacional del queso de montaña (Padua, Italia Junio 20, 2017). Queríamos determinar lo que podría ser la diferencia entre el queso, en relación con el sistema de alimentación, con independencia de la raza y la técnica de la fabricación de queso (Carpino et al., 2017).

Varios estudios han demostrado la relación entre la dieta animal y la calidad del queso. Se sabe que el forraje fresco afecta significativamente el contenido de vitaminas solubles antioxidantes del queso. Los niveles más altos de α-tocoferol y β-caroteno se encuentran en el queso, en respuesta a la ingesta de pasto fresco (La Terra et al., 2010; Marino et al., 2012). En este contexto, (Pizzoferrato et al., 2007) introdujeron el nuevo parámetro Grado Antioxidante Protección (DAP), con el fin de discriminar los quesos de pastoreo de los de estabulación. Además, los quesos de animales alimentados con pastos muestran un perfil de aroma más rico que los de los de estabulación (Rapisarda et al., 2013, 2014). Aunque hay una literatura sobresaliente sobre los factores que afectan la calidad del queso, un gran valor económico todavía se atribuye exclusivamente a la grasa de la leche y el contenido de proteínas. De hecho, el “concepto de calidad” debería ser ampliado a otros parámetros químicos. Así, a partir de todas las nociones científicas adquiridas, se implementaría un nuevo modelo lácteo, como ocurre en el campo de la maduración, para predecir la calidad de la leche y el queso.

Para determinar la calidad se seleccionaron varios quesos de diferentes dietas de animales y tecnologías de fabricación de queso. DAP y análisis de compuestos volátiles se utilizaron como indicadores de calidad, válidos para todas las tipologías de queso presentaremos el material y método, resultados y conclusiones del estudio (Carpino et al., 2017).

## Material y Métodos

En este estudio se analizaron un total de 11 quesos tradicionales como Caciocavallo y Monte Veronese. Los quesos se clasificaron por dieta en quesos de estabulación derivados de vacas alimentadas con heno y concentrado y quesos de animales pastoreando al aire libre. En detalle, se elaboraron 6 quesos (4 Caciocavallo y 2 Monte Veronese) con leche de vacas criadas en invierno en estabulación (ID1, ID2, ID3, ID4, IDN1 e IDN2). Las proporciones de forraje y concentrado alimentadas fueron diferentes dentro del grupo de queso de estabulación. Sólo dos quesos, IDN1 e IDN2, fueron elaborados con leche de las fincas que siguieron el modelo "Nobile", donde la ración dietética estaba compuesta por 70% de prado de heno polifita y 30% de concentrado. Además, se produjeron 5 quesos (2 Caciocavallo y 3 Monte Veronese) en temporada de verano de vacas criadas al aire libre pastoreando, cuando se disponía de forrajes con un poco de suplementación de concentrado (OD1, OD2, OD3, OD4, OD5). Las muestras de queso fueron analizadas para determinar la materia seca y la grasa usando el método APHA (2004) y el método IDF (2008) (ISO 3433), respectivamente.

Las vitaminas liposolubles y el perfil volátil se determinaron en todas las muestras de queso. La determinación de contenido de vitaminas solubles en grasas de queso fue como se describe por Marino et al (2012). El índice de DAP (Antioxidant Protection) se calculó según lo indicado por Pizzoferrato et al (2007), una relación molar entre los componentes antioxidantes (AC) y el objetivo de oxidación (OT):

DAP =∑ ni=1ACi(n° moles)/OT (n° moles)

Alpha-tocopherol y β-caroteno se consideran compuestos antioxidantes AC y el colesterol como oxidante OT.

Se determinó el perfil volátil y los compuestos activos de olor (OAC) mediante Cromatografía de Gas (GCO) según presentado por Carpino et al., 2004.

## Resultados y discusión

Este ensayo, sin una configuración experimental rigurosamente diseñada, se considera sólo una selección de diferentes quesos. De hecho, no se informaron detalles sobre la gestión de las explotaciones.

Teniendo en cuenta el contenido de humedad diferente en las muestras de queso, para los productos básicos, todos los resultados se discuten sobre la base de materia seca (Tab. 1). La cantidad de alfa-tocoferol y β-caroteno fue mayor en los quesos al aire libre en comparación con Nobile y los otros quesos de interior (720 frente a 513 frente a 380; 331 frente a 265 frente a 110 mg / kg de materia seca, respectivamente). Los niveles más altos de α-tocoferol y β-caroteno en los quesos al aire libre comparados con los de interior coincidieron con Butler et al. (2008) y Marino et al. (2012), que hizo hincapié en la importancia del forraje fresco en la leche en el contenido de vitaminas antioxidantes. Por otra parte, estos resultados se confirmaron con los datos DAP, en promedio 9,5 en el exterior y 5,1 en quesos de interior (Tab.1). De acuerdo con Pizzoferrato et al (2007), cuando los valores de DAP son 7.0 en el queso, la alimentación del pasto es predominante en la dieta animal. Sin embargo, a pesar de las muestras de queso Nobile procedentes de animales alimentados con heno y concentrado sin pastos frescos, los valores de DAP fueron en promedio superiores a los de otras muestras de interior (6,5 frente a 4,3, respectivamente), sugiriendo un heno de alta calidad y un buen manejo agrícola. Tab.1). Este resultado podría ser explicado por el reglamento de Latte Nobile que implica la alimentación del heno incluye no menos de cinco plantas en la composición.

Dentro del grupo estabulado, el queso ID1 tuvo el valor DAP más bajo (3.8) probablemente debido a la presencia de ensilaje de maíz en la dieta. En el grupo de Latte Nobile, el IDN1 comparado con el queso IDN2 tuvo un valor DAP menor (5,8 frente a 7,1) confirmado por el contenido más bajo de α-tocoferol y productos de oxidación como pentanal, etox-propanol, nonanona, octenhidroperóxido, nonanol, detectados por GCO. Por lo tanto, la literatura (Pizzoferrato et al, 2007) sugiere que el parámetro DAP es útil para discriminar los quesos de diferentes regímenes de alimentación animal y para estimar la estabilidad oxidativa de la grasa del queso. Además, el valor DAP podría proporcionar más información sobre la calidad del forraje. Sin embargo, también otros factores podrían afectar el contenido de vitaminas antioxidantes liposolubles en el queso, como el tratamiento térmico de la leche y la tecnología de fabricación de queso (Marino et

al., 2016). En general, el perfil de los compuestos activos de olor (OAC) no era muy rico en todas las muestras de queso analizadas. Dentro de la misma tipología de queso, los resultados relativos al queso de Latte Nobile fueron interesantes con un elevado número de OACs en comparación con otros quesos de estabulación. Los quesos Monte Veronese de pastoreo mostraron el número de moléculas activas de olor más alto entre todos los quesos. Además, los valores más altos de DAP se encontraron en pastoreo de Monte Veronese en comparación con las muestras de queso de estabulación. Sin embargo, en Monte Veronese incluyendo sorprendentemente también quesos de animales en libre pastoreo, se encontraron marcadores de oxidación de lípidos. De hecho, las moléculas de 2-hexanal y heptanal estuvieron presentes en muestras de interior y exterior, respectivamente, suponiendo un probable consumo de antioxidantes de leche.

**Conclusión**

Esta selección, aunque los quesos eran diferentes en la tecnología de fabricación, confirman una vez más la importancia de la alimentación sobre la calidad del queso. Los valores de grasa, proteína en las muestras de queso analizadas se incluyeron en general en el rango esperado para esa tipología de queso. Sin embargo, se observó que estas muestras eran diferentes en contenido de vitaminas antioxidantes liposolubles y perfiles de aroma. Además, los aldehídos volátiles identificados en algunas muestras de queso mostraron una peroxidación lipídica en curso. Estos resultados demuestran que la grasa y la proteína no son suficientes para definir la calidad del queso. El cálculo del DAP apoyado en la determinación del perfil del aroma podría ser útil para mostrar la influencia de la dieta animal sobre la calidad del queso y estimar la estabilidad oxidativa de la grasa del queso. En conclusión, se debe implementar un nuevo modelo de evaluación para definir la calidad de un producto lácteo.

**Las clases de calidad. Una forma de dar el justo valor a la leche y el queso**

La propuesta de las clases de calidad en base a estas consideraciones y señala también que, después de todo, ya existen algunas clases.

Pero sin darse cuenta y sin haber llevado a la regla, como modelo. En esencia, es impensable para competir desde un lado de los costos en un mercado globalizado en el que se considera la leche es un producto uniforme tanto si viene de pastos de montaña italiana y de las llanuras francesas. En su lugar, se debe transmitir a los consumidores el mensaje de que es distinta de la leche, no ser tratados como mercancías.

**La calidad y los factores que la determinan**

La calidad del queso depende, sobre todo, de la alimentación de los animales, seguido de la técnica de producción, y por último, de la maduracion.

**La leche**

La calidad de la leche depende de la alimentación, que afecta a los valores nutricionales y aromáticas y también el nivel de producción del animal. Hoy sabemos que las moléculas aromáticas y las que tienen valor nutricional, que encontramos o nos podemos encontrar en la leche, dependen casi exclusivamente de hierbas que comen los animales. Cada hierba hace una contribución diferente de terpenos, polifenoles, flavonoides, alcoholes, cetonas, ácidos grasos omega 3, omega 6 y vitaminas antioxidantes. Así que cuanto más el animal come pasto y, sobre todo, la mayoría de las hierbas se encuentran en la ración, la leche tiene una importante complejidad nutricional y aromática.

En Italia y en el mundo, hay dos sistemas de alimentacion que pesan y determinan la calidad de estabulación y pastoreo. El mismo animal produce una muy diferente leche dependiendo de si los animales estan en pastoreo o en estabulacón y se alimenta en lugar de con la hierba fresca, la misma hierba, pero henificada. El corte, el sol, el viento acelerando la volatilidad de muchas moléculas aromáticas y los termosensible.

Pero, dentro de los dos sistemas, el producto nunca es el mismo.

*A. Sistema de pastoreo*

En los pastos, se pueden distinguir tres diferentes niveles de calidad en la relación, en este caso, el uso de praderas polifitas, monofitas concentradas y el tipo de pasto.

1. Sólo los pastos. Si no se utiliza el concentrado, la calidad depende enteramente de hierbas. En casos como este, el criador apenas se pastan los animales en un una pradera monofita. Típicamente las praderas naturales son polifitas y la calidad de la leche muestra su máxima expresión.

2. Pradera polifita y concentrado. En este caso, los concentrados no deben superar el 30% de la ración diaria.

3. Pradera y concentrado. Cuando el pastoreo es monofita y concentrado con más del 30% de la ración, la calidad cae aún más.

*B. Sistema estabulado*

En este sistema, podemos identificar al menos tres niveles diferentes que pueden dar lugar a grandes diferencias perceptibles en la leche:

*1. Silo-maíz y concentrado*, cuya relación es de alrededor de 40/60. Es evidente que cuanto mayor sea la proporción de los concentrados, menor será la calidad de la leche. De los numerosos estudios llevados a cabo ahora está claro que los concentrados tienen el mismo efecto del agua en el vino: aumentar su volumen, y diluye los ingredientes

*2. heno y concentrados*, la relación de los cuales es de alrededor de 50/50. La substitución con ensilado de heno mejora la salud de los animales y su contribución a la calidad, pero mucho depende del tipo de heno. Si nos enfrentamos a un heno monofita, que consiste en una sola hierba, pero una leve mejoría, sin embargo, su alcance; Si por el contrario nos enfrentamos a prados polifitas, entonces la diferencia puede ser significativa

*3. Heno polifita (varias plantas) y alta relación forraje / concentrado.* El caso de Latte Nobile la proporción debe ser 70/30 y los henos debe contener al menos 6 especies diferentes. Además, la calidad del heno debe pasar al menos 60 puntos de análisis sensorial.

**La técnica**

En la técnica se le da mucha importancia, incluso ahora generalmente la evaluación de un queso se realiza solamente teniendo en cuenta los parámetros que esa influye. Sin embargo, aparte de los defectos, incluso podríamos prescindir, ya que cualquier fabricante de queso es capaz de adaptar la técnica a sus necesidades. En su lugar, hay ciertas medidas que afectan a la calidad y tienen el efecto de opciones industriales invariantes. Nos referimos al tratamiento térmico, el uso de enzimas y el uso de ácido cítrico.

La pasteurización, así como la termización, atenuan y trivializan el componente aromático y también afectan negativamente a algunas moléculas nutricionales. Además forzan el quesero a utilizar enzimas o más bien, el fermento.

Y, por desgracia, el recurso a los fermentos hay no sólo en los quesos de leche pasteurizada, sino también en aquellos con leche cruda. Pero es un error usar la palabra en plural porque las enzimas se añaden unos cuantos: una o pocas veces más de uno. Y pensar que cada leche mantiene su biodiversidad dentro de una estructura que también pueden aprovechar las 150 cepas diferentes de bacterias. La desaparición de la microflora láctica, por muchos médicos y microbiólogos es visto como un perjuicio para el medio ambiente y para la salud humana, ya que vienen de esta manera se debilitó las defensas inmunitarias del organismo. Por lo que el uso de enzimas podria ser penalizado.

El uso de ácido cítrico. Hoy en día la mayoría de las pastas hiladas se producen con la adición de la acidificación, principalmente el ácido cítrico. Históricamente, la pasta hilada era y se hizo para acidificar, para ser hilada. En este caso la pasta hilada tiene un pH alrededor de 5, tiene un sabor acido y es rico en bacterias de lacticos. Si está utilizando ácido cítrico, la acidificación es inmediata, se produce a un pH alrededor de 5,6. A continuación, el queso es dulce, flora láctica prácticamente ausente porque no tiene el tiempo que tarda en desarrollarse. Pero, sobre todo, el pH de la masa no es defensas ácidos y, por lo tanto, es más susceptible a Pseudomonas: por ejemplo, para activar la mozzarella azul.

**La Maduración**

Hoy en día el papel del la maduracion se vio afectada por la cultura del modelo extensivo. Al no haber dado importancia a la alimentación como el factor de calidad, el envejecimiento de los quesos se ha convertido en una variable independiente, lo suficientemente es cuidar el queso y el efecto está garantizado. En los vinos se maduran sólo los vinos producidos a partir de uvas de gran nivel. Sólo los vinos bien estructurados y con un kit de terpeno, compuestos fenólicos y otros componentes aromáticos pueden soportar grandes envejecimientos, mejorando y no empeorando.

En el mundo de la leche, la maduracion es independiente de la calidad de la leche. Se ponen en maduracion quesos producidos con leche de baja calidad (por ejemplo, la leche de los sistemas intensivos), que se mantienen en almacenamiento en frío incluso varios años (porque la venta es tardía).

Todavía hay quienes, a partir de quesos bien seleccionados, dedica especial atención al refinamiento o exaltando el potencial de que el queso o tan lejos como para alterar completamente sus características físico-químicas que llegan a un queso diferente en apariencia y sabor.

Por lo tanto, la maduración es un valor que no se puede generalizar, pero debe tenerse en cuenta de vez en cuando, en relación con la personalidad del refinador.

Para que se mantiene fuera de las clases, pero se mantiene dentro del rango de precios de la clase para que el queso.

**Clases de calidad del queso**

Si el queso se elabora con leche cruda añadimos un +. Si se produce sin la adición de fermentos y / o sin ácido cítrico se añade otro +

Si el queso se elabora a partir de leche cruda, indicaría A1 +, por ejemplo, la clase A1, si no hay enzimas, otro +. Así que un queso elaborado a partir de animales que comieron solamente pasto, leche cruda y sin enzimas haría ++ la clase A1.

En algunas regiones en realidad, las dificultades logísticas pueden sugerir o exigir el uso de levaduras nativas, seleccionado por estructuras

especializadas y puesto a disposición de los agricultores. En este caso, sobre todo si se trata de un grupo de enzimas, puede aceptar el uso de esta técnica y dar a + para la clase de queso.

Un queso de este tipo tendría el reconocimiento definitivo y se puede esperar un precio igual a su valor, ya que el consumidor sabe que está en frente de un modelo y prácticas que merecen respeto y valor.

El método clases de calidad permite eliminar simultáneamente las causas que contribuyen a bajar los precios: las palabras clave de la calidad y la información errónea.

Cuando los minoristas, de pequeño a grande, organizarán su refrigerador mostrador o no su catálogo para la categoría de queso fresco, sazonado, pasta hilada, presionado, o incluso para la DOP, pero para las clases de calidad, el primer efecto será evidente para alentar a los consumidores a preguntarse lo que cada vez que pueden ser esas clases, ellos significan. Se va a pasar lo que pasó con cada uno de nosotros cuando se han activado las clases de calidad para los aparatos electrodomésticos. Se documentó e inmediatamente nos dimos cuenta de que el consumo de agua, electricidad podría cambiar en función del tipo de máquina de lavar, el funcionamiento, y por lo tanto la calidad. La percepción de la calidad y los factores que determinan que desencadena inmediatamente al consumidor una comparación con el precio. Si la calidad es alta, se espera que el precio corresponda, o al menos se elevaría un producto sospechoso de expirar. Si la clase es baja, se espera un precio justo.

El consumidor de hoy quiere tener las palabras clave que pueden ayudar a entender la calidad, el nivel, porque quiere tener libertad para elegir. Las clases de calidad no sólo proporcionan estas teclas, ya que se han formulado sobre la base de los resultados científicos serios, pero también dan a modo de percibir la distancia entre las clases, gran problema real del momento, como hemos visto acerca de la Ragusano.

En la actualidad se tiene conocimiento de esta distancia, no se tendría ninguna dificultad para aceptar la diferencia de precio. Diferencia de que, en ese momento, habrá pocos euros, pero proporcional a la diferencia de esta calidad.

Producciones pequeñas, grandes quesos, sólo se guardan si esto va a abrir nuevos horizontes. También beneficiará a otros quesos, masa, debido a que el mercado va a ser menos asfixiante, más amplio y probablemente aumentará incluso el consumo. Hoy en día muchas personas no toman leche y no comen queso porque tienen problemas de intolerancia. Pero la intolerancia es probablemente debido al desequilibrio de estos quesos. En lugar de productos de queso de animales menos estresados están en equilibrio. Pero esta es una historia que se reanudará en otra parte.

Es por eso que la calidad del modelo de clases es la única solución disponible para relanzar el sector.

Recordatorio por la próxima década: una sola llave para todos los alimentos.

En el mundo se produce siempre más porque la crisis del empleo, causada por la revolución tecnológica, empuje a los empresarios a intensificar su inversión en la agricultura. Pero, como he escrito antes, no tenendo una llave de lectura de la calidad, basando la estrategia de empresa en la reducción de costos, los resultados cualitativos de la producción primaria es del orden de las cosas. Y así, justo cuando el consumidor pide una mayor elección en la calidad de cada producto, los fabricantes están estabilizando hacia abajo de su oferta.

Pocas industrias agrícolas están fuera de esta lógica: el vino y los textiles.

En el mundo del vino cada botella tiene su precio, independientemente de la variedad de uva o el envejecimiento. De hecho, la calidad del vino se decide por el productor en la mesa; incluso antes de la implantación de los tornillos, tiene ya claro en la cabeza del tipo de vino que tiene la intención de producir y el rango de precios en el que desea colocar.

En la industria textil es aún más simple. En el mercado mundial de los precios de la lana y el cachemir están principalmente relacionadas con la finura de la fibra, un parámetro que esta es la base del producto terminado y es fácilmente reconocible por el consumidor no experto. Un jersey de cachemir puede costar 10 euros o mil. La diferencia se debe esencialmente al hecho de que, en el primer caso, el diámetro de

la fibra es superior a 20 micras, en el segundo caso fluctúa alrededor de 13. Y el precio de la materia prima varía en consecuencia.

En el resto de la agricultura, todas las materias primas se consideran prácticamente commodity, el precio es mundial y se establece donde existe una cuenca de producción fuerte. Los productores deben adaptarse y sólo pueden tratar de hacer correcciones.

En el sector lácteo, como hemos visto, la situación sigue siendo "normal", hay el precio mundial y luego nacional. De ahí, la alineación del precio del queso, balanceándose ligeramente y creando la falsa idea de que la calidad no está bien diversificada. Pero es sólo una cuestión de tiempo, porque ahora sabemos no sólo cómo expresar, medir, definir la calidad, sino también cuáles son los factores que la determinan. Hoy podemos decidir, como en el vino, a la mesa, la calidad de la leche, del queso, de la mantequilla y de la crema. Todo esto se resume en el lema: tanta hierba y muchas hierbas.

Aquí pude cerrar esta reflexión sobre el mundo de la leche. Sin embargo, al escribir estas páginas, estaba también reflexionando sobre la regla que es la base de la calidad deseada del modelo y su transferibilidad. Unas pocas décadas atrás, cuando los resultados de la investigación me hizo darme cuenta de que los sistemas intensivos no produjeron calidad y que, de hecho, he tenido que ir a otro lado, lo que conforté estas elecciones fue el conocimiento de que la regla en otros sectores era diferente y, por lo tanto, creo que, justa. Me dije a mí mismo si, para hacer un gran vino, el productor disminuye la producción por planta, para hacer un gran cigarro es necesario reducir el número de hojas por planta y para hacer aún un buen tequila es necesaria para mantener la producción baja de agave, porque dar un premio a la vaca que produce más leche? La regla debe ser igual para todos, sin excepción. La segunda regla de Newton dice que dos efectos similares deben tener la misma causa.

Ahora sabemos que la regla es la misma para la leche y que no podía ser distinta. Más, si se aplica a la leche, debe aplicarse a todos los productos de la tierra! La calidad percibida, reconocible, es la aromática, el sabor, el gusto y el valor nutricional( no reconocibile) está estrechamente ligada al aromático. Porque si un animal come los

alimentos adecuados y bien, si una planta se cultiva de una manera equilibrada sin estrés y sin tratamientos exagerados, todas las moléculas estarán en equilibrio, y aquellos nutricional y tanto el aromático. Por lo tanto, si esta es la regla, y si la regla debe aplicarse a todo el mundo, ¿cuál es la situación del trigo, el principal alimento en el mundo?

**En busca de los sabores de granos**

Conozco poco el mundo de los cereales. Siempre miraba con envidia a aquellas personas que lograron emitir un juicio sobre la calidad de una pasta o pan. Especialmente la pasta, para lo cual y sobre la cual nunca pude averiguar lo que podría ser la calidad de la interpretación. Pero, después de haber tomado conciencia de que esto está bien descrito y representado por las moléculas olorosas, aromático, he intentado hacer una revisión bibliográfica sobre el tema. De hecho, hay un buen número de artículos científicos sobre los aromas de trigo, harina y pasta, pero todos estos estudios, al menos los que he podido encontrar, se refiere a la técnica de producción de la pasta (secado lento o rápido) , a las variedades y no al trigo, o a su modelo de producción. Calmante, sin embargo, fueron las notas aromáticas que estas publicaciones informaron. La mayoría de éstos eran los mismos que encontramos en el vino y la leche. Y lo más importante, cuando se hizo una comparación entre las variedades, las notas aromáticas estaban presentes en todas, aunque con diferentes niveles cuantitativos. Es lo que trae en su libro Moio(2016) sobre las vides: todos expresan las mismas moléculas aunque con distintas intensidades.

Sin embargo, saber que, incluso en el sector de los cereales, están estudiando los aromas no me dio ninguna indicación de la situación. La pregunta que hice fue siempre la misma: todo el grano es el mismo, y si no es así, porque el precio es siempre único?

Entonces, un día llamé a un amigo mío que produce una de la mejor pasta de Napoles. Porque su pasta se vende por más de 4 euros por kilo, pensé, voy a darme la llave de la calidad, o al menos su llave. La respuesta fue cautelosa, me dice que ajuste de vez en cuando y todavía se trata de elegir la harina con un contenido de proteína que se obtenga una pasta con 13% de proteína. Pero, dice, si usted quiere saber más,

llamas los más esperto, un conocido investigador italiano. Le llamo de inmediato y le pregunto: ¿cómo debería elegir el trigo, si usted quiere hacer una pasta de calidad? La respuesta me anima: Buena pregunta! Ahora entiendo que yo no había dicho una tontería, y que esas partes no eran las ideas muy claras. Inmediatamente después de mi colega es bastante perentoria: el único parámetro que nos da una medida de la calidad es la proteína, por esto la industrias paga el trigo de acuerdo con su contenido de proteínas. Allí y entonces no he sido capaz de añadir más. Le di las gracias y regresé a mis pensamientos.

La proteína, me pregunté, es la misma molécula y es el resultado del mismo método que se utiliza en nuestro mundo de productos lácteos. Incluso ahora hay lecherías que pagan la leche de acuerdo con la caseína, la proteína principal de la leche y que se encarga de la fabricación de queso. De hecho, durante años nuestros genetistas han seleccionado los animales, incluso para la kappa caseína, una fracción de la misma que se ha demostrado abundantemente, que ayuda a aumentar el rendimiento de queso de leche. Es una lástima que todos han confundido con la calidad, por lo que, en nuestra industria, la proteína es sinónimo de superioridad del producto. Pero ya que ahora sabemos que no existe una relación entre la proteína y la calidad y, de hecho, si realmente desea objetar, ya que aquellos que están a favor de este modelo adoptan sistemas muy intensivos e industriales, podemos muy bien decir que si la relación esta, es negativa: un aumento en el contenido de proteína corresponde a una leche más pobres, menos aromática y más aguada en su contenido nutricional.

Y puesto que no hay límite para lo peor, está de moda en el mundo de los negocios de semen de toros, una línea genética en lugar de la variante A1 de la beta caseína A2. La diferencia entre las dos variantes es la presencia en la posición 67 de la cadena, el amino ácido histidina en el caso de A1 y A2 de prolina. Esta pequeña diferencia se promociona como “milagro” porque la variante A1 puede formar un fragmento de proteína conocida como beta casomorfina 7 (BCM 7), un opiáceo o narcótico. Puede conducir a la inflamación de los vasos sanguíneos que causan enfermedades del corazón y puede inducir al cuerpo a destruir su propia insulina, que causa la diabetes tipo I. Y, por

desgracia, esta leche se venden en diferentes países del mundo! En resumen, sólo queda a entender la posibilidad de comprar la medicina que tenemos que ir a la farmacia o en un establo súper moderno.

En este punto, estoy convencido de que las probabilidades eran altas que incluso en el sector de los cereales, la proteína era un parámetro valioso sólo para fines industriales, tecnológicos y, por lo tanto, nuestra regla funcionaría bien para el grano. Pero he hecho un nuevo intento, ya que, mientras que en la industria láctea calidad de la leche se puede ver claramente y de inmediato degustación de queso, que tiene claramente las interpretaciones, en las pastas yo sepa todavía eran vagas. Llame a mi amigo fabricante de la pasta y concordamos con él una cata comparativa de las pastas diferentes para el contenido de proteína y precio. Vamos al supermercado y comprar diez tipos de espaguetis con un contenido de proteínas oscilado entre los 12 a 14,50%, y con un precio que oscilaba entre 80 centavos. Kg a 5 euros. La comparación del contenido de proteína con el precio de inmediato nos hizo entender que la industria elige y paga la proteína exclusivamente por razones tecnológicas. De hecho, había pasteles que cuestan poco pero con un alto contenido de proteínas y pastas a su vez se preocupan de una calidad media.

Por supuesto que hemos probado espaguetis a ciegas, sin sal y sin ningún condimento. En primer lugar ponemos la masa en bolsas de papel para tratar de oler el aroma. De los diez, sólo dos tenían un olor pronunciado, lo que afectó de inmediato; les otras no difieren de un simple nota de “pasta”, un conocido difícil de definir porque todavía no hemos tenido la oportunidad de construir nuestro vocabulario. Cuando pasamos a la degustación, sólo uno, que correspondía a uno de los dos que habían llamado la atención sobre el olor, tenía un sabor fuerte, claro, claramente perceptible. Pero el otro, y así los otros ocho, que no habían dado notas particulares, todo parecía lo mismo. Esta pasta cuesta 1,40 euros por kg y tenía un contenido de proteína de 13%. Por curiosidad he reprobado la pasta un mes más tarde.

Se habían ido olores y sabores y todo volvió a la normalidad. No es de extrañar, ya que si se elige la harina en función de la proteína y no de la riqueza aromática, está claro que el sabor de la pasta depende

del azar y, en nuestro caso, del tipo de mezcla, a partir de granos que tenían compuesta.

Y 'el caso de decir, y no podía ser de otra manera, es el que hace la calidad y la que no lo hace, lo hace sin su conocimiento.

Por lo tanto, en este punto la regla debe encontrar su confirmación también en el grano: la calidad aromática y nutricional depende de la técnica de producción y, más específicamente, de la relación concentración / dilución: mayor producción aumenta y disminuye la calidad. Y la proteína es independiente de esta relación, ya que también pueden depender del nivel de producción.

Si todo esto se demostrara, tendríamos una herramienta formidable para afirmar la calidad de los granos. Si bien es cierto que en algunas zonas se practican modelos intensivos, no es menos cierto que existen grandes áreas del país donde los rendimientos son bajos. Y si desea pagar el trigo en función de la calidad, entonces no necesitaríamos a gritar siempre al extranjero, utilizando métodos primitivos, tales como el procesamiento de los granos peligro de Canadá, para afirmar la especificidad de nuestras producciones.

**Y la cebada?**

Pero volvamos a la regla. Si esto se aplica al trigo, sino que también debe aplicarse a la cebada, la cultura presente en las mismas áreas del grano. Pero hoy en día la cebada se utiliza principalmente para producir malta para cerveza y yo en la mayoría tienen un catador normal de cervezas artesanales, pero no sé los mecanismos de producción. Hago una visita rápida en Internet y juntar un poco de bibliografía. Me di cuenta entonces que la situación en esta zona es muy diferente de la de trigo y los productos elaborados. En el mundo de trigo hay cerca de 120 variedades, todas por desgracia (me parece innecesario y costoso exceso de variabilidad) estrictamente usado y cultivado. En Basilicata, en la que vivo, creo que son pocos están sin probar o normalmente no sembrada. En la industria cervecera en cambio, parecía entender que las variedades admitidas serán 4 o 5, los que tienen las propiedades necesarias para cumplir con las necesidades de la fábrica de malta.

Si es así, entonces la cebada tiene ningún papel en la formación de la calidad de la cerveza.

Por lo tanto, nos encontramos en el mercado una gran variedad de diferentes cervezas al gusto y precio, pero todo esta variabilidad se decide por la casa de malta y cervecería. La primera, con diferente tostado define los diferentes niveles de calidad, el segundo llega al producto deseado trabajar con lúpulo y levaduras.

Este proceso trae a la mente lo que se dijo y lo hizo en el sector lácteo en los años ochenta del siglo pasado, y que muchos todavía lo hacen ahora. Cuando empecé a estudiar los quesos, que no tiene experiencia en la materia, llamé a un colega del Norte, famosa tecnólogo, el arte de productos lácteos para ponerse en marcha. Siempre solía repetir una frase como: dame leche y voy a hacer el queso que desee. E incluso entonces habló de la importancia del papel de fermento y el proceso de elaboración del queso. Me tomó años para darme cuenta de que un gran queso se hace sólo con una buena leche y que las enzimas sólo son compañeros de viaje, sin duda importante, pero no es típico o influyentes en la calidad. Hace unos meses probé un queso tipo Gouda irlandesa. El color, la complejidad del ramo y luego el sabor de inmediato me hizo darse cuenta de que yo estaba en la parte delantera de un queso de alto nivel. Por curiosidad he consultado la página web de la lechería. Ejemplar de la descripción técnica que utiliza el quesero: hacemos todo lo posible para no comprometer la calidad de la leche. Mejor que eso!

Paradójicamente, un mundo que utiliza la materia prima para la producción de alimento o bebida hace caso omiso de la calidad de la misma sin tener que preocuparse acerca de los impactos negativos sobre sus resultados y, lo más importante, la cultura del consumo y del sector en general. Se comprende entonces por qué en Italia las pequeñas cuentas agricultura o nada y entender por qué los consumidores de hoy en día no tienen una interpretación de calidad.

Por lo que incluso la cebada se encuentra en la situación del trigo y la regla puede y debe aplicarse también a este otro cereal.

**Los pecados de la carne**

Termino con la carne. Este producto también sufre de la misma enfermedad, o quizás peor, porque al menos la pasta y cerveza en el mercado son también precios muy diferentes. En cambio, para la carne el consumidor no tiene otra opción. El carnicero tiene siempre, con raras excepciones, un animal que, por definición (intentar pedir para creerlo) es de gran calidad. También en esta sector, cuando se quiere demostrar una diferencia, se hace uso de diferentes razas, pero tambien el la carne los estudios han demostrado que la raza no influye en la calidad. Y como en el caso de la leche, ahora existe una importante serie de estudios que muestran que la calidad nutricional y aromática de la carne depende de lo que come el animal, que incluso se podría resumer: un montón de hierba y muchas hierbas. Recuerdo sin embargo que no todos los animales que producen carne son rumiantes. En el caso de los pollos y cerdos, sin embargo, cuenta la calidad de los alimentos. Puede que no recuerde que los jamones españoles ase venden a precios históricamente altos ya que se crían, en los últimos meses, de pastoreo y bellotas.

Llegamos al final. Creo que ahora tenemos la clave de calidad para todos los alimentos. En este punto ya no parece ser un reto, todo es simple y claro. Podría parecer que el descubrimiento de agua caliente, pero sabemos que Aristóteles ya había indicado, en la Metafísica, que el camino del conocimiento tiene varios niveles: el primero es la “tabla rasa”, el segundo nivel se encuentra la memoria, el tercer la experiencia (que no está fuera de la caverna platónica, sino conocer a fondo). Al final, lo que parecía revolucionaria parece obvio, no podría ser de otra manera.

Si esto es cierto, vale la pena comenzar a seguirlo, y junto con un grupo de amigos, los primeros pasos ya ellos los han hecho. Pero esto será otra historia.

## References

APHA 2004.

Butler G, Nielsen JH, Slots T, Seal C, Eyre MD, Sanderson R, Leifert C. 2008. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. J Sci Food Agric 88:1431–1441

Carpino S., Marino V.M., Rapisarda T., Rubino R. 2017. Preliminary study for a new approach to decide the qualitative level of the cheese controlling the animal diet. 10th International meeting on Mountain Cheese Padova, Italia

Carpino S., Horne J., Melilli C., Licitra G., Barbano D.M., Van Soest P.J. 2004. Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations J. Dairy Sci. 87:308-315.

International Standard - ISO 3433. 2008. pp.1-12.

IDF. 2008. Bulletin N° 222. ISO 3433.

ISO 8968-1. 2014.

La Terra S, Marino VM, Manenti M, Licitra G, Carpino S. 2010. Increasing pasture intakes enhances polyunsaturated fatty acids and lipophilic antioxidants in plasma and milk of dairy cows fed total mix ration. Dairy Sci Technol 90:687–69

Marino, V.M., Schadt, I., La Terra S., Mannenti, M., Caccamo, M., Lietra, G., Carpino, S. 2012. Infuence of season and pasture feeding on the content of α-tocopherol and β-carotene in milk from Holstein Brown Swiss and Modician cows in Sicily. Dairy Sci. and Technol. 92:501-513

Marino V. M., Belbeldi A., La Terra S., Licitra G., Carpino S. 2012. A survey of fat-soluble antioxidants, linolenic acid and conjugated linoleic acid content of traditional Algerian Bouhezza cheese J Food, Agri Env. 10:186-190.

Marino V.M, Schadt I., 2016. Stability of α-tocopherol, γ-tocopherol and β-carotene during ripening of pasta-filata cheese made from raw and pasteurized milk with different vitamin contents Int. Dairy J. 56: 29-32.

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S., Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace the Origin and Quality of Goal's Milk and Cheese. J. Dairy Sci. 90:4569-4574

Rapisarda T., Catia., Belvedere, G., Schadt I., La Terra, F., Licitra, G., Carpino S. 2013. Variability of volatile profiles in milk from the PDO Ragusano cheese production zone. J Dairy Sci. and Technol 93:117-134

Rapisarda T., Pasta C., Carpino S., Caccamo M., Ottaviano M., Licitra G. 2014. Volatile profile differences between spontaneous and cultivated Hyblean pasture Anim. Feed Sci. Technol. 191:39–46.

**Table 1: Antioxidants and DAP values in INDOOR and OUTDOOR cheeses**

| | INDOOR | | | | | | | | OUTDOOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ID1 | ID2 | ID3 | ID4 | | IDN1 | IDN2 | | OD1 | OD2 | OD3 | OD4 | OD5 |
| Antioxidants | | | | | | | | | | | | | |
| α-tocoferolo (µg/100g) | 243.3 | 269.9 | 373.8 | 146.7 | | 263.3 | 353.0 | | 447.7 | 443.8 | 403.8 | 661.9 | 687.1 |
| β-carotene (µg/100g) | 97.8 | 41.2 | 62.9 | 82.7 | | 145.3 | 171.0 | | 258.0 | 219.3 | 255.2 | 259.6 | 207.7 |
| α-tocoferolo/DM (%) | 401.4 | 375.5 | 505.8 | 238.2 | | 481.9 | 543.5 | | 603.5 | 678.0 | 591.1 | 862.6 | 863.2 |
| β-carotene/DM (%) | 161.4 | 57.3 | 85.1 | 134.2 | | 265.9 | 263.3 | | 347.8 | 335.0 | 373.6 | 338.3 | 260.9 |
| DAP | 3.8 | 3.9 | 4.7 | 5.0 | | 5.8 | 7.1 | | 8.3 | 8.5 | 9.1 | 10.0 | 11.9 |
| *ID = Indoor cheese; IDN = Indoor cheese from "Nobile milk" ; OD = Outdoor cheese; DAP = Degree Antioxidant Protection* | | | | | | | | | | | | | |

## Table 2: Odor active compounds in INDOOR and OUTDOOR cheeses

| | | | | | INDOOR | | | | | | | OUTDOOR | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Compound | Chemical class | Descriptor | LRI | Ident | ID1 | ID2 | ID3 | ID4 | IDN1 | IDN2 | | OD1 | OD2 | OD3 | OD4 | OD5 |
| ethyl acetate | ester | Apple | 568 | PI/MS | | | | | | | | | | | | * |
| dimethyl sulfide | sulphur | Garlic | 580 | PI/MS | | | | * | | | | | | | | |
| methyl ethyl sulfide | sulphur | sulphur, garlic | 616 | PI/MS | * | | | * | * | * | | * | * | | * | * |
| isobutanol | alcohol | yeast, solvent | 634 | PI/MS | * | | | | | * | | | | | | |
| diacetyl | ketone | Butter | 640 | PI/MS | * | | * | * | * | * | | * | * | | * | * |
| thiophene | sulphur | rancid, garlic | 665 | PI/MS | * | | * | * | * | * | | * | * | | * | * |
| pentanal | aldehyde | Garlic | 729 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| methyl methylbutanoate | ester | Apple | 745 | PI/MS | | * | * | | | | | * | | | * | * |
| propyl propanoate | ester | peel apple up,pineapple | 793 | PI/MS | | * | | | | | | * | | | | * |
| ethyl butyrate | ester | Apple | 797 | PI/MS | * | * | * | * | | * | | * | * | * | * | |
| ethoxypropanol | alcohol | Apple | 828 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| butyric acid | acid | Butyric | 843 | PI/MS | | | | | | | | | * | * | | |
| 2-hexanal | aldehyde | Orange | 849 | PI/MS | | * | * | | | | | * | | | | |
| methylbutyric acid | acid | Rancid | 866 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| 3-isothiocyanato-1-propene | thiocyanato | Garlic | 885 | PI/MS | | | | | | | | | | | * | |
| ethyl valerate /ethyl pentanone) | ester | Apple | 896 | PI/MS | | * | * | | | | | * | | | * | * |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| methyl-2-(methylthio) acetate | ester | Potato | 900 | PI/MS | | | | | | | | | | | * | * |
| heptanal | aldehyde | butyric,rancid | 903 | PI/MS | | | | | | | | * | | | | * |
| methyl hexanoate | ester | Apple | 931 | PI/MS | | | | | | * | | | | | | |
| ethyl 3-hydroxybutanoate | ester | apple, marshmallow | 935 | PI/MS | | | | | | | | * | | | | * |
| methional | sulphur | Potato | 926 | PI/MS | * | | | * | * | * | | | * | * | | |
| methionol | sulphur | potato up | 940 | PI/MS | | | | | | | | * | | | | * |
| 3-mercaptothiophene | sulphur | cooked meat, garlic | 977 | PI/MS | | | | | | * | | | * | * | | |
| 2-octanol | alcohol | sulphur/ mushroom | 987 | PI/MS | | | | | | | | * | | | * | * |
| 3-carene | terpene | orange up | 995 | PI/MS | | * | * | | | | | * | | | * | * |
| limonene | terpene | Orange | 1011 | PI/MS | | | | | | * | | | * | * | | |
| ethyl dimethyl pyrazine | pyrazine | Bread | 1068 | PI/MS | | | * | | | | | | | | | |
| nonanone | ketone | sweet, hot milk | 1093 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| limonene oxide | terpene | fruity/orange | 1125 | PI/MS | | * | * | | | | | | | | * | * |
| octenhydroperoxide | peroxide | Mushroom | 1127 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| nonanol | alcohol | floral, green | 1153 | PI/MS | | | | | * | | | | | | | |
| ethyl octanoate | ester | wine | 1188 | PI/MS | | * | * | | | | | * | | | * | * |
| ethyl octenoate | ester | wine | 1192 | PI/MS | | | | * | | * | | | * | * | | |
| Total | | | | | 6 | 8 | 10 | 7 | 10 | 10 | | 14 | 9 | 6 | 12 | 15 |

*LRI = Linear retention Index; PI = identification by flavournet internet database; MS = identification by mass spectrometer ; ID = Indoor cheese; IDN = Indoor cheese from "Nobile milk" ; OD = Outdoor cheese*

# El modelo de “Latte Nobile” en México, alternativa a los sistemas intensivos de producción de leche

***Miguel Angel Galina[1]., Jorge Pineda[2]***
*[1]FES-Cuautitlan UNAM, [2]Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Colima, miguelgalina@unam.mx*

**Situación de la Producción de Leche en México, Problemas fundamentales y desarrollo de modelos alternos.**

La leche representa la quinta parte del valor total de la producción pecuaria, en México siendo tercera en importancia, en nuestro país se ordeñan 11 millones de litros de leche diariamente, si se cumplieran los lineamientos de un mínimo de 300 ml por habitante se necesitarían 33 millones de litros, (110 millones de habitantes en México) sin contar la leche que se transforma en quesos, u otros productos, por lo que se calcula que hay un importante déficit, que se regula con la importación de leche en polvo. De la producción nacional el 80% se proviene de las altas o medianas productoras, en aproximadamente 50 mil establos, de 100 vacas o más, solo el 20% lo producen estacionalmente ganaderos de menos de 50 vacas principalmente en los trópicos, esta leche mayoritariamente en pastoreo, es de mayor calidad por su contenido de ácidos grasos esenciales, fenoles y antioxidantes, (Galina *et al*., 2016). No obstante el sistema de manejo tradicional de ordeño no especializado concentra al 67 % del hato lechero nacional y participa

tan sólo con el 20 por ciento del volumen del lácteo producido, si bien los costos de producción son bajos, la venta de la leche es complicada, por los sistemas de distribución, costos de gasolina, y otros factores por lo que generalmente se vende la leche a queseros regionales, que son los que determinan el precio, esto ha provocado una abandono de la actividad, la leche no da ni para la ordeña, ni para los costos de transporte etc.,

No obstante el sistema de pastoreo permite una mejor conservación de los suelos, no utiliza o lo hace moderadamente agroquímicos con ganado Cebú criollo o sus cruzas con Suizo, Jersey, Holstein y/o Simental principalmente, las vacas son ordeñadas mayoritariamente en las épocas de lluvia. El ganado criollo se encuentra en praderas siendo ocasionalmente alimentado con complementos alimenticios. Los hatos en las unidades productivas tienen entre 30 y 40 cabezas. La infraestructura es escasa y la rentabilidad económica baja. La producción es estacional y se destina fundamentalmente a la venta directa al consumidor o entrega a queseros que benefician la leche de varios productores (Galina, 2015). La dispersión de la oferta, la presencia de la leche rehidratada, los costos del combustible, suplementos y la inseguridad en el campo, hacen que este sistema de producción sea muy vulnerable (SAGARPA, 2014). Sin embargo ha sido demostrado que la leche de estos sistemas es de mejor calidad para la población, por lo que constituye un producto que podría tener una plusvalía que permitiera a muchos ganaderos mantenerse en el campo (Galina *et al*., 2016a).

El ganadero no es solamente un ente económico, es fundamentalmente un ente social, ya que su presencia permite el desarrollo social del campo, mantiene entre otras funciones la vitalidad de sus parcelas, son sin duda un sector que capacitado permitiría una producción biosostenible además de tener a los animales en bienestar, ya que los semovientes estarían básicamente libres en la pradera (Galina, 2015).

En México el 95% de los ganaderos tienen menos de 50 vacas y muchos de ellos las poseen básicamente en pastoreo, particularmente en los trópicos, donde se ordeñan alrededor de 2 millones de litros

de leche diarios, con enormes desviaciones estándar, dependiendo de la época del año, en el invierno sobre el precio al ganadero pero pocos tienen leche, ya en el verano baja cuando todos los ganaderos dependientes de los pastizales tienen producto, las vacas en promedio dan de 5 a 15 litros diarios, en lactancias de 150 a 210, días se calcula que son más un millón de ganaderos que emplean entre 3 a 4 millones de trabajadores fijos o eventuales, (CANILEC, 2014). La calidad de la leche desde un punto de vista nutricional aumenta significativamente con el pastoreo (Claps *et al*., 2014).

Pese a que no existe en México un estudio con un enfoque de organización industrial para el mercado de la leche nacional, con el objeto de determinar su estructura, es claro que ésta tiende a observar un cierto grado de concentración por la industria. Las decisiones de localización de las industrias dominantes han determinado la concentración de la producción en algunas regiones del país (Comarca Lagunera, Jalisco, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo) cerca de las grandes urbes. Sin embargo, pese a que la disponibilidad de los insumos de producción a través de una integración horizontal de diferentes empresas se ha desarrollado acorde con las necesidades de la industria, la intensidad con la que el sistema productivo de la leche, tecnificado o familiar, utiliza recursos naturales; plantea una seria limitante para un incremento sostenido de la escala de la producción (CONILEC, 2014). La leche de estos sistemas intensivos si bien reúne los parámetros de inocuidad y porcentaje general de grasa, no reúne los de calidad particularmente los de contenido de ácidos grasos esenciales omega 3/omega 6 y el porcentaje de protección antioxidante dos fenómenos de prioridad para la salud de la población (Rubino, 2015).

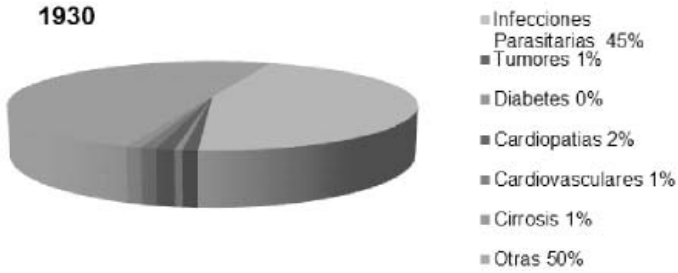
En un Foro anterior sobre Latte Nobile se señalaba que la obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal de grasa perjudicial para la salud, son factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión arterial y cáncer. Se han reportado varios mediadores de estrés oxidante e inflamación relacionados con la obesidad. El incremento en la actividad metabólica del tejido adiposo durante la obesidad contribuye al incremento de las especies reactivas del oxígeno (ROS), regulándose permanentemente

por los mecanismos antioxidantes endógenos. Cuando la producción de ROS rebasa la capacidad del sistema de defensa antioxidante se produce el estrés oxidante, alterando la función mitocondrial, induciendo a las señales del estado de inflamación (Delgadillo y Cuchillo, 2015). El tejido adiposo obeso produce un incremento local significativo de factor de necrosis tumoral alfa (TNF-**α)**, resultado de la acumulación de macrófagos, contribuyendo a la producción de citotoxinas inflamatorias como interleucina-6 (IL-6), a través de la activación de las vías de señalización del factor nuclear (NF)-κB. Durante la obesidad, los adipocitos son capaces de incrementar la secreción de la proteína quimiotáctica de monocitos-1 (MCP-1), que en conjunto con TNF-**α** e IL-6 agudizan la inflamación (Siriwardhana *et al*., 2013).

En condiciones normales, la insulina promueve la diferenciación de adipocitos incorporando lípidos neutrales como triglicéridos dentro de estas células, sobre regulando el metabolismo del factor de transcripción nuclear PPARγ y adiponectina; en condiciones patológicas esto conduce a una adipogénesis anormal, incrementando la inflamación y una mayor circulación de lípidos en la sangre (Delgadillo y Cuchillo, 2015). Hasta el momento no se ha encontrado un tratamiento farmacológico efectivo en contra del estrés oxidante y la inflamación relacionado con la obesidad. Es por ello que la identificación de compuestos naturales capaces de incrementar la capacidad antioxidante y antiinflamatoria del organismo es de muy alto interés (Delgadillo y Cuchillo, 2015). La importancia de los productos de pastoreo como proveedores de substancia antioxidantes abre un capítulo de calidad para la producción de leche o quesos. (Pizzoferrato *et al*., 2007) proponen un sistema de medición del grado de protección antioxidante, midiendo el colesterol como un metabolito altamente oxidante y el alfa tocoferol como un metabolito antioxidante, abundante en los pastos, esto permitiría reconocer los productos de pastoreo y determinar el grado de protección antioxidante de los mismos.

Recientemente se ha cuestionado el modelo de producción debido a entre otras razones el cambio epidemiológico de causas de muerte entre 1930 y el 2015 Gráfica 1 y 2

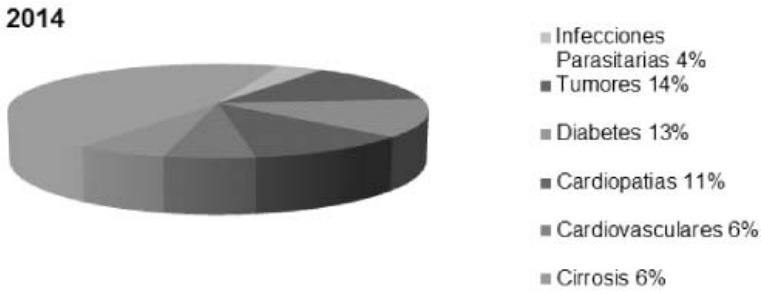
**Gráfica 1 Causas de Muerte registradas en Hospitales en 1930**




Fuente ESNAUT MC 2016

Las infecciones parasitarias eran el 45 % de los causales de muerte en México, las enfermedades crónico degenerativas como cardiopatías y cardiovasculares no acumulaban más del 3% y la diabetes no alcanzaba ni el 1%. Para el 2014 las infecciones parasitarias fueron a menos del 4% mientras que la diabetes supero el 13% y las crónico degenerativas más del 30% como se observa en la gráfica 2.

**Gráfica 2 Causas de muerte registradas en Hospitales en México en el 2014.**




Fuente ESNAUTMC 2016

En cualquier clínica del seguro social o en general de los sistemas de salud observamos que la hipertensión y la diabetes ocupan el 70% de las consultas según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, medio camino del 2016 (ESNAUTMC, 2016).

El 70% de esa enfermedades que fueron causales de muerte en los Hospitales de México en el 2016, están relacionadas con la nutrición, (ESNAUTMC, 2016). Es el momento de reflexionar si los productos pecuarios que están en el mercado que tienen como base "*una mayor producción a un menor costo*", y que han sido el modelo que estudiamos a partir de la revolución verde iniciando en los años 50´s/60´s en nuestras universidades, y que se continuo hasta la fecha con el uso continuo de fármacos, hormonas, y estimulantes, si bien ha logrado la producción masiva de alimentos, también ha sido responsable de muchas de las enfermedades que tiene la población hoy. La definición clásica "*mayor producción al menor costo*" si bien incremento los volúmenes, disminuyo la calidad de los alimentos en general y de los de origen animal en particular, siendo la leche uno de los productos que ha cambiado su perfil de ácidos grasos esenciales y de grasas saturadas, cuando los animales incrementan su producción, utilizando masivamente los concentrados en estabulación. Es difícil para nosotros darnos cuenta que los sistemas que promovimos entusiastamente, han errado en la calidad del producto, por eso la importancia de demostrar científicamente nuevas premisas (Rubino, 2015)

Si hablamos que la producción de leche para el consumo se encuentra atada con el rendimiento para la certificación de alta calidad se vio limitada, debido a que sólo exige una calidad higiénica de la leche. La industria recolecta diversas leches luego las mezclan, y posteriormente se introducen a la empresa donde se somete a diversos tratamientos para comercializarla, una gama de lo más diverso posible (eliminación de la grasa, añadido vitaminas, ácidos grasos omega 3, etc.). Y así, la leche, el alimento principal de la dieta que acompaña al hombre desde el nacimiento hasta la muerte, perdió el vínculo con su naturaleza territorial, no tiene más su propia especificidad, es todo lo mismo, la etiqueta es más o menos similar en todas las leches comerciales. "*La única diferencia es la industria*" es decir la marca comercial (Rubino, 2015). Para el ganadero, cuando se paga en relación con la calidad, que es sólo en función de los cuatro parámetros: las proteínas, la grasa, las cuentas bacterianas y células somáticas. Numerosos estudios han demostrado que estos parámetros no tienen ninguna relación con la complejidad aromática y valor nutricional de la leche,

son solo parámetros de inocuidad. Pero a veces hay que esperar a los resultados de la investigación para conseguir información confiable. En nuestro caso, basta con ver la mantequilla. En los animales de pastoreo la mantequilla tiene la misma cantidad de grasa que la mantequilla de los animales estabulados. Si la grasa era sinónimo de calidad, las dos mantequillas serían similares. En cambio las diferencias son enormes, y lo mismo podría decirse del queso (Claps *et al*., 2014). Así, gracias a este método de pastoreo los ganaderos que han producido una buena leche, en los últimos años, como los de los hatos en las costas mexicanas en pastoreo, no han tenido ningún beneficio económico, fueron honrados y no se han visto recompensados en su trabajo, los beneficiados son los industrializadores en realidad, que son los que han mantenido el método intensivo (Rubino, 2015).

Por último, el ganadero ha perdido el contacto con los factores de la producción y la relación entre ellos. Continúan preocupándose por la grasa, proteínas, conteos de bacterias y células somáticas, sin darse cuenta de que todos estos los parámetros que no tienen nada que ver con la calidad, solo con inocuidad. Asiste impotente a la caída de la fertilidad en el hato, con una compra acelerada de vacas, en riesgo continuo de impacto ambiental para obtener un anonimato de su producto, y la imposibilidad de intervenir en la formación de los precios de venta. Él continúa produciendo con la esperanza de que el precio de la leche subirá como consecuencia de la coyuntura internacional favorable, no por un aumento en la calidad de su producto; consciente de que el cierre de su unidad de producción, está a la vuelta de la esquina si "la situación continúa." (Rubino 2015).

La incapacidad de la industria para identificar nuevos caminos, bajo un modelo diferente de desarrollo, su miopía cultural y económica es tal, que sigue atrapado en la "alta calidad" en lugar de tirar todo por la borda y empezar de nuevo. Aún para los técnicos es difícil aceptar que todo lo que sabíamos si bien incrementó la producción, disminuyó significativamente la calidad de los alimentos y tuvo efectos nocivos sobre la salud de la población, surge una pregunta "ética" los modelos deben solamente incrementar la producción al menor costo o debemos desarrollar nuevas alternativas que garanticen alimentos funcionales para la población.

Como dijo Einstein: no se resuelve un problema usando la misma lógica que la produjo. Tenemos que cambiar el modelo y sobre todo la lógica que era la base del sistema intensivo: la reducción de costos y precios. La asociación Mexicana de Latte Nobile trabaja intensamente con este objetivo teniendo más de 40 unidades de producción de diferentes especies de rumiantes ovejas, cabras y vacas certificadas.

Las vacas altas productoras, al menos deberían tener acceso a una fuente de alimentación capaz de salvaguardar la salud del animal, mejorando la calidad de la leche y la carne, pero ni este objetivo tiene viabilidad económica, debido a que una buena nutrición es demasiado cara, siendo lo más importante la rentabilidad, que en México se hace viable solo con 1000 vacas, en línea de ordeña, de producciones de 8 o 10 mil litros por lactación, recordamos cuando iniciamos nuestra práctica profesional en los 60´s un establo de 100 vacas era un buen negocio, con animales de 4 o 5 mil litros ordeña, ahora son mil, por lo tanto han desaparecido miles de ganaderos, concentrando la producción en un menor número de operarios, que se encuentran también en "crisis" por el precio de la leche, que deja márgenes muy pequeños de rentabilidad ya que no puede competir con la rehidratación de la leche en polvo de importación, en nuestro caso particularmente de los Estados Unidos y Nueva Zelanda, los ganaderos siguen en la producción porque no encuentran quién les compre los ranchos, los establos eventualmente por la urbanización, producto del constante fenómeno de migración del campo a las ciudades, venden sus propiedades como terrenos urbanos, para el desarrollo de las grandes metrópolis, abandonando la actividad pecuaria. El equilibrio económico es por lo tanto, de baja rentabilidad, debido al precio de la leche, para sobrevivir, se mantienen por las enormes cuotas de producción, dependientes de forrajes de corte y concentrados lo que les crea una deuda impagable a los proveedores, lo que ha reducido la calidad de la leche, de la carne y el número de ganaderos en el campo mexicano. Los grandes productores no abandonan el negocio porque no encuentran quién les compre mil o más vacas, se mantienen con múltiples deudas y a su vez con aparentemente muchos ingresos, sin embargo los márgenes de ganancia se reducen por los altísimos costos de la alimentación (Galina, 2015).

Fuimos por lo tanto preparados en nuestras universidades a aumentar los volúmenes de producción, básicamente con dietas ricas en cereales (concentrados), utilización masiva de estimulantes del metabolismo (como hormonas y antibióticos) que hoy han sido prohibidos particularmente en Europa, y uso de forrajes ampliamente fertilizados e irrigados, pero que seguimos promoviendo, ya que los laboratorios y compañías de insumos agrícolas y ganaderos, tienen sus intereses y patrocinan tanto a los científicos que básicamente comprueban en nuestro país el efecto de diferentes productos como hormonas ejemplo la somatotropina, que aumenta la producción y les garantiza ser publicados en revistas indexadas y de esta forma mejorar sus curriculums, existiendo hoy evidencia de daños celulares en los adultos, los científicos son estimulados a publicar, no a resolver problemas de la ganadería o de la sociedad y estas compañía promueven sus productos patrocinando en los congresos especializados como Buiatría cada año, a conferencista que nos viene a dar nueva información genética, nutricional o reproductiva, de nuevas técnicas para producir MAS leche, que si bien es inocua, (no produce enfermedades) va en detrimento para la salud, por su alto contenido de ácidos grasos saturados y bajo en no saturados particularmente los esenciales como omega 3 y omega 6 y un menor contenido de antioxidantes (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

Y así nos han empujado hacia el monocultivo principalmente de alfalfa, con altas cuotas de subproductos y suplementos, en detrimento de las praderas y la biodiversidad florística. Paradoja cuando la nueva ecologización a nivel global, busca el mantenimiento de la biodiversidad (Rubino, 2014). Nuestros Gobiernos, incluyendo el Mexicano pregona que debemos producir “amigablemente con cuidado de los animales y el medio ambiente” sin dar herramientas por lo que los condena por la vía de costos de producción y precios de la leche, a su extinción. Es curioso observar que en la Italia meridional y en México, países distantes con economías distintas, los problemas de los pequeños productores en el campo son muy similares (Galina, 2015).

El pequeño ganadero no es solamente en nuestra apreciación un ser económico, es un ente social, el abandono del campo incrementa

la inseguridad, afecta las vías de comunicación, disminuye la mano de obra de los campesinos, que se van en la obligación de migrar hacia el extranjero o hacia las grandes urbes en busca de trabajo. La mayor parte de las fuentes de trabajo en el campo en México la genera los pequeños ganaderos, siendo en muchas ocasiones mano de obra familiar.

Alternativas como el pastoreo racional han sido poco promovidas, como el pastoreo racional Voisin que es un sistema muy eficiente de utilización de los pastos en equilibrio con la producción animal. Esta validez se logra a través de la utilización de todos los conocimientos, herramientas, teorías y leyes existentes sobre la producción de forrajes y bienestar animal, sin dejar fuera ningún componente, se hace un uso racional de los recursos que tenemos en las praderas. Aunque en este Foro se discutirá con mayor amplitud el sistema, tiene como base 4 leyes fundamentales permiten un manejo racional, que mencionaremos brevemente; 1. **Ley del Reposo** que señala que para que el pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre los dos cortes sucesivos haya pasado el tiempo suficiente que le permita al pasto, almacenar en sus raíces o en el caso de los pastos tropicales en sus partes aéreas, reservas para un rebrote vigoroso y realizar una buena "llamarada de crecimiento" para aumentar la producción de pasto por hectárea, 2**. Ley de Ocupación,** es el tiempo global de ocupación de una parcela que debe ser lo suficientemente corto para que el pasto cortado a diente el primer día (o al comienzo de la ocupación), no sea cortado nuevamente por el diente de los animales, nuevamente antes de dejar la parcela, es decir impedir que corte el rebrote. **3. Ley de los Rendimientos Máximos**, señala que es necesario ayudar a los animales en sus requerimientos alimenticios más elevados para que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto, y que este sea de la mejor calidad posible, particularmente en la ordeña. **4 Ley del Rendimiento Regular** que señala que para una vaca pueda dar un rendimiento regular es necesario que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos, si la vaca no permanece más de un día en cada parcela. Es decir debemos considerar la pradera como un elemento vivo que tiene su propia dinámica de crecimiento variable

para cada parcela, la utilización de los cercos eléctricos y alternativas como promotores de la fermentación y/o probióticos deberán ser aplicados para coadyuvar a la conservación productiva de la pradera y su biosostenibilidad (Galina *et al*., 2016b)

**Figura 1** Vaca de recría pastoreando en el sistema Voisin

**Antecedentes de la calidad de la leche de pastoreo en México**

Se han realizado una serie de investigaciones sobre la calidad nutricional de la leche en México, que nos han permitido certificar las bondades del pastoreo tanto en vacas, como en cabras y recientemente en borregas (Galina *et al*., 2016a; 2016b; Claps *et al*., 2014). Un contenido mínimo de ácidos grasos saturados (AGS) se observó en la leche procedente de los animales en pastoreo, contrastado con una presencia significativa de AGS en leche de animales en estabulación (Galina *et al*., 2012; 2013; 2014; 2016a; 2016b). Recientemente ha sido probado en la literatura que un menor contenido de AGS favorece la salud humana, debido a su papel en las enfermedades coronarias (Pfeuffer y Schrezenmeir., 2000). Los resultados de nuestro grupo de trabajo en México, permiten suponer que el sistema de alimentación, en general, y en particular el pastoreo libre en un ambiente silvopastoril diverso, permite que cada vaca como individuo, componer una dieta de acuerdo a sus propias necesidades, que tienen un efecto positivo sobre el aroma, sabor y características nutricionales de la leche (Galina *et al*., 2012; 2013; 2016a; 2016b).

Nuestro primer paso en la investigaciones en México, era certificar si la leche de pastoreo tenía calidad similar a la reportada en numerosos estudios en Europa, particularmente en Italia donde habían identificado el nivel de calidad de la leche y el queso son la expresión de una serie de moléculas aromáticas: terpenos, fenoles, flavonoides, antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos insaturados (Galina *et al*., 2007). Todos estos componentes dependen esencialmente de la cantidad de pasto que el animal ingiere, y, aún más, el número de hierbas, ya que, como hemos señalado en numerosos estudios, cada hierba aporta diferentes componentes a la leche. De hecho, la mayoría de las hierbas son silvestres, denominadas genéricamente "malas hierbas", son muy importantes por su complejidad que se refleja en una leche "diferente", de calidad superior, el consumidor poco a poco empieza a diferenciar entre una leche de pastoreo y una de estabulación, por su aroma y sabor.

Una primera premisa demostrada es que los sistemas de producción ganaderos que se manejan en pastoreo, pueden impactar en forma positiva en la salud de la población, produciendo leche, queso o carne de mejor calidad nutricional para el consumidor (Claps et al., 2015; Galina et al., 2016a; 2009b). Ya que los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas, pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutracéuticos (Claps et al., 2015). En segundo lugar ha sido ampliamente demostrado en la literatura científica la insostenibilidad de los sistemas productivos de estabulación con vacas productoras de 40 litros o más por día, desde el punto de vista de calidad de la leche, o de bienestar animal, para lograr una oferta de mayor calidad nutricional a los consumidores, evitando paralelamente la destrucción y degradación de los ecosistemas.

En los vegetales, se han identificado más de 5,000 moléculas de polifenoles clasificándose en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignanos y curcuminoides, algunos de ellos con propiedades antibacteriales, antivirales, antioxidantes y antiinflamatorias. Por otra parte, a través de la alimentación animal durante el pastoreo, estos compuestos bioactivos se transfieren al organismo animal y posteriormente a sus productos. En leche, carne y derivados (queso, jamón y salchicha) provenientes de los rumiantes alimentados en

pastoreo y con dietas convencionales se ha demostrado la presencia de polifenoles con actividad antioxidante (Cuchillo *et al*., 2010; Puga *et al*., 2011ab); además de otros compuestos con propiedades funcionales como: ácidos hidroxicinámicos (cafeico, clorogénico y ferúlico), flavonoides (catequina y quercetina), terpenos (Galina *et al*., 2007), ácidos grasos como EPA, DHA, ALA y CLA (Puga *et al*., 2009; Cuchillo *et al*., 2010; Puga *et al*., 2014; Delgadillo y Cuchillo, 2015).

En un trabajo reciente observamos que los sistemas de pastoreo han demostrado tener un efecto sobre el perfil de ácidos grasos esenciales, particularmente ω3 y ω6, incrementándose el ω3 de la leche. La utilización de concentrado probablemente eleva el contendido ω6, por lo que en algunas ocasiones rebasa la proporción de 4:1 ω6/ω3, disminuyendo los efectos benéficos de ω3 para la salud del consumidor. Nuestro grupo de trabajo realizó el muestreo de 24 ranchos ganaderos en Chiapas, México con animales en pastoreo con o sin la utilización de concentrado en la alimentación. Se midió con una escala arbitraria del 1 al 100 hambre, sed, confort, presencia o no de lesiones, presencia o no de enfermedades, lesiones por manejo, expresión de comportamiento social, y el estado emocional positivo, además del total de animales, el volumen de leche, el número de vacas en ordeña, el tipo de pastoreo, la suplementación y el uso de aditivos. Los resultados mostraron diferentes niveles de producción de leche que fueron de 5 a 12 kg/d en las unidades muestreadas. El número de animales en cada rancho (de 5 a 90 animales en ordeña). Sólo el uso de concentrado tuvo una influencia significativa en las unidades en que se rebaso la proporción de 4/1 ω6/ω3. Los animales se alimentaron de diferentes gramíneas tropicales, generalmente de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), insurgente (*Brachiaria brizanhta*), bermuda (*Cynodon dactilon)*, y llanero (*Andropogon gayanus*) entre los más importantes, algunos de los ranchos suplementaban con concentrado, otros no. Se encontró una diferencia significativa entre la presencia de omega ω6/ω3 superior a 4:1 en 5 de las 24 unidades estudiadas. Existió una relación entre los animales que mantuvieron proporciones bajas de ω6 en relación a su score de bienestar animal ($P<0.05$). Se observó un aumento significativo de ω6 cuando a los animales se les ofertaba concentrado ($P<0.05$). El resto de los parámetros estudiados no tuvieron una correlación estadística significativa. El bienestar animal, el

sistema de producción tuvo efecto sobre la concentración de ω3, todas las unidades tuvieron un nivel superior a los 3 mg/l de leche (0.30%). Sin embargo en 5 de las unidades estudiadas el nivel de ω6/ω3 supero los límites de 4:1. En estas unidades probablemente la utilización de concentrado se refleja en una disminución tanto de ω3 como de ω6 de la media de las 24 unidades trabajadas. Todos los parámetros de bienestar animal fueron superiores a la media de 50 puntos en los 24 ranchos estudiados, todos en pastoreo, pero en aquellos con menor proporción ω6/ω3 se observó en general un mayor bienestar animal medido en el índice de enfermedades gastrointestinales (Galina *et al*., 2015).

**Cuadro 1** Relación de omega 3/omega 6 en 24 ranchos en Chiapas

| Relación | 3 Ranchos | 10 Ranchos | 6 Ranchos | 5 Ranchos | Promedio |
|---|---|---|---|---|---|
| Omega 6 | $1.49^{c}$ | $1.64^{b}$ | $1.75^{a}$ | $2.04^{a}$ | $1.73^{b}$ |
| Omega 3 | $0.92^{a}$ | $0.69^{b}$ | $0.45^{c}$ | $0.40^{c}$ | $0.62^{b}$ |
| Relación ω6/ω3 | $1.63^{d}$ | $2.37^{c}$ | $3.38^{b}$ | $5.16^{a}$ | $2.79^{b}$ |

Un sistema que pudiera contribuir a la producción de leche de calidad, sería la suplementación con probióticos de bacterias lácticas (LAB). Esto se debe a su efecto sobre la biohidrogenación (BH) ruminal, que se traduce en una saturación de los ácidos grasos no saturados, abundantes en las plantas, para ello suplementamos con LAB, que no BH, o lo hacen en menor volumen (Galina *et al*., 2012; 2013; Galina 2016b). Los resultados de biohidrogenación con LAB fueron similares a los obtenidos en dietas suplementadas con ácidos orgánicos o plantas con aceites (Váradyová et al., 2008) lo que permite suponer que las bacterias lácticas es una forma de fermentación ruminal que permite tener el mismo efecto, que se traduce en una mejor calidad de la leche, (Galina *et al*., 2012). Para ello hemos realizado varias observaciones comparando sistema de alimentación en estabulación o pastoreo con o sin el uso de suplementos de bacterias lácticas. Las diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos benéficos entre las leches de pastoreo con la adición de un suplemento de bacterias lácticas comparados con la leche comercial, demuestra la importancia

de la biohidrogenación en el metabolismo ruminal, para la calidad de la leche, en relación a la salud del consumidor, desde luego los animales en sistema silvopastoril con suplementación de promotores de la fermentación y probióticos, fueron las que significativamente produjeron una leche de mejor calidad comparadas con las de pastoreo sin probióticos o las de estabulación con o sin probióticos, el detalle de ambas técnicas ha sido resumido recientemente, con la formulas tanto para los promotores de la fermentación, como para el uso de probióticos de bacterias lácticas, procesos que se pueden utilizar tanto para mejorar la eficiencia de la cámara de fermentación ruminal como los procesos de fermentación externos en el ensilaje (Galina *et al*., 2013).

**Cuadro 2.** Efecto del pastoreo con probiótico (LAB) sobre el perfil de ácidos grasos comparado con silvopastoril con concentrado y leche comercial (alfalfa y concentrado)

| | Silvopastoril *LAB* | Silvopastoril Concentrado | Comercial (COM) |
|---|---|---|---|
| Saturados | 43.6 | 58.2* | 75.3** |
| No saturados | 56.4 | 41.7* | 24.7** |
| Mononosaturados | 53.3 | 45.1 | 34.3* |
| Polinosaturados | 7.4 | 5.6** | 5.3*** |
| omega-3 | 1.14 | 0.56* | 0.17*** |
| omega-6 | 1.56 | 3.20 | 3.85* |
| Total trans | 5.5 | 4.1* | 2.8** |
| C18:2 c9t11 x ALC | 2.5 | 1.5** | 1.1*** |
| C18:1: c10 t11 | 0.47 | 0.14** | 0.021*** |
| Linoleico | 1.9 | 1.6** | 1.1*** |
| α linolenico | 0.85 | 0.44** | 0.28*** |
| DHA | 0.097 | 0.068* | 0.98** |

**Referencias:**

CANILEC, 2014. Estadisticas de Producción e Importación de Leche en México. Camara Nacional de la Industria de Leche, México.

Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, F. 2013. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: Una revisión. Rev. U.D.CA. Act & Div. Cient 16 (2): 459-468

Claps S., Galina, M.A., Rubino R., Pizzillo M., Morone G., Di Napoli M.A., Caputo A.R., Pineda L.J. 2014. Effect of grazing into the omega 3 and aromatic profile of bovine cheese. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 2:1-6

Colavilla, G., Amadoro, C., & Mignona, R. 2014. Rapporto omega6/ omega3 e GPA nel Latte Nobile in Molise en R.Rubino Il Modello Latte Nobile un ´altra vie è possibile. Caseus Italia: 118-128

Cuchillo, H.M., Puga, D.C., Wrage-Mönning, N., Espinosa, M.J.G., Montaño, B.S., Navarro-Ocaña, A., Ledesma, J.A., Díaz, M.M., Pérez-Gil, R.F. (2013). Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species ingested by goats ton semiarid rangelands. Journal of Animal and Feed Sciences. 22: 106-115.

Cuchillo, M., Delgadillo, C., Navarro, A., Pérez-Gil, F. (2010). Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. Journal of Dairy Research. 77(1):20-26.

Cuchillo, M., Delgadillo, C., Navarro, A., Pérez-Gil, F. (2013). Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species ingested by goats on semiarid rangelands. Journal of Animal and Feed Sciences. 22(2):106-115.

Delgadillo,C., Cuchillo, M. 2015 Compuestos bioactivos en productos lácteos con capacidad antiinflamatoria y anti oxidante. Miguel Galina Ed. Puerta Abierta Editores. ISBN 978-607-8286-62-1: 109-126

ESNAUTMC. 2016 Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. Salud. Gobierno de México 149 p

Galina, M.A., Ortíz-Rubio M.A., Guerrero, C.M., Vazquez, P., Pineda, L.J. 2016a. Effect of feeding management on the nutritional

composition of artisan soft cheese made with ewe´s milk. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 3:36-42

Galina M. A. Elías, A., Vázquez, P., Pineda, J., López., B., Velázquez, M.A. 2016b. Effect of the use of fermentation promoters with or without probiotics on the profile of fatty acids, amino acids and colesterol of milk from grazing cows. “Efecto de la utilización de los promotores de la fermentación, con probióticos o sin ellos en el perfil de ácidos grasos, aminoácidos y colesterol de la leche de vacas en pastoreo”. Cuban J of Agric. Sci. 50: 105-120

Galina,M., López, B., Peña, J., Hernández, A., Galina, C., Vázquez, P. 2016c. Perfil de omega 3 y omega 6 en Bovinos en Pastoreo en Chiapas. Memorias del XL Aniversario de, Congreso Nacional e Internacional de Buiatría, Zacatecas, Zacatecas: 451-457

Galina, M. 2015. El modelo de “Latte Nobile” en México. En El modelo de Latte Nobile otra vía de producción de leche. Omega 3, leche de pastoreo y manejo integral del sistema. Puerta Abierta Editores ISBN: 978-607-8286-62-1: 1-38

Galina, M., Guerrero, M., Pineda, J., Ortíz, M., Osnaya, F. 2013. Efecto de la biohidrogenación ruminal de probióticos lácticos, en la engorda de bovinos. Memorias del XXXVII Congreso Nacional de Buiatría, Acapulco, Guerrero: 533-538

Galina, M.A., Guerrero, M., Pineda, J., Ortíz, Ma., Osnaya, F. 2012. Efecto de la biohidrogenación ruminal de probióticos lácticos en la calidad de la leche. XXXVI Congreso Nacional de Buiatría Mérida, Yucatán, México. Memorias: 753-761

Herrera, J.A., Shahbudin, A.K.M., Faisal, M., Ersheng, G., Wei, J., Lixia, D., Gandaho, T., & López, P. 2004. Efecto de la suplementación oral con Calcio y ácido linoléico conjugado en primigrávidas de alto riesgo. Colombia Médica 35(1): 1-8.

Khanal, R.C. 2004. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. Assian-Australian J. Anim. Sci 17(9):1315-1328.

O´Shea, M., Lawless, F., Staton, C., & Devery, R. 1998. Conjugated linoleic acid in bovine milk fat: a food-based approach to cáncer chemoprevention. Trends in Food Sci & Technol. 9:192-196.

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S, Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace the Origin and Quality of Goal's Milk and Cheese. J. Dairy Sci 90:4567-4574.

Puga D.C., Cuchillo, H.M., Pérez-Gíl, R.F. (2009). Effect of feeding management and seasonal variation on fatty acid composition of Mexican soft raw goats' milk cheese. Italian Journal of Animal Science Accepted: April 29, ISSN 1828-051X Vol. 8 (Suppl. 2): 402-404.

Puga D.C., Sánchez-Muñoz, B., Nahed-Toral. J., Cuchillo-Hilario., M., Díaz-Martínez., M., Solis-Zabaleta. R., Reyes-Hernández. A., Castillo-Domíguez, R.M. (2014). Fatty acid content, health and risk indices, physicochemical composition and somatic cell counts of milk from organic and conventional farming systems in tropical southeastern Mexico. Tropical Animal Health and Production. ISSN: 0049-4747 DOI 10.1007/s11250-014-0581-x 46:883-888. 46 (5): 883-888.

Rubino, R. 2014. Il modello latte nobile. Un'altra via é possibile. Casueus Edit. Anfosc. Italia 191 p.

Rubino, R. 2015. El modelo de latte Nobile, otra vía para la producción de leche. Miguel Galina Ed. Puerta Abierta Editores. ISBN 978-607-8286-62-1: 79-108.

Simopolous, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega6/omega3 essential fatty acids. Biomedical Pharmacoter 56:365-379.

Strandvik, B. 2011. The omega-6/omega-3 ratio its of importance. Prostaglanins, Laukotrienes and Essential Fatty Acids 85:405-406.

***Agradecimientos:*** *Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM*

# Estrés Oxidativo, efectos sobre la salud y la respuesta de los antioxidantes endógenos y exógenos en diferentes enfermedades.

***Miguel Angel Galina Hidalgo, Ma. Ortíz Rubio, Magdalena Guerrero Cruz***
*FES-Cuautitlán Universidad Nacional Autónoma de México.*
*miguelgalina@unam.mx*

"Quien en la investigación científica tiene siempre el estudio dirigido, nunca encontrará nada, y el que al juzgar la importancia del descubrimiento no pueden ver nada, más que la utilidad que puede tener, demuestra que nunca han probado el placer de saber" Galileo Ferraris 1888.

En el presente trabajo se realiza una revisión de la importancia del estrés oxidativo en la salud, con una discusión sobre los mecanismos de prevención antioxidantes, incluyendo una observación de su participación en enfermedades, para finalmente hacer una exploración del trabajo del grupo de investigación en el desarrollo y certificación de alimentos funcionales

**Estrés Oxidativo**

El estrés oxidativo se define como el desbalance entre la presencia de especies reactivas oxigeno/nitrógeno (ROS/RNS) y la capacidad

del organismo de contrarrestar sus acciones mediante el sistema de protección antioxidante (Pearson *et al*.,2014).

El estrés oxidativo surge por el aumento de ROS/RNS y una disminución de la habilidad de protección antioxidante, caracterizado por la reducción en la capacidad de los sistemas endógenos para combatir los ataques oxidativos dirigido a blancos biomoleculares. Su gravedad se asocia con varias patologías, como enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y vejez (López-Alarcona y De Nicola, 2013; Sies, 1985a).

Ha sido comprobado que el estrés oxidativo se relaciona con más de 100 enfermedades, ya sea como causa primaria o factor asociado (Halliwell, *et al*., 1992; Gutteridge, 1993). Es un proceso irreversible de decaída en el organismo, producto de las especies reactivas al oxígeno, que también expresa su influencia negativa en la fisiología del envejecimiento, que consiste en la discapacidad de las funciones fisiológicas de defensa, que promueven la incidencia de enfermedades y reducen el lapso de vida (Maulik *et al*., 2013).

El estrés oxidativo fue primero definido por Sies (1985b) como *"Una anormalidad entre el balance proxidante con el antioxidante, en favor de las substancias oxidantes, promoviendo un daño potencial"* El estrés oxidante (oxidativo) se entiende como la producción de una excesiva cantidad de ROS/RNS en el organismo, que es el producto de un desbalance entre la generación y la destrucción de ROS/RNS. De tal manera que el estrés oxidativo es la repercusión de un aumento en la producción de radicales libres, pero también de una reducción en el sistema de defensa antioxidante (Poljsak *et al*., 2013).

Las substancias reactivas al oxígeno o nitrógeno (ROS y RNS) se deben ver no solamente como especies que producen un daño biomolecular. Ha sido documentado que afectan el sistema enzimático, no solamente para la defensa química o desintoxicación, sino también al sistema de respuesta celular a señales moleculares, y a su vez modifica las reacciones biosintéticas (López-Alarcona y De Nicola, 2013)

El sistema de especies reactivas al oxigeno (ROS) está representado tanto por los radicales libres, como por moléculas de radicales no libres, como son el peróxido de hidrógeno ($H_2O_2$), el superóxido ($O_2$)

los oxígenos libres (1/2 $O_2$) y los radicales hidroxilo (OH). También se encuentran reactivos que provienen de substancias del nitrógeno, hierro, cobre, y azufre (Halliwell *et al*., 1992; Riley, 1994). El estrés oxidativo y el entorpecimiento del balance redox se puede deber a estos radicales. La incidencia de radicales libres endógenos y exógenos, no se puede impedir, debido a dos procesos su formación en eventos metabólicos y la acción de oxidantes del medio ambiente (Poljsak. *et al*., 2011). Los radicales libres se generan en procesos aeróbicos como la respiración celular, exposición a infecciones microbianas, que producen activación fagocitaria, durante una actividad física intensa, o por la acción de substancias contaminantes como el humo de cigarro, el alcohol, la ionización de rayos ultravioleta, pesticidas y el ozono. La presencia de especies reactivas oxigenadas en pequeñas cantidades representa moléculas señaladoras, que se ven envueltas en la regulación de la proliferación celular, apoptosis, y expresión de genes, mediante el disparo de factores de transcripción. La generación de fagocitos es esencial en los mecanismos de defensa de la vejez, contra varias clases de bacterias y hongos (Poljsak *et al*., 2013).

Las especies reactivas al oxígeno modulan muchas clases de biomoléculas, que tienen como blanco, casi todos los substratos en las células. Las más susceptibles a oxidarse son las grasas poliinsaturadas, especialmente el ácido arquiodónico y el ácido docosahexanoico que producen el malondialdheído y el 4-hidroxinonental, marcadores reconocidos de la decadencia de la oxidación lipídica. Las especies reactivas al oxígeno son capaces de oxidar la columna y las cadenas laterales de las proteínas, las cuales subsecuentemente interaccionan con cadenas laterales de amino ácidos, generando funciones carboxílicas. El daño de ROS en los ácidos nucleicos, pude producir un cruzamiento de la Proteínas-DNA, rompiendo y alterando la estructura de las bases purínicas y pirimídicas, produciendo mutaciones de las reacciones del DNA (Gandhi y Abramov, 2012).

La oxidación de los lípidos tiene un daño potencial sobre las membranas celulares. Los ácidos grasos poliinsaturados sensibles a la oxidación, rápidamente presentan una peroxidación debido al ataque de los radicales OH. La peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados

producen isoprostanos. (Milne *et al*., 2005) y el aumento de sus niveles se consideran como un reflejo del estrés oxidativo (Liu *et al*., 1999). El efecto de la oxidación de los lípidos también produce aldehídos, como el malondialdehído, y 4- hidroxinonental. Este último afecta las proteínas y puede por lo tanto impedir sus funciones (Doorn y Petersen, 2003). La oxidación de las proteínas puede producirse con daños de las cadenas laterales y/o fragmentación de la columna de carbonos, desdoblando a los aminoácidos, dando como resultado una pérdida de sus funciones (Headlamand y Davies 2004). La oxidación del plasma con formación de grupos tiol, resulta en una daño oxidativo, junto con la carbonilación, conduciendo sus procesos bioquímicos hacia productos finales glicatiónicos, que a su vez son potencialmente dañinos al metabolismo celular (Sung *et al*., 2013). Es interesante dos aspectos del estrés oxidativo, primero el daño de las membranas mitocondriales y segundo la alteración de la estructura de las proteínas que pueden entonces aumentar la generación de substancias reactivas al oxígeno, produciendo impedimentos en las funciones del DNA, muerte celular y apoptosis (Sung *et al*., 2013).

El estrés oxidativo es el resultado de una generación excesiva de oxígeno reactivo, y consiste en un desequilibrio oxidativo a especies reductoras, que también se define mejor como una perturbación de la señalización redox. La acción de especies reactivas oxigenadas / nitrogenadas (radicales anión superóxido, hidroxilo, alcoxilo, radicales peroxilo lipídico, óxido nítrico y peroxinitrito) resulta en alteraciones y modulaciones de funciones de biomoléculas clave (Pisoschi y Pop, 2015).

El marcador de daño en el ADN está representado por 8-hidroxidesoxiguanosina. El ataque oxidativo a los lípidos también se refiere a aldehídos reactivos, tales como malondialdehído y 4-hidroxinonenal, pero también isoprostanos. La oxidación de los grupos tiol tiene principalmente en cuenta el daño oxidativo de la proteína, junto con la carbonilación que conduce a productos finales de glicación avanzada. La oxidación de la cadena lateral, la fragmentación de la espina dorsal, el despliegue y el plegamiento erróneo, con pérdida de actividad, también pueden ocurrir en la estructura de la proteína (Pisoschi y Pop, 2015).

Los daños oxidativos de los componentes de las membranas lipídicas están implicados en el mecanismo de neurodegeneración, cáncer, enfermedades cardio vasculares o inflamatorias. Se ha confirmado que la producción excesiva de especies oxigenadas reactivas puede conducir a la sobreexpresión de genes oncogén o a la formación de compuestos mutagénicos, puede causar actividad pro-aterogénica y está relacionada con la aparición de placa senil o inflamación (Pisoschi y Pop, 2015).

**Estrés oxidativo y cáncer**

Ha sido demostrado que en el estrés oxidativo, discutido con anterioridad como el desequilibrio entre substancias oxidantes y los antioxidantes, favoreciendo a los oxidantes, implica el daño de todos los biocompuestos esenciales de las proteínas, el ADN y los lípidos de la membrana, y puede dar lugar a la muerte celular. Se ha demostrado que las células cancerosas se caracterizan por mayores cantidades de especies reactivas de oxígeno, que las células sanas y se ha demostrado que las especies reactivas oxigenadas son responsables del mantenimiento del fenotipo del cáncer (Yousri *et al*., 2011).

En pacientes con cáncer se observaron importantes disminuciones en la capacidad antioxidante total (32,7%-37,5%), ácido úrico (28,1%-49,2%), malonildialdehído (20,7%-25,2%) y óxido nítrico (50,4%-61,9%) en cáncer de mama, comparados al grupo control, respectivamente. Los niveles de Serie Cu2+ disminuyeron en el grupo de cáncer metastásico, en comparación con los grupos de cáncer control y no metastásico. El contenido sérico de Fe2+ se redujo en el caso de pacientes pertenecientes a un grupo de cáncer no metastásico, en comparación con sujetos sanos y pacientes con cáncer metastásico. El ácido úrico se determinó por el método bioenzimático de la uricasa/peroxidasa. Los valores fueron menores para los sujetos pertenecientes al grupo metastásico, en comparación con los no metastásicos (Abdel-Salam *et al.,* 2011). Para el ensayo de la capacidad antioxidante total en pacientes cancerígenos, el peróxido de hidrógeno que permanecía después de la reacción con los antioxidantes de la muestra, se determinó colorimétricamente mediante una reacción enzimática con 3,5-dicloro-2-hidroxibencenosulfonato (Koracvic *et al*., 2001). El

malonildíaldehído se determinó mediante la determinación de las substancias reactivas tiobarbitúricas (Ruiz-Larrea *et al*., 1994).

**Estrés oxidativo y enfermedades cardiovasculares**

Se ha demostrado que la oxidación desempeñaba un papel en la patogénesis de la arterosclerosis (Meagher y Rader, 2001). La oxidación de lipoproteínas de baja densidad demostró ser capaz de iniciar la captación de LDL por los macrófagos y la formación de células patógenas presentes abundantemente en cardioesclerosis (Witztum y Steinberg, 1991). Además, los procesos de oxidación pueden resultar en lípidos oxidados con efecto pro inflamatorio (Witztum y Berliner, 1998). 0

Estudios epidemiológicos indicaron un aumento de la ingesta de vitaminas antioxidantes como la vitamina E, la vitamina C. y el beta caroteno pueden resultar en un menor riesgo de enfermedades vasculares arterosclerótica (Rimm y Stampfer, 2000).

Aunque la presencia de apoE (antioxidante) es notable para disminuir los niveles de colesterol en plasma. Puede retrasar la aparición de isoprostanes en la orina y plasma LDL (Lípidos de Baja Densidad) en el tejido aórtico. La presencia de apoE hepática, también da como resultado una regresión de lesiones ateroscleróticas avanzadas preexistentes, con desaparición de macrófagos. Por lo tanto, se ha demostrado que los efectos antiaterogénicos de apoE son correlacionadas con sus propiedades antioxidantes in vivo (Meagher y Rader, 2001).

**Estrés oxidativo y enfermedades neurodegenerativas**

Se observa una disminución de fosfolípidos de membrana, como principal resultado de la superoxidación, que ha sido implicado como causa primordial de enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer (Feng y Wang, 2012; Markesbery, 1997). La presencia de 3-amiloides enfatiza la capacidad de iniciar la peroxidación lipídica. La presencia de lípidos oxidados y la disminución de las actividades de las enzimas antioxidantes, se correlacionaron estrechamente con la formación de placas seniles y la presencia de redes neuro fibrilares en

cerebros de pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer. Se han observado marcadores reconocidos de estrés oxidativo, tales como acroleína, malondialdehído, F2-isoprostanos y 4-hidroxi-2,3-nonenal en cerebros y en líquido cerebroespinal, de pacientes con Alzheimer, comparados con sujetos control. La presencia de hidroxinonenal fue discutida por su elevada reactividad, en la citotoxicidad del hipocampo, y demostró ser capaz de acumular tardíamente cantidades significativas, en pacientes de Alzheimer (Selley *et al*., 2002; Lovell *et al.,* 1995). La carbonilación de proteínas, también como resultado del decaimiento inducido por el estrés oxidativo, se observó en los lóbulos frontal y parietal de la corteza cerebral y el hipocampo de cerebros de pacientes de Alzheimer, pero no afectó el cerebelo (Butterfield *et al*., 1996; Hensley *et al*., 1995). ·

El daño de las funciones de las proteínas de la membrana, tales como el transportador de glucosa neuronal GLUT 3, transportadores de glutamato, Na + / 1 + ATPasas junto con la activación de las quinasas, la desregulación de las transferencias iónicas y la homeostasis del calcio (lo que implica un aumento de las cantidades de calcio), puede promover una serie de eventos en la célula, lo que resulta en una mayor producción de ROS y la muerte celular, que eventualmente engendra un mecanismo apoptótico, que conduce a la neurodegeneración, que se observa en la enfermedad de Parkinson, el síndrome de Down y el Alzheimer (Feng y Wang, 2012).

**Estrés oxidativo y diabetes**

En condiciones de estrés oxidativo, el daño celular puede afectar la función de la célula pancreática, que, dado el deterioro en la expresión de enzimas antioxidantes, es notablemente sensible a las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Bandeira *et al*., 2012). Las especies reactivas oxigenadas son capaces de interactuar con los sustratos implicados en la señalización intracelular de insulina (Evans *et al.,* 2005). La alta carga energética sobre las células, principalmente elevan la glucosa, aumentando el flujo de coenzimas reducidas (NADH y $FADH_2$) en la cadena de transporte de electrones mitocondriales. A medida que el gradiente de voltaje a través de la membrana mitocondrial alcanza un valor crítico. Bloqueo de umbral, que permite la reducción de la

coenzima Q por electrones. $CoQH_2$ puede posteriormente producir una reducción en el oxígeno molecular, y finalmente generan anión radical superóxido (Brownlee, 2005). Esta es la vía comúnmente seguida en las complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2 que implican un mayor flujo en las vías de polioles y hexosaminas.

Se ha sugerido que el estrés oxidativo produce un control glucémico deficiente, que puede presentarse a pesar del uso de fármacos. El estrés oxidativo puede ser promovido a través de un aumento de la actividad de la NADPH oxidasa, con la producción subsiguiente de aniones de radicales superóxido. Los estudios que evaluaron los marcadores enzimáticos y no enzimáticos del estrés oxidativo en la condición de diabetes melitus mostraron una actividad de la superóxido dismutasa total y la peroxidación lipídica mayor en los diabéticos en comparación con los controles sanos. Además, la actividad de superóxido dismutasa total difirió para los diabéticos hipertensos en comparación con los controles prediabéticos y normotensos. La peroxidación lipídica se incrementó considerablemente en ambos grupos de pacientes (hipertensos y normotensos) en comparación con grupos pre diabéticos, controles hipertensos y normotensos (Bandeira *et al*., 2012).

En condiciones normales, la insulina promueve la diferenciación de adipocitos incorporando lípidos neutrales como triglicéridos dentro de estas células, sobre regulando el metabolismo del factor de transcripción nuclear PPARγ y adiponectina; en condiciones patológicas esto conduce a una adipogénesis anormal, incrementando la inflamación y una mayor circulación de lípidos en la sangre (Delgadillo y Cuchillo, 2015). Hasta el momento no se ha encontrado un tratamiento farmacológico efectivo en contra del estrés oxidante y la inflamación relacionado con la obesidad. Es por ello que la identificación de compuestos naturales capaces de incrementar la capacidad antioxidante y antiinflamatoria del organismo es de muy alto interés (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

**Estrés oxidativo y enfermedades inflamatorias**

La correlación entre la inflamación crónica y el estrés oxidativo está confirmada: el desequilibrio entre la actividad de las especies oxidativas, el promotor de los daños oxidativos y la defensa antioxidante está

implicado en el asma y la rinitis alérgica (Sequeira *et al.,* 2012; Muraoka y Miura, 2003). La mayor presencia de radicales hidroxilo, y peróxidos, puede iniciar una serie de alteraciones en las mucosas nasales y en las vías respiratorias: la peroxidación lipídica, la marcada reactividad de las vías respiratorias, mucosa nasal, aumenta su sensibilidad y secreciones. Así como la generación de moléculas que promueven una alta permeabilidad vascular (Sequeira *et al.,* 2012).

Básicamente, se ha observado que las especies reactivas y los antioxidantes influyen sobre el sistema inmunológico. El estrés oxidativo provoca alteraciones en la señalización celular y altera el metabolismo del ácido araquidónico, aumentando la inflamación sistémica. Se discutió recientemente que el estrés oxidativo aumenta la inflamación asociada con la generación de citoquinasas TH1 y TH2, y podría producir alteraciones del fenotipo TH2 (King *et al.,* 2006), que pueden iniciar condiciones alérgicas (Murr *et al.*, 2005; Lloyd y Hassel., 2010).

Estudios epidemiológicos han evaluado la asociación entre los genes que regulan el sistema inmunológico y el riesgo de asma (Torgerson *et al*., 2011). El estrés oxidativo desencadena la expresión de genes que regulan los eventos inflamatorios, por lo que las investigaciones epigenéticas se dirigieron a las evaluaciones de estos procesos durante la progresión del asma y alergias (Salam *et al*., 2012). Por otra parte, un meta-análisis de los estudios de casos y controles, corroboró cambios en GSTMl y GSTTl con un pronunciado riesgo de asma.

**Estrés oxidativo y urolitiasis**

Los niveles séricos de malondialdehído, nitrito, a-tocoferol, ascorbato de plasma y eritrocito superóxido dismutasa se correlacionaron con la patogénesis de la urolitiasis. Los niveles aumentados de super-óxido-dismutasa, forman parte de la respuesta antioxidante contra el equilibrio del estrés peroxidativo. Se ha hecho hincapié en que el oxalato puede promover la peroxidación de lípidos por un mecanismo no totalmente elucidado que implica el deterioro de la integridad estructural de las membranas (Maulik et al., 2013; Poljsak et al., 2013; Thamilselvan et. al., 1997). Alfa-tocoferol ha sido probado, así como

su peróxido dismutasa, como protectores de la membrana contra la peroxidación (Rahman et a., 2012; Pilla y Pilla, 2002).

**Antioxidantes**

El concepto de antioxidante biológico se refiere a cualquier compuesto que, cuando está presente a una menor concentración en comparación con la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o impedir la oxidación del sustrato (Halliwell *et al*., 1992; Godic *et al*., 2014). Las funciones antioxidantes implican la reducción del estrés oxidativo, la protección del ADN contra las transformaciones malignas, así como otros parámetros de daño celular. Los estudios epidemiológicos demostraron la capacidad de los antioxidantes para contener los efectos de la actividad reactiva de las especies de oxígeno y disminuir la incidencia de cáncer y otras enfermedades degenerativas. Sin embargo, principalmente en la acción de radical libre sostenida, la capacidad del sistema de defensa contra ROS se puede desbordar, llevando a la ocurrencia de enfermedades, los primeros tipos identificados de sistemas de defensa antioxidante desarrollados contra el daño oxidativo, son los que previenen la aparición de especies de oxígeno reactivo y los que bloquean, capturan los radicales que se forman (Cheesman y Slater, 1993). Estos sistemas presentes en los compartimentos acuosos y celulares de membrana pueden ser enzimáticos y no enzimáticos. Otro importante sistema antioxidante de la célula está representado por procesos de reparación, que eliminan las biomoléculas dañadas, ya que su agregación permite la alteración del metabolismo celular (Cheesman y Slater, 1993).

La intervención de los sistemas de reparación consiste en subsanar los ácidos nucleicos dañados oxidativamente por enzimas específicas (Plojsak *et al.,* 2013), eliminando las proteínas oxidadas por los sistemas proteolíticos y el resarcimiento de lípidos oxidados por fosfolípidos, peroxidasas o acil transferasas (Hitchon y El-Gabalawy, 2004). Se ha demostrado que la decadencia de los sistemas de reparación conduce más al envejecimiento que los cambios moderados en el potencial del antioxidante defensa contra la aparición de ROS (Gems y Doonan, 2009; Jang y Remmen, 2009).

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal de grasa perjudicial para la salud, son factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión arterial y cáncer. Se han reportado varios mediadores de estrés oxidante e inflamación relacionados con la obesidad. El incremento en la actividad metabólica del tejido adiposo durante la obesidad contribuye al incremento de las especies reactivas del oxígeno (ROS), regulándose permanentemente por los mecanismos antioxidantes endógenos. Cuando la producción de ROS rebasa la capacidad del sistema de defensa antioxidante se produce el estrés oxidante, alterando la función mitocondrial, induciendo a las señales del estado de inflamación. (Delgadillo y Cuchillo, 2015). El tejido adiposo obeso produce un incremento local significativo de factor de necrosis tumoral alfa (TNF-**α)**, resultado de la acumulación de macrófagos, contribuyendo a la producción de la citotoxinas inflamatorias como interleucina-6 (IL-6), a través de la activación de las vías de señalización del factor nuclear (NF)-κB. Durante la obesidad, los adipocitos son capaces de incrementar la secreción de la proteína quimiotáctica de monocitos-1 (MCP-1), que en conjunto con TNF-**α** e IL-6 agudizan la inflamación (Pisoschi y Pop, 2015).

Se ha confirmado que, bajo condiciones fisiológicas, el equilibrio entre los compuestos prooxidantes y antioxidantes favorece moderadamente a los prooxidantes. Produciendo así un ligero estrés oxidativo superando la intervención de sistemas antioxidantes endógenos del organismo (Droge, 2002). Bajo estas circunstancias. Esta cuestión del estrés oxidativo se agudiza con la edad, cuando los antioxidantes endógenos y los sistemas de reparación no pueden contrarrestarlo eficazmente. Por lo tanto, diversas intervenciones que limitan o inhiben estos factores agresivos están dirigidas a disminuir la incidencia de la enfermedad. Sin embargo, el uso de antioxidantes sintéticos, por ejemplo, en la prevención y el tratamiento del cáncer, sigue siendo objeto de controversia (Halliwell *et al*., 1999; Godic *et al*., 2014; Cheesman y Slater, 1993). Por lo que los sistemas de prevención mediante la utilización de alimentos antioxidantes ricos en alfa tocoferol y beta caroteno, como los productos de pastoreo tienen un papel significativo en la prevención del estrés oxidativo.

La homeostasis redox de la célula está asegurada por su complejo sistema endógeno de defensa antioxidante, que incluye enzimas antioxidantes endógenas como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y compuestos no enzimáticos como el glutatión. proteínas (ferritina, transferrina, ceruloplasmina e incluso albúmina) y depuradores de bajo peso molecular, como ácido úrico, coenzima Q y el ácido lipoico (Poljsak *et al*., 2013).

Antioxidantes como la vitamina C y E, carotenoides y fenólicos (ácidos fenólicos como los ácidos benzoico e hidroxibenzoico, derivados del ácido cinámico e hidroxicinámico y flavonoides-flavonoles, flavanos, flavanones, flavanoles, flavonas y antocianidinas como agliconas de antocianinas (flavilo o esqueleto de iones 2-fenilcromenilo), se consideran actualmente los principales antioxidantes exógenos. Los estudios clínicos demostraron que una dieta rica en frutas, verduras, granos enteros, legumbres y ácidos grasos omega-3 podría funcionar como agentes preventivos con respecto a la aparición de la enfermedad. La presencia de ellos en abundancia en las plantas y el pastoreo hacen que los alimentos provenientes de vacas en pastoreo sean una importante fuente de estos compuestos (Pizzoferrato *et al*., 2007).

Proporcionar a las células del organismo con antioxidantes exógenos puede retardar la absorción de antioxidantes endógenos. Para que el potencial antioxidante celular total "permanezca inalterado", por lo que los alimentos antioxidantes pueden mejorar la capacidad del organismo para contener el estrés oxidativo, que no puede ser modificado por la intervención de defensas antioxidantes endógenos (Pizzoferrato *et al*., 2007).

En muchos casos, los resultados de lesiones oxidativas causadas por especies oxigenadas reactivas, se convierten en fuentes de estrés oxidativo: el deterioro de las membranas y la estructura proteica puede promover la propagación de ROS, lo que conduce a un deterioro oxidativo (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

La intervención antioxidante consiste en la ruptura radical de la cadena mediante la donación de hidrógeno, la extinción del oxígeno

simple, la descomposición del peróxido. Inhibición de la enzima oxidante o absorción de la radiación (Delgadllo y Cuchillo, 2015).

El sistema endógeno de defensa antioxidante (antioxidante enzimas, ácido úrico, bilirrubina, proteínas ligantes metálicas como ferritina, transferrina, lactoferrina, ceruloplasmina) se complementa con la intervención de antioxidantes exógenos presentes en la dieta o en suplementos nutricionales, ácido ascórbico, tocoferoles, carotenoides, Fenólicos - flavonoides y no flavonoides (Pisoschi y Pop, 2015).

Sin embargo, se ha sugerido que los organismos pueden mantener constante su nivel de estrés oxidativo, independientemente de la ingesta de suplementos antioxidantes. Se ha afirmado que la suplementación antioxidante demuestra su efectividad si el estrés oxidativo inicial está por encima de la normalidad o por encima del nivel estabilizado del individuo (Pisoschi y Pop, 2015).

Los antioxidantes pueden exhibir efectos benéficos como la sinergia de los antioxidantes fenólicos sintéticos o la regeneración del tocoferol desde su forma oxidada, el radical tocoferoxil, la coenzima Q o la vitamina C reducida (Pisoschi y Pop, 2015).

Las leches de pastoreo particularmente si los animales reciben probióticos son abundantes en isoprenoides y terpenos. Los lípidos son un grupo diverso de biomoléculas, se pueden clasificar como: ácido grasos, triacilgliceroles, ceras, fosfolípidos, espingolípidos e isoprenoides; estos últimos contienen cadenas repetidas de cinco carbonos conocidas como unidades isopreno. Su biosíntesis comienza con la formación del isopentil pirofosfato formando a partir del acetil CoA. En las plantas se han reconocido más de 40,000 isoprenoides, formando parte de membranas, pigmentos fotosintéticos, transportadores de electrones, factores de crecimiento y hormonas (Mckee y Mckee., 2012). Dentro de este grupo se encuentran los terpenos y esteroides. En los aceites esenciales de las plantas se encuentran los terpenos, mientras que los esteroides se derivan de sistemas de anillos hidrocarbonados de colesterol, los isoprenoides de las plantas, son mejor conocidos como terpenoides. La unión del isopentil pirofosfato y el dimetil pirofosfato da lugar a un monoterpeno, los triterpenos se forman a partir de dos equivalentes de farnesil pirofosfato, esta variedad de combinaciones

y oxidaciones originan un amplia gama de terpenos, que se clasifican de acuerdo a las unidades de cinco carbonos como hemiterpenos ($C_5$), monoterpenos ($C_{10}$), sesquiteros ($C_{15}$), diterpeno ($C_{20}$), sesterpeno ($C_{25}$), triterpeno ($C_{30}$) y tetraterpeno ($C_{40}$). Los triterpenos, han sido evaluados como: antiinflamatorios, antibióticos, antimetastasicos, antivirales, antifúngicos y antitumurales (Guzmán-Juárez, 2011).

**Pastoreo y antioxidantes**

Trabajos recientes de investigación, han demostrado que los sistemas de producción ganaderos que se manejan en pastoreo, pueden impactar en forma positiva en la salud de la población, mediante la producción de productos lácteos ricos en omega 3 con un balance adecuado de omega 6 menor de 4:1 (Galina et al., 2011; Claps et al., 2014; Galina, 2015; 2016) y un grado de protección antioxidante (Pizzoferrato, et al., 2007). Ya que los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas, pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutracéuticos (Galina et al., 2007; Galina 2015).).

El papel de los productos lácteos de pastoreo sobre el estrés oxidante de las células y tejidos es de primordial importancia debido a los efectos asociados a este fenómeno que ha sido relacionado con la patogénesis de muchos problemas de salud crónicos, como condiciones de neurodegeneración (Parkinson, Alzheimer, enfermedad de Huntington y la esclerosis lateral amiotrópica), enfisema, enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, cáncer y diabetes (Pisoschi y Pop, 2015; Pizzoferrato *et al*., 2007).

Varios estudios han demostrado la relación entre la dieta animal y la calidad del queso. Se sabe que el forraje fresco afecta significativamente el contenido de vitaminas solubles antioxidantes del queso. Los niveles más altos de α-tocoferol y β-caroteno se encuentran en el queso en respuesta a la ingesta de pasto fresco (La Terra *et al*., 2010; Marino *et al.,* 2012). En este contexto, Pizzoferrato *et al.* (2007) introdujeron el nuevo parámetro Grado de Protección Antioxidante (DAP), con el fin de discriminar los quesos de pastoreo de los de estabulación. Además,

los quesos de animales alimentados con pastos muestran un perfil de aroma más rico que los de los de establos (Rapisarda *et al.*, 2013).

En resultados recientes de Carpino et al. (2017), la cantidad de alfa-tocoferol y β-caroteno fue mayor en los quesos libre pastoreo (LP) en comparación con pastoreo con certificado Nobile (PN) y los otros quesos de estabulación (E) (720 LP 513 PN 380 E; en 110 mg / kg de materia seca, respectivamente). Los niveles más altos de α-tocoferol y β-caroteno en los quesos), el pastoreo aire libre comparados con los de estabulación coincidieron con Butler *et al*. (2008) y Marino *et al*. (2012), que hizo hincapié en la importancia del forraje fresco en la leche en el contenido de vitaminas antioxidantes. Por otra parte, estos resultados se confirmaron con los datos DAP, en promedio 9,5 en el LP y 5,1 en quesos E. De acuerdo con Pizzoferrato *et al*. (2007), cuando los valores de DAP son 7.0 en el queso, la alimentación del pasto es predominante en la dieta animal. Sin embargo, a pesar de las muestras de queso Nobile procedentes de animales alimentados con heno y concentrado sin pastos frescos, los valores de DAP fueron en promedio superiores a los de otras muestras de estabulación (6,5 frente a 4,3, respectivamente), sugiriendo un heno de alta calidad y un buen manejo agrícola (Marino et al., 2012).

La industria alimentaria ha hecho un enorme esfuerzo por publicitar que es el proceso de industrialización, el que da calidad a los alimentos como se observa con los procesos "Light", o agregando omega 3 sin embargo ha sido demostrado que es el sistema de producción el factor determinante en la calidad del producto, y que es el sistema el que contribuye a mejorar la calidad del medio ambiente (Galina *et al*., 2007). Está probado que hay una correlación negativa entre cantidad de leche y calidad de la leche, como lo discute Rubino (2014) que escribe "*si el hombre es lo que come, la leche es producto de lo que come el rumiante*", por eso los productos de pastoreo son cualitativamente mejores que los productos de estabulación.

**Antioxidantes del pastoreo**

El alfa-tocoferol Vitamina E, actúa contra la peroxidación lipídica de las membranas celulares y puede detener la cadena radical formando

una derivada de baja reactividad incapaz de atacar los sustratos lipídicos (Deschamps *et al*., 2001). Por lo tanto, la vitamina E cumple su papel en la preservación de la membrana contra el daño de los radicales libres promovido por las lipoproteínas de baja densidad. Esto puede alterar positivamente los biomarcadores de estrés oxidativo, mejorar la eritropoyesis por disminuir la dosis necesaria de eritropoyetina (Himmelfarb y Hakim, 2003). Se ha evaluado que mediante la ingesta de suplementos de vitamina E en dosis altas, una inhibición de los procesos proaterogénicos mediante la liberación de aniones de radicales superóxido e IL-1B por monocitos activados, oxidación de lípidos, agregación de plaquetas, proliferación de células de músculo liso in vivo y adhesión de monocitos al endotelio. La vitamina E contribuye a estabilizar en arterioesclerosis (Davaraj y Jialal, 1998; Diaz *et al*., 1997).

El beta-caroteno es un inhibidor físico del oxígeno simple muy eficaz, siendo este último responsable de disminuir los daños de la luz UV en la piel, cataratas y degeneración macular. Su adición a estructuras de dieno da como resultado endo peróxidos (Sies y Stahl, 2004; Zigma, 2000). El papel del beta-caroteno en la fotoprotección sistémica, se origina por sus propiedades antioxidantes, se contrapone a los efectos prooxidantes reportados (Halliwell *et al*., 1992; Gutteridge, 1993).

Tenemos información de la relación entre pastoreo y calidad de producto, hemos trabajado con el proyecto de “Latte Nobile”, (marca registrada en Italia) que tiene un reglamento para que los consumidores puedan asegurarse que el queso o la leche que provienen de alimentos de pastoreo, contengan elementos benéficos para la salud, ácidos poliinsaturados esenciales y antioxidantes (Galina, *et al*., 2015). Sin embargo aunque hemos tenido resultados similares en calidad de producto, tenemos aún muchas dudas que hemos resuelto y otras que pretendemos resolver durante esta propuesta como sería la determinación del grado de protección antioxidante con la metodología sugerida por Pizzoferrato *et al*., (2007).

**Bibliografía:**

Abdel-Salam, O.M.E. Youness, E.R. Hafez, H.F. 2011. The antioxidant status of the plasma in patients with breast cancer undergoing chemotherapy, OJMIP 1: 29-35

Bandeira, S. de M., da S. Guedes. G., da Fonseca L.S., Pires A.S., Gelain D.P., Moreira. J.C.F., Rabelo L.A.. Vasconcelos S.M.L., Goulart M.O.F. 2012. Characterization of blood oxidative stress in type 2 diabetes mellitus patients: increase in lipid peroxidation and SOD activity, Oxid. Med. Cell Longev. Article ID 819310 13 pages.

Berliner, J.A., Navab M., Fogelman. J.S., Frank, LL., Demer, P.A., Edwards . D.W. 1995. Artherosclerosis: basic mechanism. Oxididation, inflammation, and genetics. Circulation 91: 2488-2496

Brownlee M. 2005. The pathobiology of diabetic complications an unifying mechanism. Diabetes 54: 1615- 1625.

Burdank. M. 2001. Cancer-Preventing properties of essential oil monoterpens D-Limonene and Perilla Alcohol. Cancer Res 69 (1): 111-130

Butler G., Nielsen J.H., Slots T., Seal C., Eyre M.D., Sanderson R., Leifert C. 2008. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. J Sci Food Agric 88:1431–1441

Butterfield, D.A., Hall, R., Cole, M., Harris, M., Aksenov., M Aksenova, M., Gabbita, J.B., Wu, J.M., Carney, J.M.1996. Reactive oxygen species as causal agents in the neurotoxicity of Alzheimer's associated with amyloid beta peptide, Ann. N. Y. Acad . Sci. 786:120-134

Carpino S., Marino V.M., Rapisarda T., Rubino R. 2017. Preliminary study for a new approach to decide the qualitative level of the cheese controlling the animal diet. 12th International Meeting on Mountain Cheese. Pardova, Italy.

Cheeseman H., Slater T.F.1993. An introduction to free radical biochemistry. Br.Med . Bull. 49:481-493 .

Claps S., Galina, M.A., Rubino R., Pizzillo M., Morone G., Di Napoli M.A., Caputo A.R., Pineda L.J. 2014. Effect of grazing into the omega 3 and aromatic profile of bovine cheese. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 2:1-6.

Delgadillo, P,C., Cuchillo,M. 2015. Compuestos bioactivos en productos lácteos con capacidad antiinflamatoria y antioxidante en En "Il modelo latte Nobile. Un´altra via e possibile. R. Rubino ed. Casesus ISBN 978-88-901965-7-7: 109-125

Descamps-Latscha B., Drüeke. T. Witko-Sarsat V., 2001. Dialysis-induced oxidative stress: biological aspects, clinical consequences, and therapy. Semin. Dial. 14: 193-199.

Devaraj, S., Jialal. L. 1998. The effects of a lp ha-tocopherol on critical cells in atherogenesis, Curr. Opin. Lipidodol. 9:11-15.

Doorn. A., Petersen. D.R. 2003. Covalent addition of nucleophilic amino acids by4-hydroxynonenal and 4-oxononenal. Chem. Biol. Interact: 143.144:

Diaz M.N., Frej ., Vita J.A., Keaney J.F. Jr. 1997. Antioxidants and arthrosclerotic heart disease. New . Engl.J. Med. 337: 408-416.

Droge. W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function, Physiol.Rev. 82 (2002) 47- 95.

Evans l.L., Maddux B.A., Goldllne I.D. 2005. The molecular basis for oxidatíve stress-induced insulin resistance, Antioxid. Redox Signa 7: 1040 - 1052 .

Feng.Y. Wang, X. 2012. Antioxidant therapies for Alzheimer·s disease, Oxid. Med. Cell Longe. 17 pages.

Galina M. A. Elías, A., Vázquez, P., Pineda, J., López., B., Velázquez, M.A. 2016. Effect of the use of fermentation promoters with or without probiotics on the profile of fatty acids, amino acids and colesterol of milk from grazing cows. Efecto de la utilización de los promotores de la fermentación, con probióticos o sin ellos en el perfil de ácidos grasos, aminoácidos y colesterol de la leche de vacas en pastoreo. Cuban J of Agric. Sci . 50: 105-120

Galina, M.A., Ortíz-Rubio M.A., Guerrero, C.M., Vazquez, P., Pineda, L.J. 2015. Effect of feeding management on the nutritional composition of artisan soft cheese made with ewe´s milk. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 3:1-7

Galina, M.A., Ortíz-Rubio, M.A., Delgado-Pertinéz, M., Pineda, L.J. 2007. Effect of a lactic probiotic supplementation on goat kids growth. 12th Seminar of the Sub-network FAO-CIHEAM on Sheep and Goat Nutrition. October 11-13, 2007 Thessaloniki (Greece)

Gandhi. S. Abramov A.Y.,2012. Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration, Oxid. Med. Cell. Longev. 155 Article ID 428010, 11 pages.

Gems. D., Doonan R. 2009. Antioxídant defense and aging in C. elegans: is the oxidative damage theory of aging wrong? Cell. Cycle 8: 1681- 1687.

Gould, M.1997. Cancer chemoprevention and theraphy by monoterpens. Enviromenta Health Prespectives, Supp 4:1-2

Godic A., Poljsak, B., Adamic M., Dahmane R. 2014.The role of antioxidants in skin cancer prevention and treatment, Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 860479 , 6 pages

Gutteridge, J.M.C.. 1993. Free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence. Free Radic. Res. Com. 19: 141-158.

Guzmán-Juárez, C. 2011. Fraccionamiento biodirigido del extracto etanólico de *Rosamarinus officinalis* en modelos de nocicepción en roedores. Facultad de Química. Universidad Nacinal Autónoma de México DF:32-33

Halliwell, B., Gutteridge J.M.C., Cross CE. 1992. Free radicals, antioxidants and human disease: where are we now? J. Lab. Clin. Med. 119 598- 620.

Headlamand H.A., Davies M.J. 2004. Markers of protein oxidation: different oxidants give rise to variable yields of bound and released carbonyl products. Free Radic. Biol. Med. 36: 1175-1184.

Hensley, K. Hall. R. Subramaniam . P. Cole. M . Harris. M. Aksenov . M. Aksenova. S.P. Gabbita. J.F. Wu , J. M . Carney, M., Carney. M., Lovell, M. Markesberry. W.R. Butterfield. D.A 1995. Brain regional correspondence between Alzheimer`s disease histopathology and biomarkers of protein oxidation, J. Neurochem. 65: 2146-2156 .

Himmelfarb. J., Hakim R.M.2003. Oxidative stress in uremia, Curr. Opin . Nephrol. Hyp 12: 593- 598.

Hitchon, C.A. El-Gabalawy H.S..2004. Oxidation in reumatoid arthritis. Arthritis Res. Ther. 6: 265-275

Jang Y.C., Remmen H.V. 2009. The mitochondrial theory of aging: insight from transgenic and knockout mouse models. Exp. Gerontol. 44:256-260

King M.R., lsmail A.S., Davis, L.S., Karp D.R. 2006. Oxidative stress promotes polarization of human T cell differentiation toward a T helper 2 phenotype. J. lmmunol. 17: 2765-2772

Korarcvic, D., Koracvic. G. Djordjevic, V., Andrejevic S.. Cosic. V. . 2001. Method for the measurement of antioxidant activity in human fluids, J. Clin . Pathol. 54: 356- 361.

La Terra S, Marino VM, Manenti M, Licitra G, Carpino S. 2010. Increasing pasture intakes enhances polyunsaturated fatty acids and lipophilic antioxidants in plasma and milk of dairy cows fed total mix ration. Dairy Sci Technol 90:687–698

Lloyd C.. Hessel, E.M. 2010. Functions of T cells in asthma: more than just Th2 cells. Nat. Rev. 10:838- 848

Liu. T. Stern A.. Roberts L.J.,Morrow, J.D. 1999. The isoprostanes novel prostaglandin-like product of the free radicals-catalyzed peroxidation of archidonic acid. Biomed. Sci. 6:226-235

López-Alarcona. E., De Nicola A. 2103. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: a review on chemical and cellular-based assays. Anal. Chim. Acta 763:1-10.

Lovell, M.A. Ehmann, W.D. Butler, S.M. Markesberry, W.R. 1995. Elevated thio barbituric acid-reactive substances and antioxidant

enzyme activity in the brain in Alzheimer's disease. Neurology 45: 1594-1601.

Markesbery, W.R. 1997. Oxídative stress hypothesis in Alzheimer's disease. Free Rad.. Biol. Med. 23: 134-147.

Marino, V.M., Schadt, I., La Terra S., Mannenti, M., Caccamo, M., Lietra, G., Carpino, S. 2012. Infuence of season and pasture feeding on the content of α-tocopherol and β-carotene in milk from Holstein Brown Swiss and Modician cows in Sicily. Dairy Sci. and Technol. 92:501-513

Maulik, N., Mcfadden, D., Otan, N Thirunavukkarasu M., Parinandi N.L. 2013 Antioxidants in longevity and medicine. Oxid. Med. Cell Longev. 2013). Article ID 820679. 3 pages

Mckee, T., Mckee, R. 2012. Biochemestry the molecular basis of life. Ed Oxford University Press, New York. USA. Vol 5:369-409

Meagher. E.. Rader D.J. 2001. Antioxidant therapy and atherosclerosis: animal and human studies . Trends Cardíovasc Med . 11: 162-165.

Milne G.l., Musiek E.S.. Morrow. D. 2005. F2-isoprostanes as markers of oxidative strees in vivo. An overview. Biomarkers 10 (Suppl.):510-532

Morrow J.D. 1999. The isoprostanes novel prostaglandin-like products of the free radical cataly zed peroxidatión of arachidonic acid. J. Biomed. Sci.: 226- 235.

Muraoka, S. Miura T. 2003. lnhibition by uric-acid of free radicals that damage biological molecules. Pharmacol. Toxicol. 93. 284-289.

Murr C., Schroecksnadel L.C., Winkler C., Lcduchowski M., Fuchs D.. 2005. Antioxidants may increase the probability of developing allergic diseases and asthma. Med. Hypotheses 64: 973-977.

Pearson, T., Popescu, B.O., Cedazo-Imguez, A. 2014. Oxidative stress in Alzheimer´s disease: why did antioxidative therapy fail. Oxid. Med. Cell. Lomgev. Article ID 427318, 11 pages

Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J. 2000 Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. British Journal of Nutrition, 84, 155–159.

Pilla C., Pílla. KS.. 2002. Antioxidants in health. lndian J. Physiol. Pharmacol. 46: 1-5.

Pisoschi, A., Pop, A. 2015. The role of antioxidants in the chemestry of oxidative stress: A Review. European Journal of Medical Chemestry 97:55-74

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S., Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace the Origin and Quality of Goal's Milk and Cheese. J. Dairy Sci. 90:4569-4574

Poljsak B., Suput, B., Milisav D. 2013. Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants, Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 956792. 11 pages.

Poljsak. B. Jamnik . Praspar, . P. Pesti M. 2011. Oxidation-antioxidation- reduction processes in the cell: impacts of environmental pollution. in: N. Jerome (Edt.). Encyclopedia of Environmental Health. Elsevier., pp. 300- 306

Rahman T..Hose N.L.. Towhidul-Islam M.M., Shekhar H.U. 2012. Oxidative stress and human health. Adv. Biosci. Biotechnol. ABBJ 3: 997-1019.

Riley. P.A. 1994. Free radicals in biology: oxidative stress and the effects of ionizing racicliation, lnt. J. Radiat. Biol. 65: 27-33.

Rimm. E.B. Stampfer M.J. 2000. Antioxidants for vascular dísease. Med. Clin. North Am. 84: 239-249.

Rapisarda T., Catia., Belvedere, G., Schadt I., La Terra, F., Licitra, G., Carpino S. 2013. Variability of volatile profiles in milk from the PDO Ragusano cheese production zone. J Dairy Sci. and Technol 93:117-134

Rubino, R. 2014. Il modello latte nobile. Un'altra via é possibile. Casueus Edit. Anfosc. Italia 191 p

Ruiz-Larrea J., Leal M.. Liza M., Lacort M., De Groot, H. 1994. Antioxidant effects of estradiol and 2-hydroxyestradiol on iron-

induced lipid peroxidation of rat liver microsomes. Steroids 59 (1994) 383-- 388 .

Salam M.T.. Zhang Y., Begum K.. 2012. Epigenetics and childhood asthma: current evidence and future research directions, Epigenomics 4:415-429 .

Selley. M. L Clase, D.R. Stern, S.E. 2002. The effect or increased concentrations of homocysteine on the concentration of (E)-4-hydroxy--2-nonenal in the plasma and cerebrospinal fluid of patients with Alzheimer's disease. Neurobiol. Aging 23: 383- 388.

Sequeira S., Rao, A.V. Rao. A. 2012. lncreased oxidative stress and altered amioxidants status in patíents with chronic allergic rhinitís. Adv . Biosci, Biotechnol. 3: 951- 956 .

Sies H, 1985a. Oxidative Stress: From basic research to clinical applications. Am. J. Med. 91: 31-38

Sies, H. 1985b. Oxidative stress. Introductery remarks. Academic. Press. London.

Sies H., Stahl W. 2004. Carotenoids and UV protection. Photochem. Photobiol. Sci. 3: 749- 752.

Sung, Ch., Hsu, Y., Chen, Ch., Un, Y.F., Wu Ch.Ch. 2013. Oxidative stress and nucleid acid oxidation in patients with chronic kidney disease , Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 301982, 15 pages.

Terasawa, Y. ladha Z. . Leonard, J.D. Morrow. D. Newland. D. Sanan, L., Packer, M.G., Traber, R,V. Farese Jr. 2000. Increased artheroesclerosis in hyperlipidemic mice deficient in alpha tocopherol transfer protein and vitamin E. Proc. Natl. Aca. Sci. USA 97: 13830-13834 .

Thamilselvan S., Hackett R.L., Khan S.R. 1997. Lipid peraxoidation in ethylene glycol imluced hyperoxaluria and calcium oxalate nephrohthiasis. J. Urol. 157:1059-1063

Torgerson D.G., Ampleford E.J., Chiu G.Y., Gauclerman WJ., Gignom C.R., Graves P.E. 2011. Meta-analysis of genome-wide association studies of asthma in ethnically diverse from North American population, Nat. Gener. 43: 887- 892.

Witztum, J.L., Berliner, A..1998 Oxidized phospholipids and isoprtanes in artherosclerosis, Curr. Optn. Lipidol. 9: 441- 448

Witztum. J.L Steinberg D.. 1991. Role of oxidized low density lipoprotein in artherogenesis, J. Clin. lnvest. 88: 1785-1792 .

Yousri, R. Noarnan, E.. Shawi, O. Fahm N., Ghaz M. 2011. Evaluation of antioxidant status and radioprotective activity of a novel anti-cancer drug in mice. J. Cancer Therap. 2 : 616- 628.

Zigma S. 2000. Lens UVA photobiology, J. Ocul. Pharmocol. Ther. 16: 161-165.

***Agradecimientos:*** *Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM*

# Extensive ruminant production systems and milk quality with emphasis on unsaturated fatty acids, volatile compounds, antioxidant protection degree and phenol content

***Andrea Cabiddu, Mauro Decandia and Giovanni Molle***
*Agris – Servizio Ricerca per la Zootecnia, Loc. Bonassai, 07040 Olmedo, Sassari, Italy*
*Email: acabiddu@agrisricerca.it*

## Introduction

The Academy of Science for enhancing the health of adults recommends a food-based approach through a diet that includes regular consumption of fatty fish, nuts and seeds, lean meats and poultry, low-fat dairy products, vegetables, fruits, whole grains, and legumes (Vannice and Rasmussen, 2014). These recommendations are made within the context of rapidly evolving science delineating the influence of dietary fat and specific fatty acids (FA) on human health, likewise saturated fatty acids (SFA). The principal dietary sources of SFA in most Western countries are full-fat dairy products, red meat and grain-based dishes (e.g. pizza, pasta and desserts) the former also being rich in trans FA and low in polyunsaturated fatty acids (PUFA) of the ω-3 series (Ruiz-Núñez et al., 2015).

In particular, dairy products provide 25–60% of the overall saturated fat consumption in Europe, which makes them, since decades, a target of dieticians' criticism due to the negative effects of excessive consumption of saturated FA on human health (Givens and Shingfield, 2006). Ruminant products fats are relatively more saturated than most plant oils and this is also a consequence of biohydrogenation of dietary polyunsaturated FA (PUFA) by rumen bacteria (figure 1).

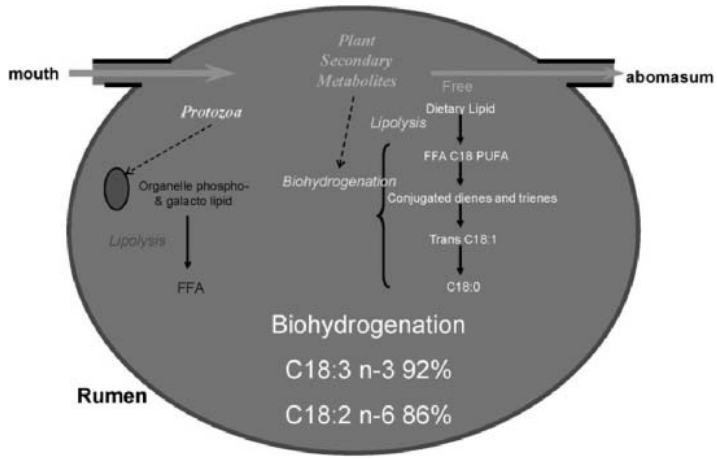



**Figure 1** Diagrammatic representation of lipid metabolism in the rumen including the action of plant secondary metabolites

As a consequence of this imbalance, a great effort has been made by researchers to enhance ruminant products quality; in particular focussing on the influence of dietary forages on fatty acid composition of milk and dairy products (Glasser et al., 2008; Buccioni et al., 2012; Shingfield et al., 2013; Moloney et al., 2014; Elgersma, 2015). Products from ruminant contains also others minor components which are deemed able to improve health and wellness of consumers, likewise vitamins A and E, phenols and others secondary compounds likewise volatile compounds with a special role for the hedonic aspect. Actually several review reported that grazing animals gives the best chance to achieve this target compared with animals fed at stall, since it combines better product quality with low feeding costs. Moreover, usually pasture based systems are perceived by consumers as more environmentally and animal-welfare friendly than housed systems. In

addition, milk from ruminants grazing legumes and other forb-based pastures usually contains phenols. It is known that many of claimed health benefits in human diet have been associated with the phenolic compounds (e.g. resveratrol in wine, George et al., 2017); hence the occurrence of some phenolic compounds in dairy products could give add value to products obtained from grazing ruminants. Finally, other work has highlighted the positive effect of grazing on product technological and organoleptic attributes such as texture, oxidative stability and flavor. This paper is aimed at reviewing the above aspects and suggesting the best up-to-dated methodologies to trace grazing diets of ruminants up to their products, with particular reference to milk and dairy products.

## Influence of pasture on milk and cheese quality

### Cows

*Botanical composition of pasture and milk fatty acid profile*

The importance of animal feeding on several quality identified products [protected designation of origin (PDO), protected geographic indication (PGI)] is increasing in consumers since a strong link between quality and the livestock production system is requested for these products. Grappin et at. (1996) showed in 20 *Comté* cheese plants that, there is a clear relationship between edaphic and flora characteristics of the production areas and the aroma of the cheeses (figure 2). It has been found that milk from grazed ruminant has high higher level of polyunsaturated fatty acid than from ruminant kept indoor.

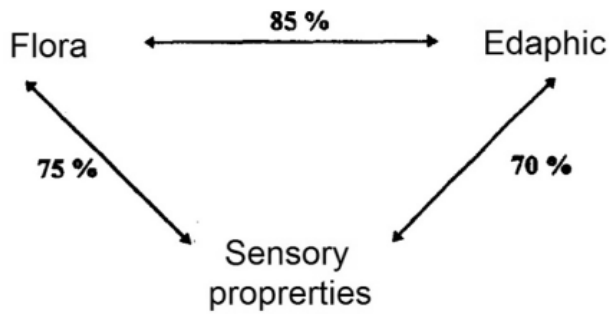


**Figure 2** Relationship between edaphic flora characteristic and aroma profile of cheese (Grappin et al., 1996)

In addition, Bugaud et al. (2001) showed that botanical composition of pastures and native meadows can influence fatty acid profile of milk and cheese (figure 3).

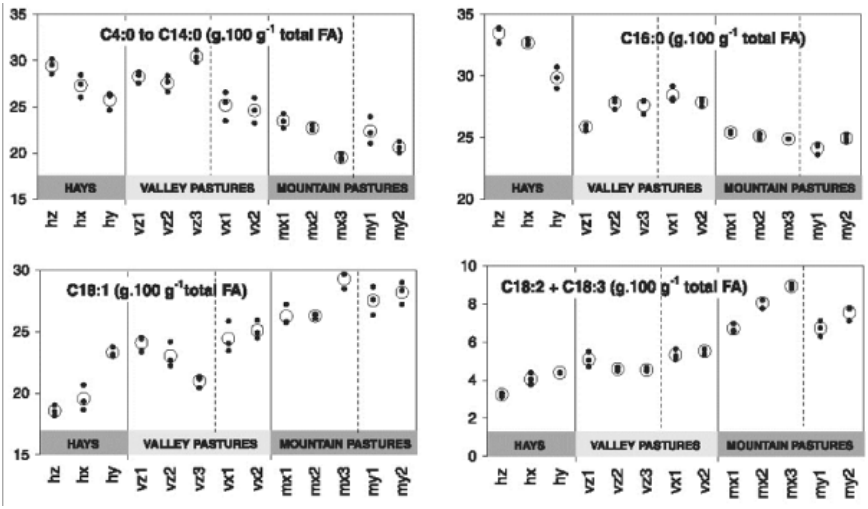



**Figure 3** Effect of botanical composition on milk fatty acid composition of cows (Bugaud et al., 2001)

Fatty acid composition in grass changes among forage species, variety/cultivar, regrowth stage, phenological stage, leaf/stem ratio, light intensity, nitrogen fertilization intensity and other pasture management techniques, as reported by Elgersma et al. (2015). Milk from cows grazing a native pasture with higher botanical biodiversity contains more PUFA, less saturated FA and is featured by a lower ω-6/ω-3 ratio than milk sourced from cows fed at stall (Martin et al. 2002 and 2004), with an associated increase of CLA by 300%. Linseed and others oilseed are also very rich in PUFA precursors and their supplementation, can enhance some beneficial FA in dairy products. However, the use of these supplements can increase feeding costs and could markedly reduce the reliability of the discrimination between grazing and stall-feeding systems based on milk fatty acid profile only.

Cheese and butter texture and their spreadability can be also influenced by fatty acid profile as reported by Martin et al. (2005). In fact cows grazing in nitrophilic meadows (*Rumex alpinus* prevalence) gave a cheese more crumbly than that sourced from cows grazing in lowland damp meadows (*Dactylis glomerata* prevalence).

In alpine conditions, cows grazing *Trifolium alpinum*-dominated pastures gave a milk richer in long chain FAs, unsaturated and monounsaturated FAs, and odd and branched-chain FAs (OBCFA) while those from *Festuca nigrescens* pastures contained more short- and medium-chain FAs, SFA, and α-linolenic acid (ALA) as a probable consequence not only of differences in levels of FA precursors but also of plant secondary metabolites (PSM) (Falchero et al., 2010). These results are in partial agreement with Tornambé et al. (2010a) who found that pastures with different ratio of *gramineous/dicotyledons* and hence with a different content of aromatic precursors species affect the linoleic acid (LA) and ALA level in milk. In particular, Coppa et al., 2010 underlined this effect can be explained by the presence of plants belonging to *Apiaceae* and *Geraniaceae* families, which often occur in meadows. These forbs are plants rich in PSM that could inhibit rumen biohydrogenation of PUFA. From May to July we observe that usually the contribution of *Poaceae* family decrease while the contribution *of Dicotyledon* families increase in Alpine grassland . In this situation, we also observe an increase of SFA and a decrease of PUFA, as a results of the change of phenological stage of plants, as reported by Tornambé et al. (2010a). This later result point out also the importance not only of the botanical composition of grassland but also of the phenological stage of plant during grazing period, highlighting that optimum FA profile usually overlaps early growth. In addition, Gorlier et al. (2012) found a positive relationship between *Cyperaceae* and *Fabaceae* contribution on native pasture in Alpine region and level of PUFA and MUFA in milk. Actually, results from eight forages species from the grassland grown at 650 m a.s.l., cut at two regrowth periods, showed that LA and ALA decreased with the age of the plant, with higher level of PUFA in legume family (Wyss and Collomb, 2010). Feeding cows under controlled conditions (at stall) with different fresh forage species, Kälber et al. (2011) observed that *Beerseem clover* gave

the highest level of milk PUFA and ω-3 FA while ryegrass sourced the milk with the lowest content of these FA.

Moreover, as summarized by Moloney et al. (2014), Alpine pastures include legumes and forbs species rich in PSM, which play an important role on PUFA rumen biohydrogenation. In fact pastures which contain berseem clover, white clover, red clover, birdsfoot trefoil or sulla are able to increase linolenic acid in milk (Moloney et al., 2014). Apparently similar effect on milk cheese were found in the Mediterranean basin when we observe cows grazing native pasture rich in *Asteraceae* and *Geraniaceae* which showed higher level of PUFA compared to milk sourced from animal fed at stall (Carpino et al., 2004). These results are confirmed by Bonanno et al. (2013) who found higher levels of PUFA, MUFA and ω-3 FA in cheese from grazing than stall fed cows.

*Minor pasture components and cheese flavour*

Grassland forages in interaction with local environmental factors (pedology and clima) can influence the sensory properties of milk. These effects may results directly from compounds originating from forage (carotenoids, terpenes and other PSM) or indirectly through forage related changes in animal physiology. Primary results were sourced from a study in the Alpine areas comparing different grassland paddocks with different predominant plants (Buchin et al., 1999). Results from this study underlined that cheese sourced by multi-species pastures rich in grasses (comprising predominantly *Agrostis capillaris* and *Nardus stricta*), associated with 32 other species were saltier, more bitter and had an aroma more intensely characterised by sour, burned, toasted and fermented vegetables than cheese from pasture rich mainly of grasses such as *Festuca rubra* and *Agrostis capillaris*. In addition, Buchin et al. (1999) supposed that *Ranunculus spp* could influence the different levels of proteolysis by changes of plasmin level in milk and in cheese, hence explaining the difference in bitterness found between the cheeses (Figure 4).

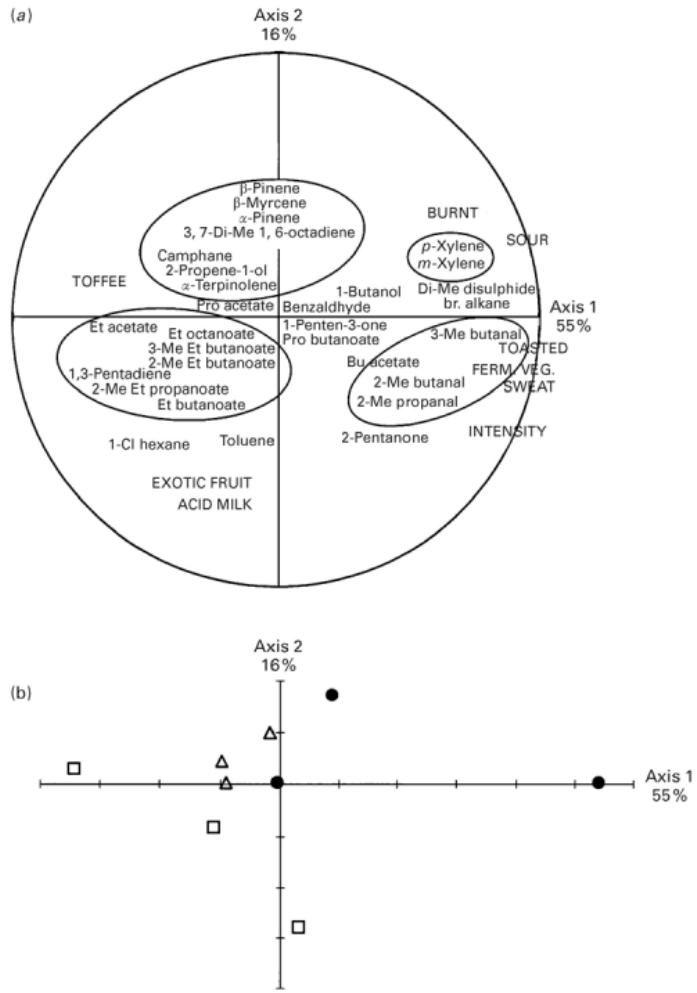



**Figure 4** Principal component analysis of the aroma characteristics of the cheeses: plot of principal axes 1 and 2. (a). Correlation circle. Aromas are represented in capitals. Volatile compounds that varied significantly ($P < 0.05$) between series of cheeses by analysis of variance are added as additional variables. Compounds of the same chemical family, characteristic of a series of cheeses, are included in ovals. FERM. VEG., fermented vegetable; Bu, butyl; Cl, chloro; Et, ethyl; Me, methyl; Pro, propyl; br., branched. (b). Representation of the experimental cheeses: , `Δ, 'south 1' cheeses; □, 'south 2' cheeses; ●, `north' side cheeses. (From Buchin et al., 1999)

Similar results were obtained comparing milk from pasture rich in *Apiaceae, Asteraceae and Plantaginaceae,* which show high levels of

terpenes with milk from pasture rich in *Gramineae* (Bugaud et al., 2001). Despite the large amount of volatile compounds found in milk (totally 262 compounds) only 12 monoterpenes were significantly correlated with the monoterpenes found in pastures ($R^2$= 0.64, P<0.01). Pasture richness in the diet could also enhance the oxidative stability of milk as observed by Martin et al. (2002) with higher level in milk of lutein, carotene, vitamin A and E than stall fed cows. These results are not confirmed by Tornambé et al. (2010b) and Kalber et al. (2011) who did not find any correlation between botanical composition of grassland and milk content of carotene, vitamin A and E.

A global approach to better understand the effect of botanical composition on milk and cheese micro component was adopted by Martin at al. (2005) who pointed out the effect of *Poaceae* and *Leguminosae* family on propionic and butyric acid content in cheese and its pungent flavour while dicotyledons and *Ranuncolaceae* and *Rosaceae* are more responsible for fruity and animal flavour in cheese. The main groups volatile compounds found in milk belong to monoterpenes and sesquiterpenes class, depending on the chemical composition of pasture (Lombardi et al., 2008).

*Minor pasture components and cheese texture*

Bugaud et al. (2001) in a trial conducted in two farms producing *Abondance* cheese in addition to inter-farm differences, found wide deviations within the same farm, depending on grazed meadow characteristics. If the widest deviations were between valley and highland pastures, there was also a degree of variability within the same highland meadow. The main differences involved cheese texture that was more cohesive, elastic and deformable in valley than in mountain cheeses, and more crumbly in cheeses from nitrophilic and snowbound paddocks than in cheeses from damp meadows.

**Sheep and goat**

*Botanical composition of pasture and milk and fatty acid profile*

Grazing dairy sheep in the Mediterranean basin is mainly based on extensive and semi-extensive grazing systems. Grasslands in the

Mediterranean basin show a greater extent of biodiversity compared with other grasslands of central Europe (Abdelguerfi and Abdelguerfi-Laouar, 2004; Gałka et al., 2005). This is of interest to build a strategy to add value to dairy sheep and goat products sourced from livestock systems with putatively low environmental impact. The first review on the effect of pasture botanical composition on sheep milk FA profile (Cabiddu et al., 2005) pointed out that forage species and phenological stage of plants are key factors of milk fatty acid composition. Higher level of PUFA precursor were found in legumes (*Trifolium subterraneum, Hedysarum coronaryum* SU*, Medicago polimorpha* BM) compared to *Lolium rigidum* (RY) and *Chrysanthemum coronarium* (CH) which reflect the better content of PUFA in milk. Comparing such forage species freshly cut and offered as the only feed to dairy sheep at stall we observed the following ranking for PUFA SU>BM>CH>RY during vegetative stage, while during reproductive stage the rank was CH>BM>SU>RY (Addis et al., 2005) figure 5.

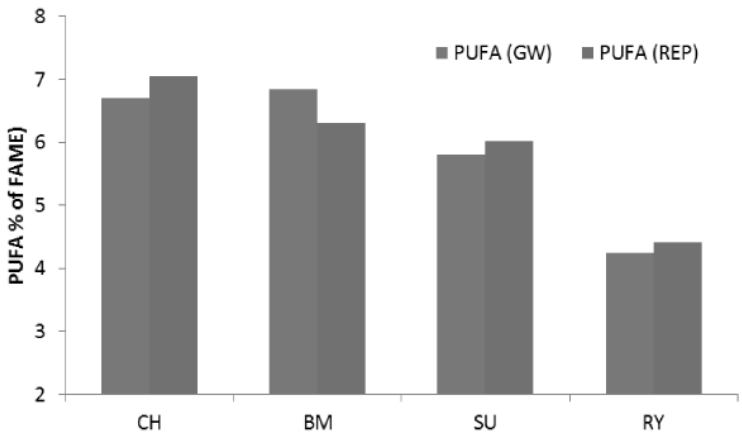



**Figure 5** Level of milk PUFA of sheep feed with fresh cut herbage at vegetative (GW) and reproductive stage (REP). RY, *Lolium rigidum* Gaudin), sulla (SU, *Hedysarum coronarium* L.), burr medic (BM, *Medicago polymorpha* L.), and a daisy forb (CH, *Chrysanthemum coronarium* L.). (Addis et al., 2005)

These authors concluded that forage species can strongly affect the milk FA profile with different magnitude, in terms of short, medium, and long chain fatty acid, included CLA. The level of PUFA in forages is not the only factor, which affect milk fatty acid profile: during vegetative

stage, we observed that although sulla contains less linolenic acid than burr medic, in milk we observed that linolenic acid level is higher in sulla. This is probably due to the contents of tannins in sulla which decreases the ruminal biohydrogenation of linolenic acid by about 30%, resulting in an increase of linolenic acid content in milk (Cabiddu et al., 2009) Figure 6.

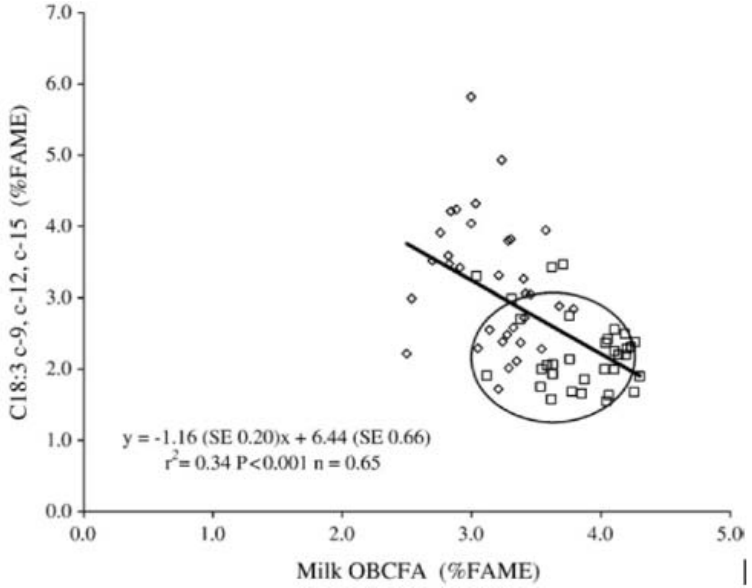



**Figure 6** Relationship between OBCFA and C18:3 c-9, c-12 c15 content in milk (each point is individual value ◊ sulla+tannins; □ sulla without tannins effect).

Sheep grazing without supplementation a mixed pasture (*Trifolium repens, Lolium perenne, Medicago sativa, Festuca arundinacea and Trifolium fragiferum*) increased the content in milk of MUFA, PUFA, CLA, BCFA, OCFA compared to sheep supplemented daily with 600 g/ewe of corn grain. The effect of different forage species in sheep milk is also confirmed in a survey carried out by Cabiddu et al. (2003) who found higher levels of CLA (100% more, $P<0.05$) and linolenic acid (100% more $P<0.05$) in sheep grazing legumes than grasses. These results are in partially agreement with data by Addis et al. (2007) reporting a two-years survey on 40 dairy sheep farms in Sardinia. These authors found no clear relationship between legumes in the

grassland and level of milk PUFA while in preview paper the same authors find that higher legumes in the pasture enhanced the level of PUFA, MUFA and CLA in milk (Cabiddu et al., 2003). The importance of pasture on milk fatty acid profile is also clearly showed by Biondi et al., (2008) who found, after sudden passage of Comisana sheep from stall-feeding to only pasture with vetch and oat, strong changes of FA content in milk: -10% of SFA, P<0.01; +13% of MUFA; +70% of PUFA (P<0.01); +320% of ω-3/ω-6 ratio; +170% of CLA. In Alpine area, comparing different grassland at different altitude milk fatty acid composition of dairy sheep changed with a minor magnitude than that observed in Mediterranean area. Grassland located in mountain (1500 m a.s.l.) areas sourced milk with higher ω-3 FA (+17% P<0.01), PUFA (+10% P<0.001) and CLA (+30% P<0.01) than grassland located in the valley (500 m a.s.l.) (Collomb et al. 2006). Comparing different pasture mixtures (annual ryegrass + burr medic (RY+BM); annual ryegrass + sulla (RY+SU) or annual ryegrass + subclover (RY+SC)), Cabiddu et al. (2004) did not observe changes between mixtures on CLA, vaccenic and linolenic acid content in sheep milk despite the high proportion (40%) of legumes in RY+SU and RY+SC treatments. This is probably due to the high quality of ryegrass, which showed the highest level of linolenic acid in herbage samples. Moreover, we observed a very interesting effect from leafiness of forages correlated with the level of vaccenic acid and estimated $\Delta^9$ desacturase activity. In another study, Cabiddu et al. (2006a) compared a ternary mixture including *Chrysanthemum coronarium* L., *Lolium rigidum* Gaudin and *Medicago polymorfa* L. with a binary mixture based on the same species except the C. coronarium (control pasture). The authors observed that grazing the mixture with *Chrysanthemum coronarium* increased the level of vaccenic acid and CLA (+58%, P<0.01) in sheep milk, compared to the control group (Cabiddu et al. 2006a), figure 7.

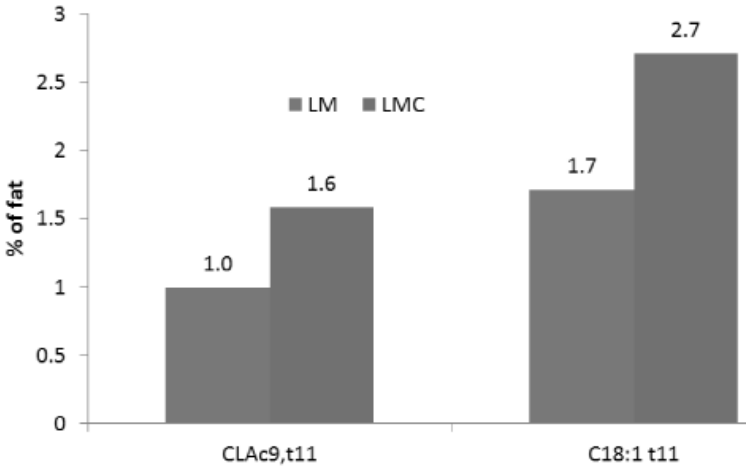



**Figure 7** Level of CLA c9t11 and vaccenic acid in milk from sheep fed with binary mixture (ryegrass+burr medic, LM) compared to ternary mixture (ryegrass+burr medic+ Chrysanthemum coronarium, LMC) From Cabiddu et al., 2006a

Milk from sheep grazing pure pastures of safflower (*Carthamus tinctorius,* SA), chicory (*Cichorium intybus,* CH), or burr medic (*Medicago polymorpha,* MP) showed the following ranking for the level of CLA: 20.69, 15.98 and 15.17 mg/g of fat methyl esters (FAME) for SA, MP and CH, respectively ($P<0.01$) (Cabiddu et al., 2006b). A recent paper suggests that oilseed-based supplementation in grazing dairy sheep needs to be evaluated more carefully, not only in terms of the enrichment of milk PUFA, CLA c9, t11 and vaccenic acid, but considering also the increase of some milk trans fatty acids which may be deleterious for human health (Cabiddu et al., 2017). In contrast with oilseed supplementation, feeding only fresh forages at pasture, when possible, seems a win-win option because it combines better product quality, with low feeding costs and usually brings about positive consumer perceptions. Sheep grazing pure grass (*Lolium multiflorum* Lam) without supplementation outperformed for the ω-3/ω-6 ratio oilseed-supplemented sheep, showing also a lower level of trans fatty acids (Cabiddu et al., 2017) table 1.

**Table 1** Effect on some fatty acid classes and indices of milk from sheep grazing only fresh herbage compared to different level of oilseed supplementation (Cabiddu et al., 2017)

| | | Treatment | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PAS | NFS | SLNA | SALA | SEM | *P*-value |
| MUFA | % FAME | 24.67$^{ab}$ | 22.27$^{b}$ | 28.62$^{a}$ | 28.81$^{a}$ | 0.89 | 0.04 |
| PUFA | % FAME | 6.68$^{c}$ | 6.89$^{bc}$ | 9.84$^{a}$ | 9.58$^{ab}$ | 0.34 | 0.01 |
| SFA/UFA | ratio | 2.14$^{ab}$ | 2.44$^{a}$ | 1.66$^{b}$ | 1.66$^{ab}$ | 0.09 | 0.03 |
| AI (index) | ratio | 2.06$^{ab}$ | 2.63$^{a}$ | 1.87$^{b}$ | 1.88$^{ab}$ | 0.10 | 0.02 |
| n-3/n-6 | ratio | 2.08$^{a}$ | 0.71$^{bc}$ | 0.60$^{c}$ | 0.90$^{b}$ | 0.12 | 0.01 |
| I-Harris | % FAME | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.01 | 0.06 |
| UTFA[1] | % FAME | 0.30$^{b}$ | 0.35$^{b}$ | 0.60$^{a}$ | 0.54$^{a}$ | 0.03 | 0.01 |
| UTFA/CLA[2] | ratio | 0.13$^{b}$ | 0.19$^{a}$ | 0.23$^{a}$ | 0.19$^{a}$ | 0.01 | 0.01 |

PAS= pasture; NFS= non fat enriched supplement; SLNA= supplement fat enriched (based on 10.60% of raw sunflower seed and 4.80% of linseed on DM basis respectively); SALA= supplement fat enriched (based on 10.50% of linseed and 2.90% of raw sunflower seed on DM basis respectively) 1 UTFA=(C18:1 t9+C18:2 t9, t12); 2 UTFA/CLA=(UTFA/CLAc9t11)*100; I-Harris = (DHA+EPA) SEM= standard error of means; different letters between column represent the effect of different treatment (a, b differ at least at P<0.05)

Other interesting minor components belonging to the antioxidant compounds include vitamine A, E and antioxidants, cumulatively evaluated using the antioxidant protection degree (DAP). Interesting results from goat milk (Pizzoferrato et al., 2007) underlined the role of grazing system to increase this index in milk and cheese compared to animals fed at stall. It is noteworthy that DAP was two-fold higher in cheese from goats supplemented than goats fed only fresh herbage. Similarly Cabiddu et al. (2007) found DAP values 10 times higher in grazing goats than stall fed goats. In addition, recent evidence demonstrate that goat reared in shurbland can increase PUFA, DAP and phenols content in milk compared to animals fed at stall (Cabiddu et al., 2016).

**Table 2:** Levels of vitamin A, vitamin E cholesterol and degree of antioxidant protection (DAP) in milk and cheese from goats reared with different feeding system (Cabiddu et al., 2007)

| | | | Vit. A | Vit. E | Cholesterol | DAP(*1000) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Milk | C | mg/100g fat | 0.82[a] | 0.68[a] | 407[a] | 1.67 |
| | HH | " | 0.97[ab] 0 | 3.66[b] | 314[b] | 11.66 |
| | LH | " | 1.09[b] | 3.52[b] | 294[b] | 11.97 |
| Cheese 24 h | C | " | 0.68[a] | 0.58[a] | 394[a] | 1.47 |
| | HH | " | 0.92[b] | 3.74[b] | 316[b] | 11.84 |
| | LH | " | 1.06[c] | 3.76[b] | 309[b] | 12.17 |
| Cheese 60 days | C | " | 0.66[a] | 0.65[a] | 390[a] | 1.67 |
| | HH | " | 0.86[b] | 3.74[b] | 320[b] | 11.69 |
| | LH | " | 1.01[c] | 3.76[b] | 304[b] | 12.37 |

C= stall; LH= Low herbage cover; HH= Higher herbage cover; DAP= degree antioxidant protection

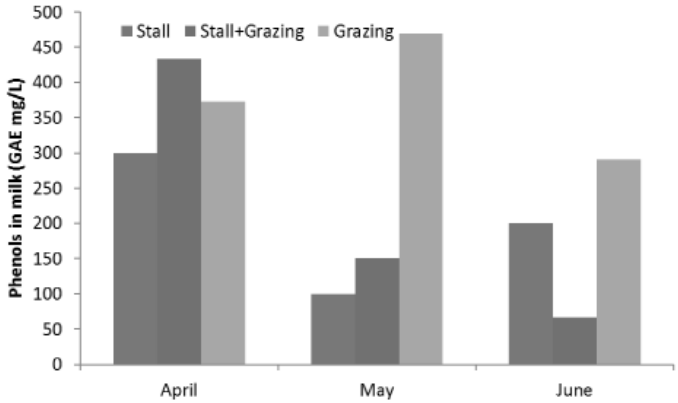



**Figure 8** Effect of different goat feeding system on milk phenols content (Cabiddu et al., 2016)

*Minor pasture components and cheese flavour*

As reported for fatty acid profile, the inclusion of *Chysanthemum coronarium* in grazing sheep diet can impact on the sensorial profile of cheese. (Addis et al. 2006). This daisy plant showed to contain several volatile compounds: the main are 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-ciclohexene (terpinolene, 47%) and ethanol (36%). Among other volatile substances, terpenes such as a-pinene, triciclene and camphene,

cyclic and unsaturated hydrocarbons and esters were detected. The inclusion of *C. coronarium* in sheep diet affected the composition of volatile fraction of milk and cheese. In particular, the milk and cheese produced from sheep grazing the ternary mixed pasture with the daisy plant, unlike the one sourced from control grass-legume pasture, was featured by terpenes such as terpinolene, triciclene, 3,7- dimethyl-1,6-octadiene, α-pinene and camphene. A panel-test based on olfactory evaluation showed that the cheese obtained from sheep grazing the ternary mixture was distinguishable from that of counterparts grazing the grass-legume mixture.

A study on goats grazing a native pasture revealed that volatile compounds in milk and cheese changed in quantity and type with the progressing of seasons and for this reason also the fragrance profile of products changed. Moreover, it appeared that in winter and spring terpenes were not the most important class of volatile organic compounds (VOC), whereas they reached higher level in summer (Fedele et al 2005). These results agree with Decandia et al. (2007) who compared the effect of goats browsing a Mediterranean lentisk-based shrubland with stall-fed goats: the milk from the browsing goats was higher in CLA and VOC (particularly ketones and aldehydes) than the milk from the goats fed at stall (figure 9). Chicory based grassland could affect the bitterness of cheese, because of the presence of PSM (mainly sesquiterpenes) in this forage (Scintu et al., 2007).

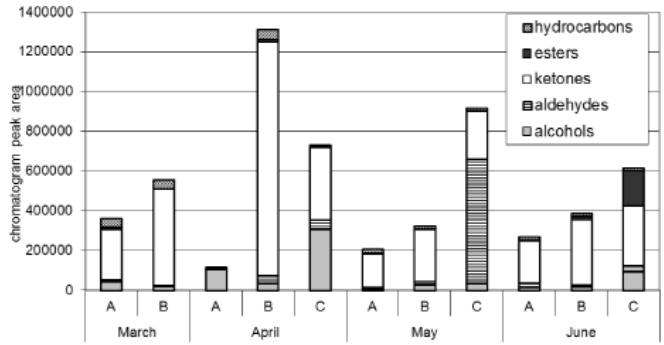



**Figure 9** Effect of different feeding goat system (A = stall-fed with hay and concentrate; B= woody and herbaceous species with small amount of supplements; C= only herbaceous species with small amount of supplements) on volatile compounds (Decandia et al., 2007)

*Plant biodiversity secondary metabolites and their role on healthiness and sensorial features of animal products*

Plants contain secondary metabolites that interact in a variety of ways. Plant content of PSM and its regulation is strongly susceptible to environmental influences and to potential herbal predators; abiotic and biotic factors which might be specifically induced by means of various mechanisms, creating a wide variation in the biogenesis and accumulation of these metabolites. Toxic effects of plants vary depending on the level and type of PSM. The toxicity of plant secondary metabolites and respective concentration shifts may have severe consequences on livestock production and health. Such PSM are also of interest in livestock production because when their concentration in the diet is low, they can positively influence animal performance and quality of products. The main PSM of our interest are: tannins (phenols), polyphenol oxidase and coronaric acid.

Tannins are a heterogeneous group of plant secondary compounds known for both beneficial and detrimental effects on digestive physiology. Tannins supplementation of ruminant diets alters both *in vivo* and *in vitro* unsaturated fatty acids biohydrogenation and hence the profile of fatty acids outflowing the rumen, which can influence milk and meat content of beneficial fatty acids such as linolenic acid (c9,c12,c15-18:3), vaccenic acid (t11-18:1) and rumenic acid (c9,t11-18:2), among others. Published information indicates that tannins could inhibit biohydrogenation affecting ruminal microorganisms. Some studies found increments in linolenic, rumenic and/or vaccenic acids in meat and milk fat using different sources of tannins; however, the effects of tannins supplementation on milk and meat fatty acid profile are not consistent, and there are contradictory results published in the literature (Buccioni et al., 2012). Several study carried out in the Mediterranean basin and Alpine area confirm these results (Kalber et al., 2011).

Polyphenol oxidases are a group of copper metalloenzymes which include: catecholase (EC 1.10.3.2), laccase (EC 1.10.3.1), and cresolase (EC 1.14.18.1). Catecholase is the most dominant polyphenol oxidases in forage crops and will be referred to hereunder as PPO (Lee 2014).

Polyphenol oxidase catalyze the oxidation of ortho(o)-phenols to o-quinones at the expense of molecular $O_2$. The reaction products, o-quinones, are highly reactive electrophilic molecules which act to covalently modify and cross-link a variety of cellular nucleophiles including quinone–quinone self-polymerization. The formation of o-quinone adducts that result in browning of various plant tissues represents the detrimental effect of PPO in post-harvest physiology and food processing and is one of the primary reasons for interest in these enzyme. The mechanism for protecting glycerol-based PUFA has yet to be fully elucidated but may be associated with entrapment within the protein bound phenols (PBP) reducing access to microbial lipases or differences in rumen digestion kinetics of the forage and therefore not related to PPO activity. Overall, the reduction effect of PPO on the PUFA biohydrogenation is about 10% compared to control diet, leading an increase of beneficial fatty acid content in milk and meat. Recently, work from Cabiddu et al. (2014) showed that native plants from the Mediterranean area have high value of PPO in particular *Medicago arabica* and *Trifolium resupinatum*. This is of interest to explain how milk and meat fatty acid composition could be modulated by the inclusion of different forage species.

**Traceability and authenticity of ruminant products**

Council Regulation (EEC) no. 2081/92 (1992), attempts to unify different concepts of typicity. "Typicity" is indeed part of the Designation of Origin (PDO, Protected Designation of Origin, and PGI, Protected Geographic Indication, labels) concept developed in the EU with the aim of gaining consumers'confidence towards products of specific European regions. The Council Regulation (EEC) no. 2081/92 (1992) lays down rules on the protection of agricultural products intended for human consumption. It distinguishes between two categories of protected designations: Protected Geographical Indications and Protected Designation of Origin. These categories differ depending on the nature and the intensity of the link between the product and the defined geographical area, usually quoted on the product's label. The Protected Designation of Origin concerns products very closely

associated with the region where they are produced, processed according to a well defined technological scheme .

In the years 1990-1995 after BSE and Foot and Mouth Disease outbreaks, which arose from the use of contaminated animal-based feedstuffs, European consumers increased their demand for a transparent and clear information on the livestock production system implemented to deliver the food available in the EU markets. It is well recognized that grassland has added value of milk and meat (Monahan et al. 2010), but this need to be quantified to discriminate between products from grassland and others products. Actually, there is an increasing interest from consumers for clear information on health benefits associated with consumption of food and or the green image of animal products. All of these factors have also led to introduction of increasing number of quality assurance schemes in the agrifood sector (Cif Monahan et al. 2010). Definition of traceability and authenticity are well defined by Monahan et al. (2010). The traceability is defined as "*the ability to follow the movement of a food through specified stages of production, processing and distribution",* Authenticity is defined "*the process by which a food is verified as complying with its label description*". In particular, it is of interest to quantify the effect of level pasture inclusion on animal diet, characterizing milk and meat composition/quality. As reported by Prache et al. (2005), several approaches are available to detect biomarkers or markers of pasture in animal products. Basically we can distinguish four main strategies: three are beased on the determination of markers: plant biomarkers (A); metabolic markers (B) and physical markers (C). The fourth is the global approach (D). The following chapter will focus in particular on plant biomarkers. For the other strategies, readers can refer to other recent reviews such as Coppa et al. (2017).

## Plant biomarkers

### *Fatty acids*

Geographical authentication of sheep milk is an issue for the production of cheeses labelled with as PDO. With the aim to set up a fast methodology for tracing PDO cheeses obtained in different areas

of Sardinia, two hundred and fifty samples of sheep milk from different areas of Sardinia were scanned by Mid-Infra-Red (MIR) reflectance spectroscopy. The analysis of spectra were submitted to *genetic algorithms* with references of FA to select the informative variables for developing discriminant models able to correctly classify the samples. This model was validated obtaining 96% of correct prediction (Caredda et al. 2017). This approach was also developed for cow milk at European level to predict diet composition of animals. In particular the prediction based on FA profile was excellent for the proportion of fresh herbage in the diet ($R^2$=0.81) (Coppa et al. 2015).

*Carotenoids*

Carotenoids are natural pigments occurring in plants: lutein is the only carotenoid found in the fat tissue of sheep, whereas cattle store also carotenes in their fat depots (…). Content of carotenes and catoneoids in forages decrease with age of plant and with phenological stage and with conservation method (fresh vs silage, hay or dehydratation). Comparing grazing sheep on pasture at two different phenological stages, we observed a decrease of vitamine A and E passing from vegetative stage to reproductive stage of forage (Cabiddu et al., 2008). Pasture species-richness in the diet can also enhance the oxidative stability of milk as observed by Martin et al. (2002) with higher level in milk of lutein, carotenes, vitamin A and E than in milk obtained from stall feed cows.

*Terpenes*

Most of the volatile compounds in milk are originated by deep changes of feed components during digestion and intermediate metabolism due to microbial and enzymatic processes up to mammary synthesis. Some volatile agents, such as monoterpenes and sesquiterpenes, are putatively able to pass from the feed to the dairy products without modification, as reported by Dumont and Adda (1978), Moio et al. (1996) and Viallon et al. (1999). Other studies showed, however, that a partial degradation of terpenic compounds by the rumen fermentation could happen (Buchin et al., 2002; Schlichtherle-Cerny et al., 2004). Some authors evidenced that the content of terpenes in the pastures

is related with their botanical composition. *Gramineae* resulted poorer in terpenes than *Asteraceae*, *Apiaceae* and *Plantaginaceae* (Mariaca et al., 1997; Bugaud et al., 2000).

*Phenols*

Milk phenols content could also be of interest as biomarkers especially in goat extensive livestock system. Results from recent survey carried out in Sardinia showed that goat browsing Mediterranean maquis (shrubland) mainly based on Pistacia lentiscus L., Quercus ilex L., Arbutus unedo L. Cistus monspeliensis L. and Cistus incanus L. showed an higher level of milk phenols compared to milk from goats raised under confined conditions and stall-fed concentrate and hay (Cabiddu et al. 2016).

*Cyclopropane fatty acids*

Several PDO cheeses (*Parmigiano Reggiano*) ban the use silage and others fermented feeds for feeding cows. A recent survey to determine the presence of cyclopropane fatty acids (CPFA), component of bacterial membranes, in various dairy products including Parmigiano Reggiano PDO was carried out. Results showed that CPFA such as lactobacillic acid and dihydrosterculic acid were detected in milk from cows fed with maize silage.

Data from 200 dairy samples comprising cow, sheep, and goat milk, cheese, yogurt/fermented milk, and butter showed that cow milks were generally positive to CPFA (0.014–0.105% of total fatty acids), while goat, yak, and sheep milks were negative. Experimental yogurt and fermented milks showed the same CPFA content of the milk source. Positive to CPFA were also the majority of samples of commercial butter and cheeses, except some PDO cheeses as Parmigiano-Reggiano and Fontina, cheeses from mountain regions, and goat and sheep cheeses. These data suggest that the presence of CPFA in dairy products could be used as a marker of silage feeding (Caligiani et al., 2014)

*Phytanic and pristanic acid*

Phytanic acid (PHY) is a branched-chain fatty acid, produced by ruminal bacteria by enzymatic degradation of the chlorophyll a, b and d side

chain phytol. PHY cannot be synthesized de novo by mammals, and thus its presence in milk and animal derived products exclusively depends on feed, especially on green materials, i.e., grass and forage which contain chlorophyll. PHY and its main degradation product pristanic acid (PA) have thus been proposed as potential markers of pasture grazing (Capuano et al. 2014).

**Conclusion**

Milk and dairy products of ruminants reared at pasture are usually rich of FA, vitamins, polyphenols and related enzymes (PPO) putatively beneficial for consumers' health. The level of these compounds depend upon the level of their precursors in ruminant diet but also on the level of PSM which can modulate their metabolism and uptake from the gastro-intestinal tract. FA and PSM can affect also flavor and some nutritional and technological features of dairy products such as their anti-oxidant protection degree. Methods have been developed to trace the ruminant diet based on pasture up to the ultimate products. Some of them provide encouraging results for discriminating at low cost dairy products based on pasture. This would favour a fair pricing of dairy products sourced from grazing systems and the persistence of viable and sustainable extensive production systems.

**Bibliography**

Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G., 2005. Milk and cheese fatty acid composition of sheep fed different Mediterranean forages with particular reference to CLA cis-9, trans-11. J. Dairy Sci. 88, 3443–3454.

Addis M., Pinna G., Molle G., Fiori M., Spada S., Decandia M., Scintu M.F., Piredda G., Pirisi A. 2006. The inclusion of a daisy plant (Chrysanthemum coronarium) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. Liv. Sci. 101, 68–80

Addis, M. Cabiddu, A., Decandia, M., Fiori, M., Spada, S. Bulleddu, C. Cammelli, R. Caria, A., Lai, V. Lutzoni, G. Natale, A. Oppia, P. Pintus, C. Spiga, A. Piredda, G. Porqueddu, C. Molle, G. 2007. A survey on the milk fatty acid composition of forty dairy sheep

flocks in Sardinia Spiga, A. Piredda, G. Porqueddu, C. Molle, G. 2007. ASPA XVII Congress Alghero 29 maggio - 1 giugno 2007

Abdelguerfi, A., Abdelguerfi-Laouar,M., 2004. Genetic resources of fodder and/or pastoral interest: Diversity, collection and valorization in Mediterranean region. In: Ferchichi, A., (Ed.), Rangeland and Pasture Rehabilitation in Mediterranean Areas. Cahiers Options M´editerran´eennes, vol. 62, pp. 29–41

Alvarez R., Melendez-Martınez AJ., Vicario IM., M.J. Alcalde 2014. Effect of pasture and concentrate diets on concentrations of carotenoids, vitamin A and vitamin E in plasma and adipose tissue of lambs. J. Food Comp. Anal. 36 59–65

Biondi, L., Valvo, M.A., Di Gloria, M., Scinardo Tenghi, E., Galofaro, V., Priolo, A., 2008. Changes in ewe milk fatty acids following turning out to pasture. Small Rumin. Res. 75, 17–23.

Bonanno A., Tornambè G., Bellina V., De Pasquale C., Mazza F., Maniaci G., and Di Grigoli A. 2013. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. J. Dairy Sci. 96 :710–724

Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G., Cabiddu, A., 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. Anim. Feed Sci. Technol. 174, 1-25.

Buchin, S., Martin B., Dupont D., Bornard A. and Achilleos C. 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheeses. Journal of Dairy Research 66: 579-588.

Bugaud C., Buchin S., Coulon J.B., Hauwuy A., Dupont D., 2001. Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. Lait 81, 401-414.

Cabiddu, A., Carta, G., Molle, G., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Delogu, A., Pirisi, A., Lai, V., Cera, V., Taras, L., Lallai, C. and Banni, S., 2003. Relationship between feeding regimen and

content of conjugated linoleic acid in sheep milk and cheese. First joint seminar of the FAOCIHEAM sub-networks on sheep and goat nutrition and on mountain and Mediterranean pastures: "Sustainable Grazing, Nutritional Utilization And Quality Of Sheep And Goat Products", Granada (Spain), 2-4 October 2003. Options Méditerranéennes, Series A, No. 67.

Cabiddu, A., Addis, M., Spada, S., Sitzia, M., Molle, G., Piredda, G., 2004. The effect of different legumes-based pastures on the fatty acid composition of sheep milk with focus on CLA. In: Luscher, A., Jeangross, B., Kessler,W., Huguenin, O., Lobsiger, M., Millar, N., Suter, D. (Eds.), Proceedings of the 20th Meeting of European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, vol. 9, pp. 1133–1135.

Cabiddu, A., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G., 2005. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. Small Rumin. Res. 59, 169–180.

Cabiddu, A., Addis, M., Pinna, G., Spada, S., Fiori, M., Sitzia, M., Pirisi, A., Piredda, G., Molle, G., 2006a. The inclusion of a daisy plant (Chrysanthemum coronarium) in dairy sheep diet. 1: effect on milk and cheese fatty acid composition with particular reference to C18:2 cis-9, trans-11. Livest. Sci. 101, 57–67.

Cabiddu, A., Addis, M., Decandia, M., Piredda, G., Spada, S., Fiori, M., Sitzia, M., Fois, N., Molle, G., Landau, S., Pirisi, A., (2006b) Effect of Chicory, Burr medic and Safflower based-pastures on milk fatty acid composition, especially conjugated linoleic acid cis 9, trans11. J. Anim. Sci. Vol. 84, Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol. 89, Suppl. 1 Abstr pg376

Cabiddu, A., Molle, G., Decandia, M., Spada, S., Fiori, M., Piredda, G., Addis, M., 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (Hedysarum coronarium L.) grazed by dairy sheep. Part 2: effects on milk fatty acid profile. Livest. Sci. 123, 230–240.

Cabiddu A., Lee M.R.F., Decandia M., Molle G., Salis L., Vargiu M., Winters A.L., 2014. Characterization of polyphenol oxidase activity in a range of forage ecotypes with different phenol

substrates. A new insight for PPO and protein bound phenol evaluation, Grass and Forage Science, 69, 678–692

Cabiddu, A., Addis, M., Fiori, M., Spada, S., Decandia, M., Molle, G., 2017. Pros and cons of the supplementation with oilseed enriched concentrates on milk fatty acid profile of dairy sheep grazing Mediterranean pastures. Small Ruminant Research http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.11.019

Caligiani A., Marseglia A., Gerardo P., 2014. An Overview on the Presence of Cyclopropane Fatty Acids in Milk and Dairy Products . dx.doi.org/10.1021/jf4057204 | J. Agric. Food Chem., 62, 7828−7832

Capuano E., Elgersma A., Tres A., Van Ruth S.A., 2014. Phytanic and pristanic acid content in Dutch farm milk and implications for the verification of the farming management system. Int. Dairy. J. 35 21e24

Caredda, M., Addis M., Ibba I., Leardi R., Scintu MF., Piredda G., Sanna G., 2017. Building of prediction models by using Mid-Infrared spectroscopy and fatty acid profile to discriminate the geographical origin of sheep milk. LWT - Food Sci. Tech.75 131e136

Carpino S., Mallia S., La Terra S., Melilli C., Licitra G., Acree T. E., Barbano D.M., and Van Soest, P.J., 2004. Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. J. Dairy Sci. 87, 816–830

Collomb M., Butikofer U., Maurer J., Sieber R., 2006. Composition en acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes. Revue Suisse d'Agriculture 38: 335-339

Coppa M., Lonati M., Gorlier A., Falchero L., Cugno D., Lombardi G. and Cavallero A., 2010. Variation of fatty acid profile during the grazing season in cows' milk from mountain permanent meadows. Pages 595–597 in Grassland in a Changing World. Grassland Science in Europe. Vol. 15. H. Schnyder, J. Isselstein, E. Taube, K. Auerswald, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann,

M. Gierus, N. Wrage, and A. Hopkins, ed. Universitat Gottingen, Gottingen, Germany.

Coppa M., Chassaing C., Ferlay A., Agabriel C., Laurent C., Borreani G., Barcarolo R., Baars T., D., Kusche, OM, Harstad, J Verbič, J., J., Golecký, C. Delavaud, Y., Chilliard, Y. B., Martin, 2015. Potential of milk fatty acid composition to predict diet composition and authenticate feeding systems and altitude origin of European bulk milk J. Dairy Sci. 98 :1539–1551

Decandia M., Cabiddu A., Molle G., Branca A., Epifani G., Pintus S., Tavera F., Piredda G., Pinna G., Addis M., 2007. Effect of different feeding systems on fatty acid composition and volatile compound content in goat milk. In: Priolo A. (ed.), Biondi L. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat . Zaragoza: CIHEAM, 2007. p. 129 - 134 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 74)

Dewhurst RJ, 2010. Forage lipids and effects on ruminant productivity. In: Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology (Eds Timmis, Kenneth N. McGenity, Terry J., Van der Meer, Jan Roelof, de Lorenzo, Victor), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3159-3166

Givens, D.I., Shingfield K.J. 2006. Optimizing dairy milk fatty acid composition. In: Improving the Fat Content of Foods. Eds. C. Williams, J. Buttriss, Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK) 252–280

Elgersma A, 2015. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. Eur J Lipid Sci Tech 117: 1345-1369.

Falchero L., Lombardi, G., Gorlier A., Lonati, M., Odoardi, M., Cavallero, A., 2010. Variation in fatty acid composition of milk and cheese from cows grazed on two alpine pastures. Dairy Sci. Technol. 90, 657–672

Gorlier A., Lonati M., Renna M., Lussiana C., Lombardi G., Battaglini L.M., 2012. Changes in pasture and cow milk compositions during a summer transhumance in the western Italian Alps. J. Appl. Bot. Food Quality 85, 216 -223

Fedele F., Rubino R., Claps S., Sepe L., Morone G., 2005. Seasonal evolution of volatile compounds content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goat. Small Rum. Res. 59 273–279

Gałka A., Zarzycki J. and Kopeć M. (2005): Effect of different fertilisation regimes on species composition and habitat in a long-term grassland experiment, in Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity, Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation, vol. 10, p. 132-135.

George, V.C.,, Dellaire G., Vasantha Rupasinghe , H.P. 2017 Plant flavonoids in cancer chemoprevention: role in genome stability. J. Nutr. Biochem., 45 1–14

Glasser, F., Ferlay, A., and Chilliard, Y., 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. J. Dairy Sci. 91, 4687–4703

Grappin R., Coulon J.B., 1996. Terroir, lait et fromage: elements de reflexion, <Renc. Rech. Ruminants>, 3, pp. 21-28.

Kälber T., Meier JS., Kreuzer M., Leiber F., 2011. Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: Influence on fatty acids and tocopherols in milk. J. Dairy Sci. 94 :1477–1489.

Kusche D, Harstad OM, Verbič J Golecký J, Delavaud C., Chilliard, Y. Martin, B .Dawczynski, C. Kleber, M.E., März, W., Jahreis, G., Lorkowski, S., 2015. Saturated fatty acids are not off the hook. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases 25, 1071e1078.

Lombardi G., Falchero L., Coppa M. and Tava A., 2008. Volatile compounds of Alpine vegetation as markers for the traceability of 'grass-deriving' dairy products. In Biodiversity and Animal Feed Future Challenges. Proceedings of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation Uppsala, Sweden 9-12 June

2008 400-402. Edited by A. Hopkins T. Gustafsson J. Bertilsson G. Dalin N. Nilsdotter-Linde E. Spörndly.

Luciano G., Biondi L., Scerra M., Serra A., Mele M., Lanza M., Priolo A., 2013. The effect of the change from a herbage- to a concentrate-based diet on the oxidative stability of raw and cooked lamb meat. Meat Sci. 95 212–218

Martin B., Ferlay A., Pradel P., Rock E., Grolier P., Dupont D., Gruffat D., Besle J.M., Ballot N., Chilliard Y., Coulon J.B., 2002. Variabilité de la teneur des laits en constituants d'intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. Renc. Rech. Rum., 9, 347-350.

Martin, B., V. Fedele, A. Ferlay, P. Grolier, E. Rock, D. Gruffat, and Y. Chilliard, 2004. Effects of grass-based diets on the content of micronutrients and fatty acids in bovine and caprine dairy products. In Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004: 876-886. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.

Martin N., Verdier-Metz, I., Buchin S., Hurtaud C., and Coulon J.B., 2005. How do the nature of forages and pasture diversity infl uence the sensory quality of dairy livestock products?. Animal Science, 81, 205-212

Moloney A.P., Monahan F.J. and Schmidt O., 2014. Quality and authenticity of grassland products. Pag 509-520. in EGF at 50: The Future of European Grasslands. Hopkins A., Collins R.P., Fraser, M.D., King V.R., Lloyd D.C., Moorby J.M., Robson P.R.H., ed. IBERS, Aberystwyth University, Gogerddan, SY23 3EE, UK

Priolo A., Cornu A., Prache S. Krogmann M., Kondjoyan N., Micol D. and Berdagué J.-L., 2004. Fat volatile tracers of grass feeding in sheep. Meat Science 66, 475-481.

Ruiz-Núñez, B., Janneke Dijck-Brouwer, D.A., Muskiet Frits, A.J., 2016. The relation of saturated fatty acids with low-grade inflammation and cardiovascular disease. J. Nutr. Biochem. 36, 1–20.

Shingfield, K.J., Bonnet, M., Scollan, N.D., 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. Animal 7, S1 132–162.

Tornambe, G., A. Ferlay, A. Farruggia, Y. Chilliard, P. Loiseau, P. Pradel, B. Graulet, B. Chaveau-Duriot, and B. Martin. 2010a. Influence of botanical diversity and development stage of mountain pastures on milk fatty acid composition, carotenoids, fat-soluble vitamins and sensory properties. Pages 589–591 in Grassland in a Changing World. Grassland Science in Europe. Vol. 15. H. Schnyder, J. Isselstein, E. Taube, K. Auerswald, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann, M. Gierus, N. Wrage, and A. Hopkins, ed. Universitat Gottingen, Gottingen, Germany

Tornambé G., Martin B., Pradel P., Di Grigoli A., Bonanno A., Chilliard Y. and Ferlay A., 2010b. The maturity stage of the grass affects milk fatty acids of cows grazing a mountain grassland. Pages 628–630 in Grassland in a Changing World. Grassland Science in Europe. Vol. 15. H. Schnyder, J. Isselstein, E. Taube, K. Auerswald, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann, M. Gierus, N. Wrage, and A. Hopkins, ed. Universitat Gottingen, Gottingen, Germany

Vannice, G., Rasmussen, H., 2014. Position of the academy of nutrition and dietetics: dietary fatty acids for healthy adults. J. Acad. Nutr. Diet. 114, 136-153

Wyss U., Collomb M., 2010. Fatty acid composition of different grassland species. in Grassland in a Changing World. Grassland Science in Europe. Vol. 15. H. Schnyder, J. Isselstein, E. Taube, K. Auerswald, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann, M. Gierus, N. Wrage, and A. Hopkins, ed. Universitat Gottingen, Gottingen, Germany Pages 631–633

# Estrategias de alimentación en ganado caprino y su relación con el perfil de ácidos grasos, actividad antioxidante y compuestos bioáctivos en la leche

***Claudia Delgadillo Puga[1]*, Mario Cuchillo Hilario[1], Miguel Ángel Galina Hidalgo[2], Luis Enrique León Ortiz[3], Amairani Ramírez Rodríguez[3], Ledesma C. Héctor[4]***

*[1]Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Departamento de Nutrición Animal "Dr. Fernando Pérez-Gil Romo". Vasco de Quiroga No. 15 Col. Sección XVI. Tlalpan México DF. CP 4080. Tel: (55) 554 87 09 00 Ext. 2820/2824. *E-mail: claudia.delgadillop@incmnsz.mx*

*[2]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. [3]Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México.*

*[4]Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.*

## Antecedentes

La alimentación en sistemas de producción de rumiantes se rige por una planeación estratégica, misma que comprende actividades como la formulación y evaluación de decisiones para lograr el éxito de la explotación que puede ser valorado en términos de volumen de producción y/o la calidad del producto. En este sentido, nuestro grupo de trabajo ha centrado los esfuerzos de investigación en la evaluación de la calidad bioáctiva de los productos para consumo humano de origen

animal (leche, carne y sus derivados) a través de diversas estrategias de alimentación animal. La valoración de metabolitos en los productos para consumo humano responden a las características de manejo, clima, época del año, suplementación alimenticia, tipo de forrajes utilizados, así como el estado fenológico de los mismos, muchos de los cuales son considerados como recursos no convencionales (RNC). Por lo tanto, la alimentación es el factor determinante para modificar la presencia de metabolitos bioáctivos en los productos y derivados de origen animal (Galina *et al.,* 2004; Galina *et al.,* 2007; Cuchillo *et al.,* 2010a; Cuchillo *et al.,* 2010b; Cuchillo *et al.,* 2013; Delgadillo *et al.,* 2014; Delgadillo *et al.,* 2015a; Delgadillo y Cuchillo 2015; Galina 2015).

La leche ha sido utilizada como alimento humano por más de 8000 años, a cual se ha señalado que ofrece el contenido de nutrimentos necesarios para el desarrollo de los neonatos e infantes (Amigo y Fontecha, 2011). Además del aporte nutrimental, el consumo de leche de cabra puede generar algunos beneficios a la salud, por ejemplo, menor alergenicidad y mayor facilidad de absorción de la fracción lipídica que la leche bovina (Haenlein 2004). Sin embargo en los últimos años se ha catalogado el consumo de leche y de otros productos alimenticios de origen animal como dañinos para la salud, debido a su contenido de ácidos grasos saturados, ya que éstos se han relacionado con el aumento de colesterol en sangre y el incremento de riesgo de desarrollar enfermedades (Huth y Park 2012). No obstante, estos componentes no son los únicos constituyentes de la grasa en los alimentos, es posible encontrar también ácidos grasos poliinsaturados con funciones biológicas benéficas para la salud, por lo que es conveniente evaluar de manera integral el riesgo o beneficio que puede tener el consumo de la grasa dietaría. Con base en estudios realizados sobre el efecto que tienen los de ácidos grasos en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares se han desarrollado índices de riesgo y de promoción a la salud que se calculan conociendo el perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol de los alimentos (Ulbricht y Southgate 1991; Chen *et al.,* 2004). Entre estos índices se encuentran el índice trombogénico (IT), el índice aterogénico (IA), el índice de promoción a la salud (IPS) y el índice colesterol-grasa saturada (CGS). Con intención de reducir el contenido de ácidos grasos saturados e

incrementar los ácidos grasos poliinsaturados con actividad biológica se ha propuesto realizar cambios en la dieta del ganado lechero, ya que se ha observado que es el factor que más influye en la cantidad de grasa y perfil de ácidos grasos (Goetsch *et al.,* 2011). En diversos estudios se ha logrado incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados alimentando al ganado con forraje fresco o pastoreo libre (Talpur *et al.,* 2008; Tudisco *et al.,* 2010; Renna *et al.,* 2012), además de la inclusión de suplementos en la dieta tales como aceite de semillas de soya y de canola (Schmidely y Andrade 2011) o aceite de pescado (Tsiplakou y Zervas 2013).

Los resultados de un importante número de estudios mencionan que la leche proveniente de ganado alimentado a base de pastoreo aumenta la concentración de ácidos grasos insaturados sobre todo de C18:3 n-3 y Ácido Linoleico Conjugado (CLA); registrándose al mismo tiempo una disminución en la concentración de ácidos grasos saturados de cadena media en comparación con la leche de ganado alimentado con concentrados de cereales en estabulación (Chilliard *et al.,* 2007; Cuchillo *et al.,* 2010b; Goetsch *et al.,* 2011), incluso se tiene el mismo efecto al realizar el cambio abrupto de alimentación con heno y cereales en estabulación al libre pastoreo (Renna *et al.,* 2012). Este cambio en el perfil de ácidos grasos puede explicarse si se toma en cuenta que la concentración de C18:3n-3 en algunos forrajes frescos es muy alta, lo que genera que haya mayor producción de los subproductos de la hidrogenación de este ácido graso en el rumen que dan origen a la síntesis de CLA, además de que la fracción sin hidrogenación se transfiere a la leche y aumenta así la cantidad de C18:3n-3 (Renna *et al.,* 2012).

El pastoreo o alimentación con forrajes frescos no es la única manera para obtener mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la leche, un efecto similar se observa al enriquecer la dieta con semillas o extractos de ellas con alto contenido de ácidos grasos C18:1 y C18:3n-3 (Schmidely y Andrade 2011; Tsiplakou y Zervas 2013). Para lograr una mayor eficiencia se ha documentado que los lípidos de estos recursos forrajeros o extractos es preferible que se encuentren protegidos contra la hidrogenación generada por los microorganismos del rumen

(Cabiddu *et al.,* 2010; Gadeyne *et al.,* 2016). Se han reportado algunas estrategias de protección contra la biohidrogenación valorando el papel del contenido de compuestos fenólicos presentes en los forrajes; destacándose los taninos (Márquez y Suárez 2008; Patra y Saxena 2009) y la actividad de la enzima polifenol oxidasa; ambos compuestos influyen en el metabolismo de la microbiota ruminal reduciendo la hidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados C18, a través de los dos siguientes mecanismos: 1) los ácidos fenólicos presentes en la fuente de alimentación pueden ser oxidados por acción de la polifenol oxidasa, los compuestos resultantes (quinonas) pueden formar complejos con la fracción proteínica, esta unión puede disminuir la lipólisis y la hidrogenación de los ácidos grasos en el rumen. 2) Los taninos presentes pueden generar cambios en la población de algunos microorganismos del rumen como *Butyrovibrio fibrisolvens*, una de las especies más activas en la hidrogenación, lo que provoca cambios en los patrones de fermentación ruminal (Márquez y Suárez 2008; Cabiddu *et al.,* 2010), resultando en mayor transferencia de ácidos grasos poliinsaturados (C18:3, C18:1trans-11, C18:2cis-9-trans-11) a la leche. Esta trasferencia fue identificada por León y colaboradores en (2011), al alimentar ovejas lecheras con distintas especies vegetales de leguminosas ensiladas, cuantificando el contenido de los ácidos grasos poliinsaturados C18 consumidos en la dieta, así como su flujo hacia el duodeno, además del porcentaje de biohidrogenación del ácido linolénico (C18:3), destacándose el trébol rojo (*Trifolium pratense*) como el recurso forrajero con mayor influencia sobre la biohidrogenación ruminal.

Por otra parte, la producción de leche de cabra en México es estacional y la mayoría de los productores alimentan al ganado con forraje de la región en la que habitan. Algunas especies del género *Acacia* se encuentran entre las especies forrajeras utilizadas para alimentación del ganado en las regiones árida y semiárida del país. Entre las especies de este género se encuentra *Acacia farnesiana,* especie que mantiene sus frutos durante el periodo seco del año por lo que puede ser consumido por el ganado, además puede ser empleado como suplemento de las dietas de estabulación durante el invierno (García *et al.,* 2009).

El género *Acacia* es el segundo más grande de la familia de las leguminosas, cuenta con aproximadamente 1350 especies ampliamente distribuidas en el mundo, la mayor abundancia de este género se encentra en Australia (957 especies), seguida de América (185 especies), África (144 especies) y Asia (89 especies). En particular *Acacia farnesiana* (AF) o sus sinónimos *Mimosa farnesiana* L., *Vachellia farnesiana* L, se presenta como un arbusto espinoso de 1 a 2 m de altura con hojas bipinadas y alternas, espinas de 4.5 cm de largo muy aguzadas. En América, esta especie se encuentra distribuida desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina (Gómez *et al.,* 1970; Rojas y Torres 2012), mientras que en México se distribuye desde el sur de Sonora hasta Chiapas, principalmente en el bosque tropical caducifolio, en climas cálidos y semicálidos (Rzedowski 1988). AF es ampliamente utilizada en la medicina popular en la región del semiárido mexicano como infusiones de hojas, raíces, cortezas o sus mezclas, principalmente en la región de la Mixteca Poblana, además es considerado un importante recurso forrajero para el ganado caprino de la región. En la literatura se han descrito diferentes grupos de metabolitos secundarios obtenidos del género *Acacia* tales como aminas, alcaloides, aceites esenciales, aminoácidos no proteinícos, cumarinas, diterpenos, ácidos grasos, triterpenos, fitoesteroles, saponinas, flavonoides, gomas, taninos hidrolizables y condensados (Seigler 2003). Específicamente en AF se ha descrito la presencia de quercetina, ácido gálico, glucósidos de flavonoides, galato de metilo, catequina y epicatequina (Seigler 2003; Manríquez *et al.,* 2007; Cuchillo *et al.,* 2010a; Hannachi *et al.,* 2011; Maldini *et al.,* 2011; Sánchez *et al.,* 2013). Éstos compuestos, por su naturaleza química pueden participar en la modulación de diversos procesos fisiológicos (Delgadillo *et al.,* 2015b).

Toyes y colaboradores en (2013) reportaron que las hojas de AF tienen mayor cantidad de lípidos respecto a las hojas de otras especies presentes en la región semiárida del noroeste de México. En lo referente a los ácidos grasos poliinsaturados, el ácido linoleico ocupa el 19% del total de ácidos grasos y el ácido α-linolénico el 21.32%. En el extracto hexánico y clorofórmico de los frutos de AF se encontró que el ácido graso mayoritario es el linoleico con valores 39.9% y 40.5% del total de ácidos grasos respectivamente. La importancia de la presencia de estos

ácidos grasos poliinsaturados de 18 átomos de carbono es que a partir de ellos se pueden sintetizar isómeros en el rumen de importancia biológica como el ácido vacénico y el CLA (Toyes *et al.,* 2013). Se ha reportado la presencia de taninos en las semillas y vainas de AF, dichos compuestos pueden generar una reducción de biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados de interés biológico.

En estos frutos en los que hemos identificado la presencia de compuestos moleculares con actividad antioxidante (Delgadillo *et al.,* 2015b) y antiinflamatoria (datos sin publicar). En el presente documento mostramos el potencial de trasferencia de estos compuestos a la leche caprina, a través de la incorporación de harina de los frutos de *Acacia farnesiana* (Huizache) en tres niveles (10%, 20% y 30%) de sustitución en un concentrado de cereales de una dieta integral denominada convencional. La dieta convencional consiste en un concentrado de cereales (maíz, pasta de soya, sorgo y sales minerales), alfalfa henificada (*Medicago sativa*) y ensilado de maíz (*Zea mays*). Esta dieta se contrasta con el manejo de la alimentación de cabras en pastoreo (grupo control).

El experimento se llevó acabo en Querétaro, México (20°35' N, 100°18' E; 1,950 metros sobre el nivel del mar) durante el verano de 2015. 50 cabras de raza Alpina Francesa con peso vivo promedio de 50±5 kg, de primer y segundo parto (entre 2 y 3 años) fueron separados en 5 grupos de diez animales cada uno con cinco diferentes regímenes alimenticios. El grupo 1) pastoreo; grupo 2) dieta base (DB); grupo 3) DB + 10% de AF; 4) DB + 20% de AF y grupo 5) DB + 30% de AF. La dieta base (DB) estuvo compuesta por heno de alfalfa, ensilado de maíz y alimento concentrado. La dieta base se modificó incluyendo 10%, 20% y 30% de frutos molidos de *A. farnesiana* (Cuadro 1). El tratamiento señalado como pastoreo corresponde a pastoreo libre con encierro nocturno en un agostadero de 14 hectáreas clasificado como bosque espinoso caducifólio, compuesto por gramíneas (*Bouteloua curtipendula, Chloris virgata, Bothriochloa saccharoides, Leptochloa dubia, Rhynchelytrum roseum, Panicum obtusum, Bouteluoa repens, Aristida adscensionis, Setaria parviflora, Urochloa fasciulata* y *Pennisetum ciliare*), leguminosas (*Prosopis leavigata, A. farnesiana,*

*A. schaffneri, Mimosa biuncifera*), arbustos (*Celtis pallida, Psilactis brevilingulata, Jatropha dioica, Zalazania augusta var.augusta, Lippia queretarensis* y *Verbasina serrata*) y cactáceas (*Opuntia affasiacantha, O. amyctaea, O. hytiacantha, O. robusta, O. streptacanta, O. tomentosa*) entre otras (Galina *et al.,* 1998; Cuchillo *et al.,* 2013). Los animales en estabulación fueron albergados permanentemente en corrales separados dotados de un comedero lineal. A todos los animales se les ofertó agua *ad libutum*. Las cabras se ordeñaron manualmente una vez al día a las 7:30 horas durante 7 días.

Las muestras de leche colectadas de cada grupo de cabras correspondientes a los distintos tratamientos dietarios, fueron envasadas por separado en 7 lotes definidos por los días de muestreo las cuales se congelaron a -20°C y fueron liofilizadas para su conservación.

**Cuadro 1.** Composición química de las dietas (g/100 g).

| | DB | DB + 10% AF | DB + 20% AF | DB + 30% AF |
|---|---|---|---|---|
| **Materia seca** | 98.02 | 97.69 | 98.17 | 96.35 |
| **Humedad** | 1.98 | 2.31 | 1.83 | 3.65 |
| **Proteína cruda (N*6.25)** | 15.00 | 15.38 | 14.98 | 13.85 |
| **Extracto etéreo** | 3.42 | 3.08 | 2.57 | 3.40 |
| **Hidratos de carbono** | 45.13 | 45.62 | 49.53 | 51.76 |
| **Cenizas** | 15.34 | 14.85 | 13.14 | 10.21 |
| **Fibra cruda** | 19.13 | 18.76 | 17.95 | 17.13 |
| **Energía bruta (kcal/g)** | 4.67 | 4.72 | 4.64 | 3.77 |

AF: *Acacia farnesiana*; DB: dieta base constituida de heno de alfalfa, ensilado de maíz y alimento concentrado comercial; DB + 10% AF, DB + 20% AF, DB + 30% AF: corresponden al porcentaje de inclusión de frutos de AF sobre la dieta base.

En el cuadro 2 se muestra la composición química básica de la leche caprina estudiada, donde se destaca una reducción en el contenido de proteína de la leche de animales alimentados con la dieta base.

**Cuadro 2.** Composición química de la leche caprina por efecto de la incorporación dietaría de los frutos de *Acacia farnesiana* (g/100 g)

| | P | DB | DB + 10% AF | DB + 20% AF | DB + 30% AF |
|---|---|---|---|---|---|
| **Humedad** | 88.39 | 88.1 | 88.42 | 88.63 | 89.09 |
| **Proteína cruda (N*6.38)** | 3.59 | 2.61 | 3.42 | 3.34 | 3.50 |
| **Extracto etéreo** | 3.36 | 3.98 | 3.55 | 3.25 | 2.84 |
| **Cenizas** | 0.78 | 0.75 | 0.79 | 0.69 | 0.85 |
| **Hidratos de carbono** | 3.88 | 4.55 | 3.82 | 4.10 | 3.72 |
| **Energía bruta (kcal/g)** | 0.60 | 0.64 | 0.61 | 0.59 | 0.54 |

AF: *Acacia farnesiana*; DB: dieta base constituida de heno de alfalfa, ensilado de maíz y alimento concentrado comercial; P: pastoreo; DB + 10% AF, DB + 20% AF, DB + 30% AF: corresponden al porcentaje de inclusión de frutos de AF sobre la dieta base.

## Perfil de ácidos grasos

Otra valoración química de importancia que se realizó en la leche caprina, fue la identificación del perfil de los ácidos grasos, el cual se determinó a través de la comparación de los tiempos de retención cromatográficos de grasa metilada con los tiempos de retención de la mezcla estándar de ésteres metílicos de los ácidos grasos C4-C24. Con estos resultados (Cuadro 3), se pudo establecer los índices trombogénico (IT) de promoción a la salud (IPS) apoyándose con las ecuaciones descritas por Ulbricht y Southgate (1991) y Chen *et al*. (2004).

**Cuadro 3.** Perfil de ácidos grasos de leche caprina (g/100 g FAME), índices trombogénico y de promoción a la salud.

| Ácidos grasos | P | DB | DB+10%AF | DB+20%AF | DB+30%AF |
|---|---|---|---|---|---|
| **C8:0** | $0.11\pm0.02^{ab}$ | $0.23\pm0.07^{a}$ | ND | $0.14\pm0.02^{b}$ | $0.07\pm0.01^{c}$ |
| **C10:0** | $2.93\pm0.04^{b}$ | $3.65\pm0.14^{a}$ | $2.50\pm0.09^{c}$ | $1.67\pm0.08^{d}$ | $1.94\pm0.11^{e}$ |
| **C11:0** | $0.05\pm0.01^{a}$ | $0.04\pm0.01^{b}$ | $0.03\pm0.01^{b}$ | $0.04\pm0.004^{b}$ | $0.03\pm0.01^{b}$ |
| **C12:0** | $3.51\pm0.04^{b}$ | $2.80\pm0.13^{d}$ | $3.68\pm0.06^{a}$ | $3.65\pm0.09^{a}$ | $3.28\pm0.15^{c}$ |
| **C13:0** | $0.08\pm0.01^{ab}$ | $0.07\pm0.01^{a}$ | $0.09\pm0.01^{b}$ | $0.08\pm0.01^{ab}$ | $0.08\pm0.01^{ab}$ |
| **C14:0** | $12.64\pm0.27^{b}$ | $12.13\pm0.36^{c}$ | $11.80\pm0.24^{d}$ | $12.74\pm0.31^{b}$ | $13.97\pm0.09^{a}$ |
| **C15:0** | $1.12\pm0.02^{b}$ | $0.98\pm0.03^{d}$ | $1.29\pm0.02^{a}$ | $1.28\pm0.02^{a}$ | $1.03\pm0.03^{c}$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **C15:1** | 0.35±0.03$^{b}$ | 0.30±0.01$^{c}$ | 0.42±0.01$^{a}$ | 0.41±0.02$^{a}$ | 0.33±0.02$^{b}$ |
| **C16:0** | 38.26±0.52$^{b}$ | 29.94±0.63$^{d}$ | 31.91±0.92$^{c}$ | 32.09±0.54$^{c}$ | 41.36±0.51$^{a}$ |
| **C16:1** | 0.78±0.05$^{c}$ | 0.89±0.01$^{b}$ | 0.82±0.06$^{c}$ | 0.90±0.04$^{b}$ | 1.00±0.03$^{a}$ |
| **C17:0** | 0.83±0.03$^{c}$ | 0.91±0.03$^{b}$ | 1.02±0.07$^{a}$ | 0.75±0.07$^{cd}$ | 0.71±0.02$^{d}$ |
| **C17:1** | 0.37±0.02$^{d}$ | 0.41±0.01$^{c}$ | 0.50±0.5$^{a}$ | 0.44±0.02$^{b}$ | 0.35±0.01$^{e}$ |
| **C18:0** | 9.68±0.54$^{b}$ | 11.75±0.09$^{a}$ | 9.89±0.44$^{b}$ | 9.77±0.09$^{b}$ | 6.57±0.21$^{c}$ |
| **C18:1 *(cis-9)*** | 24.65±0.13$^{b}$ | 29.76±0.32$^{a}$ | 30.58±0.99$^{a}$ | 30.42±0.67$^{a}$ | 24.12±0.18$^{c}$ |
| **C18:2 *(cis-9,cis-12)*** | 2.42±0.06$^{d}$ | 3.97±0.02$^{a}$ | 3.22±0.09$^{c}$ | 3.33±0.11$^{cb}$ | 3.36±0.03$^{b}$ |
| **C18:2 *(trans-9,cis-12)*** | 0.20±0.02$^{b}$ | 0.25±0.02$^{a}$ | 0.20±0.01$^{b}$ | 0.18±0.01$^{b}$ | 0.13±0.004$^{e}$ |
| **C18:2 (*cis-9,trans-11*) (CLA)** | 0.29±0.003$^{a}$ | 0.20±0.002$^{b}$ | 0.22±0.003$^{c}$ | 0.23±0.01$^{c}$ | 0.23±0.01$^{c}$ |
| **C18:3n-*3*** | 0.67±0.04$^{b}$ | 0.78±0.04$^{a}$ | 0.53±0.03$^{c}$ | 0.57±0.09$^{bc}$ | 0.48±0.02$^{d}$ |
| **C18:3n-*6*** | 0.02±0.005$^{c}$ | 0.04±0.01$^{b}$ | 0.04±0.01$^{b}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.03±0.01$^{b}$ |
| **C20:0** | 0.32±0.01$^{b}$ | 0.25±0.02$^{c}$ | 0.35±0.02$^{a}$ | 0.38±0.03$^{a}$ | 0.26±0.005$^{c}$ |
| **C20:1** | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.05±0.004$^{b}$ | 0.05±0.01$^{b}$ |
| **C20:2n-*6*** | ND | 0.03±0.004$^{a}$ | 0.05±0.002$^{a}$ | 0.04±0.004$^{a}$ | ND |
| **C20:3n-*6*** | 0.02±0.005$^{a}$ | 0.02±0.001$^{a}$ | 0.02±0.003$^{a}$ | 0.02±0.003$^{a}$ | ND |
| **C20:3n-3** | 0.08±0.02$^{a}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.09±0.01$^{a}$ | 0.09±0.01$^{a}$ | 0.05±0.01$^{b}$ |
| **C20:4n-6** | 0.24±0.01$^{b}$ | 0.20±0.02$^{c}$ | 0.32±0.03$^{a}$ | 0.29±0.02$^{a}$ | 0.31±0.01$^{a}$ |
| **C20:5n-3** | 0.06±0.01$^{ab}$ | 0.06±0.01$^{ab}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.05±0.004$^{b}$ | 0.06±0.01$^{ab}$ |
| **C22:6n-3** | 0.06±0.01$^{a}$ | 0.04±0.003$^{b}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.07±0.001$^{a}$ | 0.08±0.01$^{a}$ |
| **C23:0** | 0.05±0.004$^{b}$ | 0.05±0.01$^{b}$ | 0.06$^{a}$±0.005 | 0.05±0.003$^{b}$ | 0.04±0.01$^{c}$ |
| **C24:0** | 0.04±0.003$^{b}$ | 0.03±0.004$^{c}$ | 0.05±0.005$^{a}$ | 0.06±0.01$^{a}$ | ND |
| **Σ AG saturados** | 69.73±0.22$^{a}$ | 62.74±0.30$^{b}$ | 62.80±1.03$^{b}$ | 62.83±0.86$^{b}$ | 69.42±0.21$^{a}$ |
| **ΣAG monoinsaturados** | 26.22±0.17$^{b}$ | 31.62±0.33$^{a}$ | 32.39±1.0$^{a}$ | 32.23±0.66$^{a}$ | 25.85±0.17$^{c}$ |
| **ΣAG poliinsaturados** | 4.05±0.08$^{c}$ | 5.64±0.08$^{a}$ | 4.81±0.05$^{b}$ | 4.95±0.22$^{b}$ | 4.74±0.07$^{b}$ |
| **Σn-6** | 2.89±0.05$^{c}$ | 4.48±0.07$^{a}$ | 3.81±0.06$^{b}$ | 3.93±0.13$^{b}$ | 3.83±0.04$^{b}$ |
| **Σn-3** | 0.87±0.07$^{b}$ | 0.96±0.10$^{a}$ | 0.77±0.04$^{c}$ | 0.79±0.10$^{bc}$ | 0.67±0.03$^{d}$ |
| **n-6/n-3** | 3.34±0.27$^{c}$ | 4.70±0.27$^{b}$ | 4.99±0.28$^{b}$ | 5.05±0.55$^{ab}$ | 5.70±0.21$^{a}$ |
| **IPS** | 0.32±0.01$^{c}$ | 0.46±0.01$^{a}$ | 0.45±0.02$^{ab}$ | 0.43±0.02$^{b}$ | 0.30±0.003$^{d}$ |
| **IT** | 3.47±0.06$^{b}$ | 2.55±0.04$^{c}$ | 2.61±0.01$^{c}$ | 2.65±0.12$^{c}$ | 3.63±0.05$^{a}$ |

FAME: Ésteres metílicos de ácidos grasos; AF: *Acacia farnesiana*; DB: dieta base constituida de heno de alfalfa, ensilado de maíz y alimento concentrado comercial; P: pastoreo libre; DB + 10% AF, DB + 20% AF, DB + 30% AF: corresponden al porcentaje de inclusión de frutos de AF sobre la dieta base; CLA: ácido linoleico conjugado; ΣAG: suma de ácidos grasos; Σn-6: suma de ácidos grasos poliinsaturados n-6; Σn-3:

suma de ácidos grasos poliinsaturados n-3 IPS: índice de promoción a la salud; IT: índice trombogénico. [a,b,c,d,e]Valores con letras diferentes tienen diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

Estos resultados destacan que la suma de ácidos grasos saturados (AGS) fue mayor en la leche de las cabras alimentadas mediante pastoreo y para el tratamiento en el que se incluyó 30% de frutos de AF en comparación con el resto de los tratamientos. Es importante mencionar que estos resultados contrastan con los reportados en otros estudios donde el contenido de AGS disminuyen cuando los animales se alimentan mediante pastoreo libre, respecto a dietas con heno y cereales en estabulación (Talpur *et al.,* 2008; Tudisco *et al.,* 2010; Renna *et al.,* 2012). Regularmente, la pastura fresca tiene mayor cantidad de ácidos grasos C18:2n-6 y C18:3n-3 que el heno y los concentrados de cereales empleados en su mayoría durante la estabulación. La cantidad de los ácidos grasos mencionados y los productos de su hidrogenación en el rumen pueden influir en la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria. Por otra parte, se ha observado que al incrementar la cantidad de C18:2n-6 y C18:3n-3 dietarios, incrementan la cantidad de sus productos de hidrogenación ruminal y disminuye la síntesis de AGS en la glándula mamaria (Chilliard *et al.,* 2003; Sanz Sampelayo *et al.,* 2007). Sin embargo, la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) en la dieta depende de las especies vegetales en el área de pastoreo, la etapa fenológica de las especies vegetales y la calidad del forraje suministrado. Por ejemplo, si el heno se obtiene de los primeros brotes de pastura, puede tener mayor contenido de AGI. Un efecto inverso se obtiene si se suministra pastura madura o en floración (Steinshamn *et al.,* 2014). Además de la cantidad de origen de ácidos grasos poliinsaturados presente en la dieta, la disponibilidad de que éstos ácidos grasos puedan ser biohidrogenados por los microorganismos ruminales determinan su presencia posterior en la leche. Es decir, si el porcentaje de hidrogenación es bajo, C18:2n-6 y C18:3n-3 pasarán intactos al intestino y la cantidad de éstos en la leche aumentará. Este resultado que se observó en un estudio realizado con vacas, donde se encontró que la transferencia de C18:2n-6 y C18:3n-3 de la dieta a la leche fue mayor al suministrar heno, comparado con el grupo de vacas al que se suministró forraje fresco (Ferlay *et al*., 2006). En el presente

estudio, se obtuvo mayor cantidad de C18:2n-6 y C18:3n-3 en la leche de cabras alimentadas con la dieta base, que fue la que contenía mayor proporción de heno de alfalfa. Aunque no se analizó el perfil de ácidos grasos de las dietas suministradas, es posible que los ácidos grasos C18:2n-6 y C18:3n-3 presentes en la dieta hayan tenido protección contra la biohidrogenación ruminal. Steinshamn y colaboradores en (2014) compararon el contenido de C18:1trans-11 y CLA de dos grupos de cabras alimentados con heno de *Phleum pratense* L. de diferente calidad, donde se obtuvo una mayor cantidad de dichos ácidos grasos en la leche del grupo de cabras que consumieron heno con menor proporción de C18:2n-6 y C18:3n-3, este efecto fue relacionado con una reducción de la hidrogenación en el rumen. El C18:2*cis*-9, *trans*-11 (CLA) presente en la leche puede ser originado en el rumen por la hidrogenación e isomerización los AGP C18:2n-6 y C18:3n-3 ó en la glándula mamaria por la actividad de la estearoíl-CoA 9-desaturasa, que puede llevar a cabo una reacción de deshidrogenación para tener un doble enlace entre los átomos de carbono en las posiciones 9 y 10 del C18:1*trans*-11 (Griinari *et al.,* 2000; Chilliard *et al.,* 2003; Chilliard *et al.,* 2007; Sanz Sampelayo *et al.,* 2007). Se ha informado que entre el 63% y 97% del C18:2 *cis*-9,*trans*-11 presente en la leche es sintetizado en la glándula mamaria (Tudisco *et al.,* 2010). En el presente estudio, la mayor cantidad de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 se registró en la leche proveniente de las cabras alimentadas mediante pastoreo, seguido de los tratamientos con 10%, 20% y 30% de inclusión de AF. Menor valor se observó en la leche de la dieta base.

Es este sentido, se puede identificar que la estrategia de alimentación basal pudo influir en el reducción del proceso de biohidrogenación de los C18:2n-6 y C18:3n-3, lo que resulto en una menor cantidad de C18:1 *trans*-11 y por tanto, menor cantidad de CLA. Sin embargo, para lograr hacer un análisis más amplio del grado de biohidrogenación es necesario obtener el perfil de ácidos grasos de la dieta y la cuantificación de ácido vacénico, así como de compuestos fenólicos como taninos y posible actividad de la polifenol oxidasa ya que se ha observado que éstos pueden modificar el patrón de biohidrogenación de los ácidos grasos (Márquez y Suárez 2008; Cabiddu *et al.,* 2010; León *et al.,* 2011).

La cantidad de C18:0 fue mayor para la leche de la dieta base, sin diferencia significativa (P≤ 0.05) entre la leche proveniente de pastoreo y los tratamientos con 10% y 20% de inclusión de AF. Se obtuvo el valor menor para la leche del tratamiento con 30% de inclusión de AF. El contenido de C18:1*cis*-9 fue mayor para la leche de la dieta base y para los tratamientos con 10% y 20% de AF, y menor para la de pastoreo y 30% de AF. Este ácido graso puede provenir de la dieta o de la síntesis en la glándula mamaria por la estearoíl-CoA 9-desaturasa con el C18:0 como sustrato (Tudisco *et al.,* 2010). Un aumento en la proporción de ácidos grasos de cadena larga puede generar disminución de la síntesis de *novo* en la glándula mamaria, es decir, disminución de la proporción de C4:0-C16:0 (Chilliard *et al.,* 2007).

La cantidad de ácido eicosapentanoico (EPA) no presentó variaciones significativas con el cambio de la dieta, lo que sí sucede con el ácido docasahexanoico (DHA), el cual se registró menor cantidad en la leche de la dieta base y no se observó diferencia significativa entre los valores de este ácido graso en la leche de pastoreo, ni en los tratamientos con inclusión de AF.

Tanto el índice de promoción a la salud (IPS), el índice trombogénico (IT) se calculan conociendo el perfil de ácidos grasos de un alimento. Tomando los índices como parámetros se puede considerar más benéfico el consumo de un alimento si su valor de IPS es mayor ó sus valores de IT menores respecto al de otros (Sinanoglou *et al.,* 2013; Nantapo *et al.,* 2014). La ecuación para calcular el IPS presentada por Chen et al. (2004) corresponde al inverso multiplicativo de la ecuación para calcular el índice aterogénico (IA) presentada por Ulbricht y Southgate (1991). Por otra parte, en el presente estudio se observó un mayor valor IPS para la leche de los animales alimentados con dieta base, dicho valor fue 0.46 sin diferencia con el valor correspondiente a la leche del tratamiento con inclusión de 10% de AF. A su vez, este último tratamiento (10% de AF) no presentó diferencia con el tratamiento de 20% de inclusión de AF. Los valores menores del IPS se presentaron en la leche de pastoreo y el tratamiento con 30% de inclusión de AF. La variación de los valores del índice trombogénico (IT) es inversamente proporcional al observar el índice de IPS con valores menores para

la leche de la dieta base y con 10% y 20% de AF, sin diferencia entre estos tratamientos. La leche de pastoreo obtuvo un valor de 3.47 y el valor más alto para la leche proveniente del 30% de inclusión de AF (IPS=3.63).

Los índices fueron calculados de acuerdo con las evidencias clínicas existentes respecto a la relación entre los ácidos grasos circulantes en el torrente sanguíneo y los niveles de lipoproteínas de baja densidad ó la incidencia de accidentes cardiovasculares (Connor *et al*., 1986; (Ulbricht y Southgate 1991). Si se consideran los resultados de algunos estudios recientes sobre la relación de los ácidos grasos con la incidencia de enfermedades cardiovasculares, podría suponerse que con el cálculo de los índices esté sobrevalorándose ó subestimándose el efecto de algunos ácidos grasos sobre los niveles de colesterol ó su efecto cardioprotector. Un ejemplo de ello es que se ha observado que no todos los ácidos grasos saturados tienen relación positiva con el desarrollo de cardiopatías (Baum *et al.,* 2012), además se ha propuesto que la ingesta excesiva de hidratos de carbono refinados, como la fructosa, puede influir más en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares que la ingesta de ácidos grasos saturados (Parodi 2016), una ingesta alta en fructosa puede producir cambios metabólicos adversos, como el aumento de los triglicéridos plasmáticos, la resistencia a la insulina hepática y la esteatosis hepática (Tappy *et al*., 2010), esto se debe a que la fructosa puede alterar el metabolismo normal de los lípidos en el hígado generando aumentos no regulados de piruvato, asi el piruvato entra en las mitocondrias a través de piruvato deshidrogenasa y forma acetil coenzima A (acetil-CoA), esta actúa como fuente de carbono para tres vías diferentes: el ciclo del ácido cítrico, la lipogénesis y la formación de cuerpos cetónicos. En las vías lipogénicas, acetil-CoA se transporta a través de la membrana mitocondrial como citrato y se restaura a acetil-CoA en el citosol mitocondrial por ATP citrato liasa. Aquí, acetil-CoA actúa como un sustrato para la producción de ácidos grasos de cadena larga. El complejo multienzimático ácido graso sintasa ayuda a facilitar la conversión de acetil-CoA en ácidos grasos de cadena larga (Tappy & Le, 2010).

En algunos estudios clínicos en los que se cuantificaron ácidos grasos en plasma y eritrocitos de pacientes con hipercolesterolemia o hipertriacilgliceridemia, considerados factores de riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares, se encontraron niveles altos de C14:0, C16:0 y C18:0, y niveles bajos de C15:0 y C17:0, por lo que se ha considerado que estos dos últimos ácidos grasos no guardan relación con el riesgo de padecer alguna enfermedad cardiovascular (Dawczynski *et al.,* 2015). Por el contrario, se ha sugerido que la presencia de los ácidos grasos C15:0 y C17:0 en el torrente sanguíneo es un marcador del consumo de leche y productos lácteos ya que no son sintetizados en el cuerpo humano y son encontrados en el plasma sanguíneo cuando se ha consumido dichos alimentos (Parodi 2016). Además, se ha relacionado el consumo de productos lácteos con la reducción del riesgo de presentar un primer evento de infarto de miocardio (Warensjö *et al.,* 2004; Warensjö *et al.,* 2010), en otros trabajos se ha propuesto también que el consumo de grasa de alimentos de origen lácteo puede tener efecto cardioprotector (Biong *et al.,* 2005; Larsson *et al.,* 2012; Astrup 2014).

Al comparar los valores de la relación n-6/n-3 se observó que el valor menor se obtuvo para la leche de pastoreo y el mayor para la leche del 30% de inclusión de AF. En la dieta se busca que la proporción de n-3 consumida sea mayor que la de n-6, lo que quiere decir que un alimento es mejor si su relación n-6/n-3 es menor (Simopoulos 2016). Esto se recomienda considerando que los eicosanoides derivados del metabolismo del ácido linoleico (C18:2n-6) como prostaglandinas de la serie 2 y leucotrienos de la serie 4 tienen efecto proinflamatorio. Por el contrario, los eicosanoides derivados del metabolismo del ácido α-linolénico (C18:3n-3) como prostaglandinas de la serie 3 y leucotrienos de la serie 5 tienen efecto antiinflamatorio (Calder 2013; Calder *et al.,* 2013). En el cálculo del IT se tomó en cuenta la relación de estos ácidos grasos poliinsaturados así como la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados considerando su efecto antitrombogénico, que se ha reportado en diversos estudios clínicos (Baum *et al.,* 2012; Simopoulos 2016). Los AGP n-6 y n-3 no son los únicos presentes en la leche que pueden ejercer efectos benéficos en la salud. Se ha observado que el CLA puede tener actividad antiinflamatoria (Viladomiu *et al.,* 2016) y

que el consumo de éste ácido graso está relacionado con la reducción de la concentración de colesterol en sangre y con la reducción de la presión sanguínea (Koba y Yanagita 2014; Yang *et al.,* 2015; Kim *et al.,* 2016).

Con el cálculo de los índices presentados sólo se evalúan los ácidos grasos que pueden ejercer algún efecto en el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, sin embargo, dichos ácidos grasos no son los únicos presentes en la leche de cabra que pueden tener efectos benéficos en la salud. Los ácidos grasos caproico, caprílico y cáprico (C6:0, C8:0 y C10:0) han sido utilizados en el tratamiento de pacientes con problemas de absorción de nutrimentos, insuficiencia pancreática, infantes con desnutrición y pacientes con epilepsia debido a la facilidad de absorción de estos compuestos, ya que, al contrario de lo que ocurre con los ácidos grasos de cadena larga, son absorbidos por las células intestinales sin necesidad de ser esterificados, lo que facilita su absorción por la vena porta directamente del intestino para ser transferidos al resto de los tejidos (Sanz Sampelayo *et al.,* 2007). En ensayos *in vitro*, se ha comprobado que estos ácidos grasos pueden disminuir la viabilidad de células de carcinomas de piel, colorectal y mamario (Narayanan *et al.,* 2015). En el presente estudio fue posible cuantificar C8:0 y C10:0 en las muestras de leche, la mayor proporción de éstos se encontró en la leche de cabras alimentadas con la dieta base, la suma de ambos en este tratamiento fue 3.88% de los ácidos grasos que es un valor menor a la proporción de ácidos grasos C6:0-C10:0 en leche de cabras reportada por otros autores, aproximadamente 15% (Razzaghi *et al.,* 2015). En el presente estudio no se identificó C6:0, posiblemente debido al almacenamiento de la leche en congelación y a temperatura ambiente aunada al proceso de liofilización y lipólisis generada por enzimas de bacterias psicrófilas (Páez *et al.,* 2006; Fonseca *et al.,* 2013).

Además es posible que si están presentes como ácidos grasos libres sean susceptibles de evaporación durante el proceso de cuantificación (saponificación y esterificación).

## Polifenoles, ácidos hidroxicinámicos y flavonoides

Por otra parte, en este estudio de evaluó el contenido de polifenoles en los extractos de la leche de cabra, los resultados se muestran en el Cuadro 4, expresándose en diferentes concentraciones con el objetivo de tener un panorama más amplio de comparación.

**Cuadro 4.** Contenido de polifenoles totales (mg de equivalentes de ácido gálico) en leche de cabra, expresado en diferentes concentraciones.

| Extracto | mg eq AG/g materia seca | mg eq AG/ 100 g materia seca | mg eq AG/100 mL leche | mg eq AG/100 L leche |
|---|---|---|---|---|
| **Pastoreo** | 1.56 ±0.20$^{ab}$ | 155.52 ±19.52$^{ab}$ | 23.16 ±2.91$^{ab}$ | 231.61 ±29.06$^{ab}$ |
| **DB** | 1.12 ±0.12$^{d}$ | 111.97 ±11.79$^{d}$ | 15.94 ±1.68$^{d}$ | 159.42 ±16.79$^{d}$ |
| **DB +** 10% AF | 1.29 ±0.18$^{bcd}$ | 128.59 ±17.77$^{bcd}$ | 17.98 ±2.48$^{bcd}$ | 179.78 ±24.85$^{bcd}$ |
| **DB +** 20% AF | 1.51 ±0.19$^{abc}$ | 150.53 ±19.22$^{abc}$ | 20.06 ±2.56$^{bc}$ | 200.63 ±25.62$^{bc}$ |
| **DB +** 30% AF | 2.06 ±0.44$^{a}$ | 205.86 ±44.03$^{a}$ | 30.55 ±6.53$^{a}$ | 305.50 ±65.34$^{a}$ |

DB: dieta base; P: pastoreo; DB + 10% AF, DB + 20% AF y DB + 30% AF: porcentaje de inclusión de los frutos de *Acacia farnesiana* sobre la dieta base, respectivamente; eq AG: equivalentes de ácido gálico. $^{a,b,c,d}$Valores con literales diferentes indican diferencia estadística significativa (P>0.05).

A partir de cada uno de los extractos de leche de cabra se determinó la presencia de diferentes compuestos a través de HPLC, agrupándose en dos grupos: ácidos fenólicos y flavonoides. En cada grupo, se ubicaron diferentes estándares de referencia; para cada uno se realizó una curva de calibración, y en relación a su tiempo de retención y área se pudo cuantificar su presencia en las leche estudiadas en este ensayo (Cuadro 5).

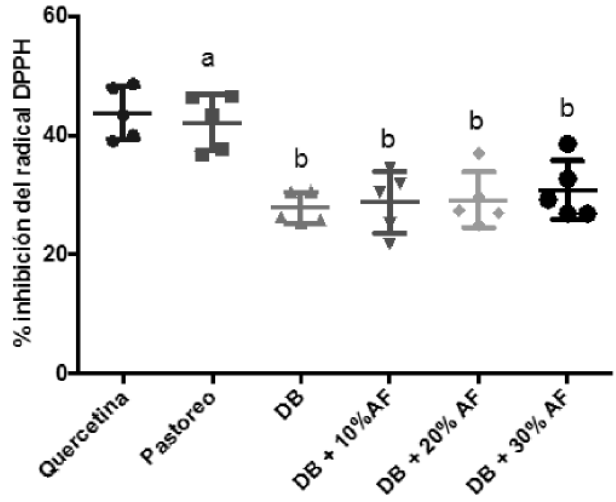
| | Pastoreo | | Dieta Base | | DB + 10% AF | | DB + 20% AF | | DB + 30% AF | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Compuesto** | † | § | † | § | † | § | † | § | † | § |
| Á. cafeico | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI |
| Á. clorogénico | 10.70±9.45[a] | 1.23 ±1.09[a] | NI | NI | 2.50±2.73[c] | 0.29±0.31[c] | 4.94±2.90[c] | 0.570±0.33[c] | 10.43±3.83[a] | 1.204±0.44[a] |
| Ácido ferúlico | 4.86±2.96[a] | 0.56 ±0.34[a] | NI | NI | 1.68±0.31[c] | 0.19±0.0[c] | 1.06±0.73[c] | 0.12±0.08[c] | 2.47 ±0.9[b] | 0.29±0.11[b] |
| Ácido gálico | 1.12±0.58[a] | 0.13 ±0.07[a] | NI | NI | 0.86±0.38[a] | 0.10±0.04[a] | 0.86±0.64[a] | 0.10±0.07[a] | 0.77±1.26[a] | 0.088±0.15[a] |
| Catequina | 3.65±3.14 | 0.42 ±0.36 | NI | NI | 0.95±2.73 | 0.11±0.02 | 1.14±0.29 | 0.13±0.03 | 1.26±1.06 | 0.15±0.12 |
| Epicatequina | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI |
| Quercetina | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI |

**Cuadro 5.** Concentración (mg/100g de extracto seco†; mg/100 mL de leche líquida§) de diferentes compuestos bioáctivos en leche caprinaDB + 10% AF, DB + 20% AF y DB + 30% AF: porcentaje de inclusión de frutos de *Acacia farnesiana* sobre la dieta base respectivamente; NI: No Identificado. [a,b,c]Valores con literales diferentes indican diferencia estadística significativa (P>0.05).

En cuanto a la identificación de los ácidos fenólicos, el más abundante en todos los extractos de leche fue el ácido clorogénico, ubicándose en una mayor concentración en el extracto de la leche de pastoreo de 10.7 mg/100g de extracto seco, para los ácidos ferúlico y gálico se registraron valores de 4.9 y 1.1 mg/ 100g de extracto seco, respectivamente. Para los flavonoides, el único el compuesto cuantificable fue la catequina. Con una concentración de 3.7 mg/100g de extracto seco en la leche de pastoreo.

**Actividad antioxidante por la estabilidad del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)**

Los resultados no mostraron diferencia significativa (P<0.05) entre los extractos de la leche caprina donde se incorporaron a la dieta base 10%, 20% y 30% de los frutos de AF, así como en la dieta base. Siendo mayor la estabilidad del radical DPPH en el extracto de la leche proveniente del sistema de alimentación en pastoreo, siendo estadísticamente diferente (P>0.05) al resto de los tratamientos.




**Grafica 1.** Porcentaje de inhibición del radical libre DPPH, por efecto de la incorporación de los extractos de leche caprina. Donde; P: Pastoreo; DB: Dieta base; DB + 10% AF, DB + 20% AF y DB + 30% AF: porcentaje de inclusión de frutos de *Acacia farnesiana* sobre la dieta base respectivamente. [a,b]Valores con literales diferentes indican diferencia estadística significativa (P>0.05).

## Actividad antioxidante a través de la absorción del radical oxígeno (ORAC)

La capacidad de absorción del radical oxígeno de los extractos de la leche caprina se muestra en el Cuadro 6. Expresándose en diferentes concentraciones con el objetivo de tener un panorama más amplio de comparación.

**Cuadro 6.** Capacidad de absorción del radical oxígeno (mg de eq de Trolox) de los extractos de leche caprina, expresados en diferentes concentraciones.

| Extracto | mM eq de Trolox/g materia seca | mM eq de Trolox/100 g materia seca | mM eq de Trolox/100 mL leche | mM eq de Trolox/L leche |
|---|---|---|---|---|
| **Pastoreo** | 4.11 ±0.11[a] | 441.13 ±11.60[a] | 48.97 ±1.29[a] | 489.66 ±12.88[a] |
| **Dieta Base** | 1.74 ±0.08[d] | 186.97 ±8.43[d] | 20.94 ±0.94[d] | 209.40 ±9.45[d] |
| **DB + 10% AF** | 3.16 ±0.13[c] | 338.72 ±13.78[c] | 38.95 ±1.58[c] | 389.53 ±15.85[c] |
| **DB + 20% AF** | 3.46 ±0.09[b] | 371.02 ±9.90[b] | 42.67 ±1.14[b] | 426.68 ±11.38[b] |
| **DB + 30% AF** | 4.96 ±0.40[a] | 424.72 ±42.73[a] | 47.57 ±4.79[a] | 475.69 ±47.86[a] |

DB + 10% AF, 20% AF DB + y DB + 30% AF: porcentaje de inclusión de frutos de *Acacia farnesiana* sobre sobre la dieta base respectivamente. [a,b,c]Valores con literales diferentes tienen diferencia estadística significativa (P>0.05).

DPPH es un ensayo extensamente usado para determinar la actividad de barrido de radicales libres en muestras biológicas y se basa en la aceptación de átomos de hidrógeno o electrones donados por antioxidantes (Cuchillo *et al.,* 2010a; Delgadillo *et al.,* 2015a). Delgadillo y colaboradores en (2015b) reportaron que el género *Acacia* es reconocido como una rica fuente de fitoquímicos sin embargo mencionan que el perfil de los frutos *A. farnesiana* no ha sido objeto de estudio completo. En ensayos previos identificaron en los frutos de AF un efecto protector sobre la capacidad de estabilidad del radical DPPH *in vitro* e *in vivo*, estos antecedentes permiten inferir que las muestras analizadas en este estudio pudieran tener esta capacidad por la adición de *A. farnesiana* en la alimentación caprina. En este estudio se reportó una inhibición del 95.2% superior al obtenido en este estudio el cual fue de tan solo 30.8%. Oh y colaboradores (2013), reportaron resultados de la capacidad de eliminación de radical DPPH

evaluando la interacción de las proteínas con la lactosa de la leche, conocida esta interacción como la reacción de Maillar o pardeamiento no enzimático, la cual es una reacción compleja que se produce entre los grupos carbonilo del azúcar reductor y amina de la proteína. Estos autores reportan un porcentaje menor al 20% para la interacción de lactosa con caseína y menor al 40% para la interacción de proteína de suero con lactosa. Pudiera pensarse que los resultados del porcentaje de inhibición de radical de DPPH de este estudio también están determinados por estas interacciones, que se ven favorecidas con el incremento de la temperatura y la reacción que ocurre en medio ácido o alcalino, siendo más favorecida por las reacciones alcalinas, este fenómeno pudo verse favorecido ya que la leche de cabra registra valores de pH que oscila entre 6.5 y 6.8 (Park *et al.,* 2007).

## Conclusiones

Los resultados indican que la leche de las cabras alimentadas mediante pastoreo contiene mayor proporción de ácido linoleico conjugado respecto a la leche de la dieta base y la leche de los tratamientos con 10%, 20% y 30% de inclusión de frutos de *Acacia farnesiana*. El mayor valor del índice de riesgo y promoción a la salud se obtuvo para la leche proveniente de la dieta base y con 10% de inclusión de *A. farnesiana.* Para la leche proveniente de las cabras alimentadas con dieta base y con 10% de inclusión de *A. farnesiana* en la dieta se obtuvo menor valor de índice trombogénico respecto a la leche del resto de los tratamientos dietarios. La actividad antioxidante de los extractos de leche reportados en este estudio sugiere la posible transferencia de componentes antioxidantes por la adición de los frutos de *A. farnesiana*. La incorporación de estos recursos no convencionales en la alimentación de los rumiantes debe evaluarse más a fondo para conocer todos los posibles compuestos bioáctivos que pudieran influir en la actividad antioxidante de la leche caprina.

## Bibliografía

Amigo, L., Fontecha, J. (2011). Goat Milk. In Enciclopedy of dairy science, 2nd edition pp. 484-493. Elsevier Ltd. Amsterda, NL.

Astrup, A. 2014. Yogurt and dairy product consumption to prevent cardiometabolic diseases: epidemiologic and experimental studies. The American Journal of Clinical Nutrition, 99: 1235S-1242S.

Baum, S.J., Kris-Etherton, P.M., Willett, W.C., Lichtenstein, A.H., Rudel, L.L., Maki, K.C., Whelan, J., Ramsden, C.E. y Block, R.C. 2012. Fatty acids in cardiovascular health and disease: a comprehensive update. *Journal of Clinical Lipidology,* 6: 216-234.

Biong, A.S., Veierod, M.B., Ringstad, J., Thelle, D.S. y Pedersen, J.I. 2005. Intake of milk fat, reflected in adipose tissue fatty acids and risk of myocardial infarction: a case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition,* 60: 236-244.

Cabiddu, A., Salis, L., Tweed, J.K.S., Molle, G., Decandia, M. y Lee, M.R.F. 2010. The influence of plant polyphenols on lipolysis and biohydrogenation in dried forages at different phenological stages: in vitro study. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 90: 829-835.

Calder, P.C. 2013. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *British Journal of Clinical Pharmacology,* 75: 645-662.

Calder, P.C., Ahluwalia, N., Albers, R., Bosco, N., Bourdet-Sicard, R., Haller, D., Holgate, S.T., Jönsson, L.S., Latulippe, M.E., Marcos, A., Moreines, J., M'Rini, C., Müller, M., Pawelec, G., van Neerven, R.J.J., Watzl, B. y Zhao, J. 2013. A consideration of biomarkers to be used for evaluation of inflammation in human nutritional studies. *British Journal of Nutrition,* 109: S1-S34.

Cuchillo, H.M., Puga, D.C., Navarro, O.A. y Pérez-Gíl, R.F. 2010a. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research,* 77: 20-26.

Cuchillo, H.M., Puga, D.C., Wrage-Mönning, N., Espinosa, M.J.G., Montaño, B.S., Navarro-Ocaña, A., Ledesma, J.A., Diaz, M.M. y Pérez-Gil, R.F. 2013. Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species ingested by goats

on semiarid rangelands. *Journal of Animal and Feed Sciences,* 22: 106-115.

Cuchillo, H.M., Puga, D.C., Wrage, N. y Pérez-Gíl, R.F. 2010b. Feeding goats on scrubby Mexican rangeland and pasteurization: Influences on milk and artisan cheese quality. *Tropical Animal Health and Production,* 42: 1127-1134.

Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E.G., Luhman, C.M., Boylston, T.D., Freeman, A.E. y Beitz, D.C. 2004. Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 52: 3422-3428.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. y Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of dairy science,* 86: 1751-1770.

Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J. y Doreau, M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology,* 109: 828-855.

Connor, S., Artaud-wild, Classick- Kohn C., Gustafson J., Flavell D., Hatcher L, Connor W. 1986. The cholesterol/saturated-fat index: an indication of the hypercholesterolaemic and atherogenic potential of food. *The Lancet*, 327(8492): 1229-1232.

Dawczynski, C., Kleber, M.E., März, W., Jahreis, G. y Lorkowski, S. 2015. Saturated fatty acids are not off the hook. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases,* 25: 1071-1078.

Delgadillo, P.C., Castillo, D.R.M., Cuchillo, H.M., Díaz, M.M., Pérez-Gíl, R.F. y Montaño, B.S. 2015a. Radical scavenging activity and health and risk fatty acid indices of soft goats' milk cheeses. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal,* 23: 21-26.

Delgadillo, P.C. y Cuchillo, H.M., 2015: Compuestos bioactivos en productos lácteos con capacidad antiinflamatoria y antioxidante, In: Galina, M.H. (ed.), El modelo de Latte Nobile otra vía de producción de leche. Omega 3, leche de pastoreo y manejo

integral del sistema. Puerta Abierta Editores, Colima. Mexico., 109-125.

Delgadillo, P.C., Cuchillo, H.M., Espinosa, M.J.G., Medina, C.O., Molina, J.E., Díaz, M.M., Álvarez, I.M.A., Ledesma, S.J.A. y Pedraza-Chaverri, J. 2015b. Antioxidant activity and protection against oxidative-induced damage of Acacia shaffneri and Acacia farnesiana pods extracts: in vitro and in vivo assays. *BMC Complementary and Alternative Medicine,* 15: 1-8.

Delgadillo, P.C., Sánchez, M.B., Nahed, T.J., Cuchillo, H.M., Díaz, M.M., Solis, Z.R., Reyes, H.A. y Castillo, D.R.M. 2014. Fatty acid content, health and risk indices, physicochemical composition, and somatic cell counts of milk from organic and conventional farming systems in tropical south-eastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production,* 46: 883-888.

Ferlay, A., Martin, B., Pradel, Ph., Coulon, J.B., Chilliard, Y. 2006. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and montbéliarde cow breeds. *Journal of Dairy Science.,* 89: 4026–4041.

Fonseca, C.R., Bordin, K., Fernandes, A.M., Rodrigues, C.E.C., Corassin, C.H., Cruz, A.G. y Oliveira, C.A.F. 2013. Storage of refrigerated raw goat milk affecting the quality of whole milk powder. *Journal of Dairy Science.,* 96: 4716-4724.

Gadeyne, F., De Neve, N., Vlaeminck, B., Claeys, E., Van der Meeren, P. y Fievez, V. 2016. Polyphenol oxidase containing sidestreams as emulsifiers of rumen bypass linseed oil emulsions: interfacial characterization and efficacy of protection against in vitro ruminal biohydrogenation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 64: 3749-3759.

Galina, M.A., Guerrero, M., Puga, C.D. y Haenlein, G.F.W. 2004. Effects of slow-intake urea supplementation on goat kids pasturing natural Mexican rangeland. *Small Ruminant Research,* 55: 85-95.

Galina, M.A., Osnaya, F., Cuchillo, H.M. y Haenlein, G.F.W. 2007. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Ruminant Research,* 71: 264-272.

Galina, M.A., Puga, D.C., Hernández, A. y Haenlein, G.F.W. 1998. Biodiverse and biosustainable production system with goats in Mexico: importance of a forage bank. *Small Ruminant Research,* 27: 19-23.

Galina, M.H., 2015: El modelo de Latte Nobile otra vía de producción de leche, In: Galina, M.H. (ed.), El modelo de Latte Nobile otra vía de producción de leche. Omega 3, leche de pastoreo y manejo integral del sistema. Puerta Abierta Editores, Colima. Mexico., 9-38.

García, W.L., Goñi, C.S., Olguín, L.P., Díaz, S.G. y Arriaga, J.C. 2009. Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in Mexico. *Tropical Animal Health and Production,* 41: 1615-1621.

Goetsch, A.L., Zeng, S.S. y Gipson, T.A. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research,* 101: 55-63.

Gómez, L.F., Signoret, J. y Abuín, M., 1970: *Mezquites y huizaches: algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros Prosopis y Acacia en México*. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C, Ciudad de México. México.

Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V. y Bauman, D.E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ9-desaturase. *The Journal of Nutrition,* 130: 2285-2291.

Haenlein, G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research,* 51: 155-163.

Hannachi, H., Elfalle, W., Ennajeh, I., Laajel, M., Khouja, M.L., Ferchichi, A. y Nasri, N. 2011. Chemicals profiling and antioxidants activities of Acacia seeds. *J Med Plants Res*.

Huth, P.J. y Park, K.M. 2012. Influence of dairy product and milk fat consumption on cardiovascular disease risk: a review of the evidence. *Advances in Nutrition,* 3: 266-285.

Kim, B., Lim, H.R., Lee, H., Lee, H., Kang, W. y Kim, E. 2016. The effects of conjugated linoleic acid (CLA) on metabolic syndrome patients: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods,* 25: 588-598.

Koba, K. y Yanagita, T. 2014. Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obesity Research and Clinical Practice,* 8: e525-e532.

Larsson, S.C., Virtamo, J. y Wolk, A. 2012. Dairy consumption and risk of stroke in Swedish women and men. *Stroke,* 43: 1775-1780.

León, C.J.M., Pabón, R.M.L. y Carulla, F.J.E. 2011. Pasture traits and conjugated linoleic acid (CLA) content in milk. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias,* 24: 63-73.

Maldini, M., Montoro, P., Hamed, A.I., Mahalel, U.A., Oleszek, W., Stochmal, A. y Piacente, S. 2011. Strong antioxidant phenolics from Acacia nilotica: profiling by ESI-MS and qualitative-quantitative determination by LC–ESI-MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis,* 56: 228-239.

Manríquez, T.J.J., Zúñiga, E.A., González, L.M. y Torres, V.J.M. 2007. The antibacterial metabolites and proacacipetalin from *Acacia cochliacantha*. *Journal of the Mexican Chemical Society,* 51: 228-231.

Márquez, L.D. y Suárez, L.A. 2008. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *2008*: 23.

Nantapo, C.T.W., Muchenje, V. y Hugo, A. 2014. Atherogenicity index and health-related fatty acids in different stages of lactation from Friesian, Jersey and Friesian × Jersey cross cow milk under a pasture-based dairy system. *Food Chemistry,* 146: 127-133.

Narayanan, A., Baskaran, S., Amalaradjou, M. y Venkitanarayanan, K. 2015. Anticarcinogenic properties of medium chain fatty acids on human colorectal, skin and breast cancer cells in vitro. *International Journal of Molecular Sciences,* 16: 5014.

Oh, N.S., Lee, H.A., Lee, J.Y., Joung, J.Y., Lee, K.B., Kim, Y., Lee, K.W. y Kim, S.H. 2013. The dual effects of Maillard reaction and enzymatic hydrolysis on the antioxidant activity of milk proteins. *Journal of Dairy Science.,* 96: 4899-4911.

Páez, R., Pensel, N., Sabbag, N., Taverna, M., CuatrÍN, A. y Zalazar, C. 2006. Changes in free fatty acid composition during storage of whole milk powder. *International Journal of Dairy Technology,* 59: 236-241.

Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M. y Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research,* 68: 88-113.

Parodi, P.W. 2016. Cooperative action of bioactive components in milk fat with PPARs may explain its anti-diabetogenic properties. *Medical Hypotheses,* 89: 1-7.

Patra, A. y Saxena, J. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek,* 96: 363-375.

Razzaghi, A., Valizadeh, R., Naserian, A.A., Danesh Mesgaran, M. y Rashidi, L. 2015. Effects of sucrose and sunflower oil addition to diet of Saanen dairy goats on performance and milk fatty acid profile. *Livestock Science,* 173: 14-23.

Renna, M., Cornale, P., Lussiana, C., Malfatto, V., Fortina, R., Mimosi, A. y Battaglini, L.M. 2012. Use of Pisum sativum (L.) as alternative protein resource in diets for dairy sheep: Effects on milk yield, gross composition and fatty acid profile. *Small Ruminant Research,* 102: 142-150.

Rojas, R.F. y Torres, C.G. 2012. Árboles del valle central de Costa Rica: reproducción aromo (Acacia farnesiana). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú,* 9: 2.

Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo Prosopis (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana,* 3: 7-19.

Sánchez, E., Heredia, N., Camacho-Corona, M.d.R. y García, S. 2013. Isolation, characterization and mode of antimicrobial action

against *Vibrio cholerae* of methyl gallate isolated from *Acacia farnesiana*. *Journal of Applied Microbiology,* 115: 1307-1316.

Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, P. y Boza, J. 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research,* 68: 42-63.

Schmidely, P. y Andrade, P.V.D. 2011. Dairy performance and milk fatty acid composition of dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with soybeans or canola seed supplementation. *Small Ruminant Research,* 99: 135-142.

Seigler, D.S. 2003. Phytochemistry of *Acacia - sensu lato*. *Biochemical Systematics and Ecology,* 31: 845-873.

Simopoulos, A. 2016. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients,* 8: 128.

Sinanoglou, V.J., Batrinou, A., Mantis, F., Bizelis, I. y Miniadis-Meimaroglou, S. 2013. Lipid quality indices: differentiation of suckling lamb and kid breeds reared by traditional sheep farming. *Small Ruminant Research,* 113: 1-10.

Steinshamn, H., Inglingstad, R.A., Ekeberg, D., Mølmann, J. y Jørgensen, M. 2014. Effect of forage type and season on Norwegian dairy goat milk production and quality. *Small Ruminant Research,* 122: 18-30.

Talpur, F.N., Bhanger, M.I., Khooharo, A.A. y Memon, G.Z. 2008. Seasonal variation in fatty acid composition of milk from ruminants reared under the traditional feeding system of Sindh, Pakistan. *Livestock Science,* 118: 166-172.

Tappy, L., Le, K.A., Tran, C., Paquot, N. 2010. Fructose and metabolic diseases: new findings, new questions. *Nutrition* 26: 1044–1049.

Tappy, L., Le, K. 2010. Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. *Physiol Rev*, 90: 23–46.

Toyes, V.E.A., Murillo, A.B., Espinoza, V.J.L., Carreón, P.L. y Palacios, E.A. 2013. Composición química y precursores de ácidos vaccénico y ruménico en especies forrajeras en Baja California Sur, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias,* 4: 373-386.

Tsiplakou, E. y Zervas, G. 2013. The effect of fish and soybean oil inclusion in goat diet on their milk and plasma fatty acid profile. *Livestock Science,* 155: 236-243.

Tudisco, R., Cutrignelli, M.I., Calabrò, S., Piccolo, G., Bovera, F., Guglielmelli, A., Moniello, G. y Infascelli, F. 2010. Influence of organic systems on milk fatty acid profile and CLA in goats. *Small Ruminant Research,* 88: 151-155.

Ulbricht, T.L.V. y Southgate, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet,* 338: 985-992.

Viladomiu, M., Hontecillas, R. y Bassaganya-Riera, J. 2016. Modulation of inflammation and immunity by dietary conjugated linoleic acid. *European Journal of Pharmacology,* 785: 87-95.

Warensjö, E., Jansson, J.-H., Berglund, L., Boman, K., Ahrén, B., Weinehall, L., Lindahl, B., Hallmans, G. y Vessby, B. 2004. Estimated intake of milk fat is negatively associated with cardiovascular risk factors and does not increase the risk of a first acute myocardial infarction. A prospective case–control study. *British Journal of Nutrition,* 91: 635-642.

Warensjö, E., Jansson, J.-H., Cederholm, T., Boman, K., Eliasson, M., Hallmans, G., Johansson, I. y Sjögren, P. 2010. Biomarkers of milk fat and the risk of myocardial infarction in men and women: a prospective, matched case-control study. *The American Journal of Clinical Nutrition,* 92: 194-202.

Yang, B., Chen, H., Stanton, C., Ross, R.P., Zhang, H., Chen, Y.Q. y Chen, W. 2015. Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease. *Journal of Functional Foods,* 15: 314-325.

***Agradecimientos:*** *Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM*

# Grado de Protección Antioxidante en la leche de bovinos en Tabasco. Resultados Preliminares

***Juan Guzmán Ceferino[1]., Jesús Beauregard[2], Miguel Angel Galina[3]***
*[1]División Académica Multidisciplinaria de los Rios, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco [2]MIPPE-Universidad de Colima [3]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan Universidad Nacional Autónoma de México*

**Introducción:** El estrés oxidativo es el resultado de una generación excesiva de oxígeno reactivo, y consiste en un desequilibrio oxidativo a especies reductoras, que también se define mejor como una perturbación de la señalización redox. La acción de especies reactivas oxigenadas / nitrogenadas (radicales anión superóxido, hidroxilo, alcoxilo, radicales peroxilo lipídico, óxido nítrico y peroxinitrito) resulta en alteraciones y modulaciones de funciones de biomoléculas clave (Pisoschi y Pop, 2015).

El marcador de daño en el ADN está representado por 8-hidroxidesoxiguanosina. El ataque oxidativo a los lípidos también se refiere a aldehídos reactivos, tales como malondialdehído y 4-hidroxinonenal, pero también isoprostanos. La oxidación de los grupos tiol tiene principalmente en cuenta el daño oxidativo de la proteína, junto con la carbonilación que conduce a productos finales de glicación avanzada. La oxidación de la cadena lateral, la fragmentación de la espina dorsal, el despliegue y el plegamiento erróneo, con pérdida

de actividad, también pueden ocurrir en la estructura de la proteína (Pisoschi y Pop, 2015).

Los daños oxidativos de los componentes de las membranas lipídicas están implicados en el mecanismo de neurodegeneración, cáncer, enfermedades cardio vasculares o inflamatorias. Se ha confirmado que la producción excesiva de especies oxigenadas reactivas puede conducir a la sobreexpresión de genes oncogénicos o a la formación de compuestos mutagénicos, puede causar actividad pro-aterogénica y está relacionada con la aparición de placa senil o inflamación (Pisoschi y Pop, 2015).

Los datos relativos a la rastreabilidad son importantes para los consumidores y deben ser lo más completos posible. En particular, los elementos relativos al papel del sistema de alimentación de los animales, para determinar la calidad funcional de la carne y los productos lácteos, los cuales suelen faltar o son incompletos.

El objetivo principal de este trabajo fue identificar y desafiar un parámetro como herramienta de rastreo para identificar leche y queso de diferentes sistemas de alimentación (pastoreo y cero pastoreo). Este parámetro de trazado, el grado de protección antioxidante (GPA), calculado sobre la base de contenidos de alfa-tocoferol y colesterol, permite evaluar la resistencia de la leche y el queso a las reacciones oxidativas, las principales determinaciones de la calidad y funcionalidad de los alimentos para la nutrición humana

**Material y Métodos:**

Se realizó un muestreo a 13 ranchos ubicados en los municipios de Balancán y Tenosique, ambos pertenecientes a la región de los Ríos, del estado de Tabasco. Dicho muestreo comprendió la temporada de secas, de marzo a mayo de 2017, con un muestreo cada 28 días, siendo tres muestreos por rancho en la época. El volumen de leche tomada por rancho fue de aproximadamente 1.5 L. Se transportaron en neveras para mantener temperaturas de congelación y se almacenaron hasta su proceso de saponificación. Los ranchos se dividieron en aquellos que estaban 100 % en pastoreo (PAS) los que estaban en pastoreo pero

recibían más de 1kg de concentrado (PAC) y aquellos que estaban 100 % estabulados (EST)

Se determinó el grado de protección antioxidante de acuerdo a la metodología presentada por Pizzoferrato, donde el colesterol es el objetivo de oxidación y el alfa tocoferol el compuesto antioxidante. Para facilitar la lectura y la comparación entre muestras, el número de GPA se expresa en una forma exponencial (x 10-3).

Este índice puede utilizarse para evaluar la protección antioxidante de los productos alimenticios, seleccionando los antioxidantes adecuados y el objetivo de oxidación. Por ejemplo, el alfa-tocoferol, y el beta-caroteno y los polifenoles representan un sistema antioxidante natural, mientras que el colesterol, un compuesto oxidable, se puede seleccionar como el objetivo de oxidación.

En el presente estudio en los productos lácteos, sólo se seleccionó alfa-tocoferol como antioxidante debido a la ausencia de niveles detectables de beta-caroteno en la leche, y el colesterol, que fue el objetivo de oxidación, debido al bajo contenido de ácidos grasos insaturados oxidables con la metodología presentada para le leche de cabra con anterioridad (Pizzoferrato y Manzi, 1999, Pizzoferrato et al., 2000). Además, aunque sea fácilmente oxidable que los ácidos grasos no saturados, el colesterol es una molécula cargada usualmente, especialmente en la forma oxidada; los óxidos de colesterol son responsables de las enfermedades del corazón en los seres humanos (Carboni et al., 1994, Brown y Jessup, 1999).

La eficacia del parámetro GPA para distinguir la leche y el queso de los animales de pastoreo y cero pastoreo fue discutida por Pizzoferrato et al., (2007) demostrando ser una metodología útil para determinar el origen de los productos lácteos en relación al pastoreo.

**Metodología:**

*Saponificación alcalina (Método Fletouris)*

Se tomó 0.2 g de muestra y se mezcló con 5 mL de KOH (1 M) disuelto en metanol, se agitó perfectamente durante 15 s en un vortex, y se calentó de 60 a 80°C durante 15 min con intervalos de agitación cada

5 min por 15 seg. Transcurrido la operación anterior, se dejó enfriar y se adicionó 1 mL de agua destilada y 5 mL de hexano. Las muestras hidrolizadas o saponificadas se agitaron durante 1 min y se centrifugó durante 1 min a 2000 a 3000 rpm (Claeys, Vossen, & Smet, 2015).

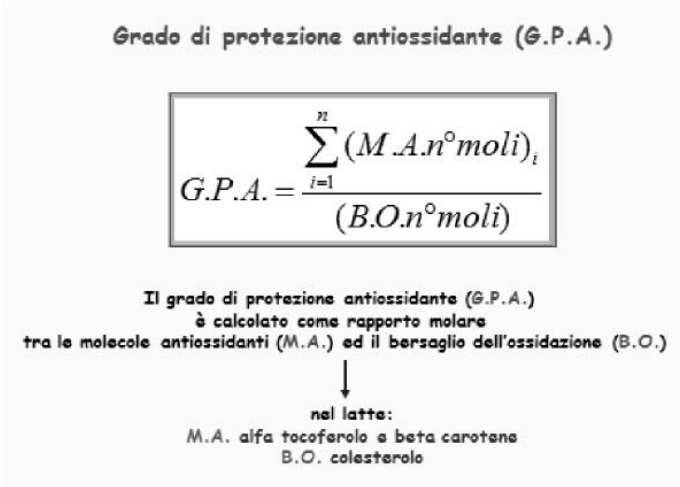
Se recuperó la fracción hexánica (Panfili, Manzi, & Pizzoferrato, 1994) y se filtró a través de una membrana de fluoruro de polivinilideno (PVDF) con un diámetro de poro de 0,45 µm y se concentraron mediante una corriente de nitrógeno gaseoso, posteriormente se resuspendieron en acetonitrilo : 2-propanol (95:5 v/v) usada como fase móvil.

**Análisis por HPLC**

Se utilizó un cromatógrafo de líquido de alta resolución (HPLC, Agilen) con detector UV y automuestreador, equipado con bomba binaria, y una columna C8 RP (ZORBAX Eclipse, XDB C8, 4.6 x 150 mm 5 µm). Se inyecto un volumen de 20 µL de muestra, el caudal de disolvente y la temperatura del horno fueron de 2 mL/min y 50 °C, respectivamente, y una longitud de onda de 210 nm, por lo que se preparó una curva de calibración usando como estándar colesterol (Sigma-Aldrich) de 0 a 1000 µg, resuspendido en la fase móvil antes mencionada y un tiempo de corrida de 5 min (Bauer; *et al*, 2014).

Para la determinación de α-tocoferol, presente en las muestras se aplicó la metodología descrita anteriormente, en este caso la longitud de onda fue de 292 nm y una temperatura del horno de 35 °C. Se construyó una curva de calibrado de 0 a 1000 µg de α-tocoferol, el cual se resuspendió en la fase móvil y un tiempo de corrida de 6 min (Sunari *et al.,* 2012).

Determinación del grado de protección antioxidante con la ecuación propuesta por Pizzoferrato et al., 2007




Pizzoferrato et al., 2007

## Resultados:

**Cuadro 1.** Resultados preliminares de tres meses de la estación de secas con tres tratamientos en 13 ranchos de Balancán y Tenosique, Tabasco.

| | | Colesterol | Alfa Tocoferol | GPA* |
|---|---|---|---|---|
| | | (mg/100g) | (µg/100g) | |
| Estabulación | Marzo | 110±17 | 420±35 | 3.7±0.5 |
| | Abril | 105±21 | 440±42 | 4.0±0.3 |
| | Mayo | 110±33 | 415±28 | 3.5±0.4 |
| | **Promedio** | **108.3±27** | **425.0±31** | **3.7±0.4b** |
| Pastoreo | Marzo | 105±12 | 775±44 | 7.6±1.0 |
| | Abril | 94±17 | 810±52 | 8.1±1.1 |
| | Mayo | 100±14 | 790±55 | 7.4±0.0 |
| | **Promedio** | **99.7±15** | **791.7±48** | **7.7±1.0a** |
| Pastoreo | Marzo | 105±22 | 501±37 | 4.2±0.5 |
| Concentrado | Abril | 114±18 | 472±35 | 5.0±0.7 |
| | Mayo | 100±14 | 475±28 | 4.8±0.3 |
| | **Promedio** | **106.3±16** | **482.7±33** | **4.7±0.5b** |

a,b diferencias significativas >0-05

*GPA Grado de protección antioxidante, de acuerdo a Pizzoferrato et al., 2007

Estos resultados corresponden solamente a la época de secas en 13 unidades de producción de bovinos, se complementarán con los resultados de dos especies más, ovinos y caprinos, en diferentes medios ambientes, en Querétaro, en el semiárido; otra en bovinos en Colima, en el trópico seco; y una segunda observación en Tabasco, trópico húmedo, en la época de lluvias.

Sin embargo, se pueden observar los promedios de los tres grupos experimentales, el GPA de estabulación fue de 3.7 (±0.4) comparado con solo pastoreo de 7.7 (±1.0) y pastoreo suplementado con 1 kg de concentrado, que fue de 4.7(±0.5); no existió diferencia significativa entre los dos grupos de pastoreo, pero sí la hubo comparado con el grupo de estabulación.

**Discusión:**

La presente observación son datos preliminares de la época de secas donde hay menor calidad de los pastos, sin embargo, comparados con los resultados de Pizzoferrato reportaron 7.9 GPA para pastoreo, comparable con el 7.7 de la leche de pastoreo de vacas del experimento; sus resultados dieron 4.9 GPA para pastoreo suplementado y nuestro promedio fue de 4.7; y 3.8 para estabulación, similar al 3.7 observado en el presente trabajo.

No se observaron diferencias significativas en el contenido de colesterol entre los grupos, mientras que el contenido de alfa-tocoferol muestra el valor más bajo en los animales estabulados y el más alto en el tratamiento pastoreo ($P < 0,10$ y $P < 0,05$) datos que son diferentes a los de Pizzoferrato que obtuvo los máximos valores en pastoreo suplementado, esta diferencia probablemente se deba a que en este trabajo se valoran solo 3 meses en la época de secas, mientras que su trabajo es producto de 3 años de observaciones

Las diferencias más significativas con el trabajo de Pizzoferrato se observaron en la leche de los tratamientos de pastoreo suplementado y cero pastoreo $P < 0,05$ para cada año y $P < 0,01$ para los datos combinados. Los datos de cero pastoreo mostraron los valores más bajos comparados con pastoreo ($P < 0,10$) y pastoreo suplementado

De acuerdo con estos resultados, el índice GPA es capaz de diferenciar los productos de los tratamientos de pastoreo y cero pastoreo a pesar de la alta variabilidad estacional del alfa-tocoferol en la leche de los animales de pastoreo. Los resultados de alfa-tocoferol en la leche alcanzó valores, para marzo, abril y mayo, de (775; 810 y 790 µg / 100 g en los tratamientos de pastoreo, comparado con 420;440;415 en estabulación y 501;472;475 µg / 100 g en pastoreo suplementado, respectivamente, mostrando las mismas tendencias discutidas por Pizzoferrato et al (2007)

**Conclusiones:**

Aunque el número de observaciones y los meses de la experimentación son pocos, ya se muestra la tendencia de un aumento en el grado de protección antioxidante en la leche producida por los animales en pastoreo, con una ligera disminución cuando se administra concentrado y significativa con las vacas en estabulación.

**Referencias**

Bauer, L. C., Torres, A. G., Souza, N. E. De, & Simionato, J. I. (2014). Method Validation for Simultaneous Determination of Cholesterol and Cholesterol Oxides in Milk by RP-HPLC-DAD, *25*(1), 161–168.

Brown, A,D-. Jessup,W. 1999. Oxysterols and atherioesclerosis, Atherosclerosis 142:1-28

Carboni, M., Hrelia, S., Bordoni, A., Lercker, G., Capella, P., turchetto, E., Biagi, L. 1994. In vitro effects of 5º cholestine 350, 5, 6a triol on culturated rat cardiomycytes. J. Agric. Foof. Chem. 42:2367-2371

Claeys, E., Vossen, E., & Smet, S. De. 2015. Determination of $\alpha$ -tocopherol by reversed-phase HPLC in feed and animal-derived foods without saponification,

Panfili, G., Manzi, P., & Pizzoferrato, L. (1994). High-performance Liquid Chromatographic Method for the Simultaneous Determination of Tocopherols , Carotenes , and Retinol and its Geometric Isomers in Italian Cheeses *, *119*(June), 1161–1165.

Pisoschi, A., Pop, A. 2015. The role of antioxidants in the chemestry of oxidative stress: A Review. European Journal of Medical Chemestry 97:55-74

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S, Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace the Origin and Quality Pizzoferrato, L., and P. tllam;i. 1999. Effctto della potenzialiti'I antios sidanle di formaggi caprini: Risultati preliminari. Caseus 4:28--30.

Pizzoferrato, L., P. Manzi, R . Rubino, V. Fedele, and M. Pizzillo.2000. Degree of antioxidant protcction in goat mitk and cheese: Thc effect of feeding system. Pages 580-582 in lnternational Confcr ence on Goats, Tours, France. lnstitut de L'Elevage et I NRA , Paris, Franceof Goat's Milk and Pizzoferrato, L., and P. tllam;i. 1999. Effctto della potenzialiti'I antios sidanle di formaggi caprini: Risultati preliminari. Caseus 4:28--30.

Pizzoferrato, L., P. Manzi, R . Rubino, V. Fedele, and M. Pizzillo.2000. Degree of antioxidant protcction in goat mitk and cheese: Thc effect of feeding system. Pages 580-582 in lnternational Confcr ence on Goats, Tours, France. lnstitut de L'Elevage et I NRA , Paris, FranceSunari, S., Živkovi, J., Pavlovi, R., Koci, G., Truti, N., & Živanovi, S. (2012). Assessment of α -tocopherol content in cow and goat milk from the Serbian market. *Hem. Ind.*, 559–566.

***Agradecimientos:*** *Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM*

# El reinicio de la actividad ovárica posparto no puede ser solucionado solamente con el uso de hormonas

***Díaz Ramiro [1*]., Galina Carlos Salvador [1]., Romero Juan José[2]., Orihuela Agustin[3].***
*[1]Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México DF, 04510 México. [2]Programa de Investigación en Medicina Poblacional. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. Código postal: 304-3000 Heredia. [3]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 62210*
***Ramiro Díaz B.** PhD (c). rdiaz@usfq.edu.ec*

## Introducción

El ganado *Bos indicus,* criado bajo condiciones tropicales, presenta un intervalo entre partos prolongado (Montiel y Ahuja, 2005; Escrivão *et al.,* 2012) atribuido a un largo anestro posparto (Baruselli *et al.,* 2004). Este evento probablemente esté influenciado por la presencia permanente del ternero conjuntamente con un pobre estado nutricional de la madre durante la gestación. Lo anterior ha demostrado tener un efecto importante sobre el reinicio de la actividad ovárica (Perry *et al.,* 1991; Oliveira Filho *et al.,* 2010). Estudios previos encontraron que la nutrición es tan importante durante el preparto como durante el postparto. La transición entre estos dos períodos plantea muchos desafíos que afectan la lactancia temprana y el inicio de la actividad ovárica. Varios informes han concluido que una dieta insuficiente en la

última parte del embarazo, afecta a la fertilidad en la vaca a pesar de que el forraje mejore su calidad durante la lactancia (Short 1990; Dunn y Moss, 1992; Wettemann *et al.,* 2003). Samadi *et al.* (2013), indican que el reinicio de la actividad ovárica está directamente relacionada a la calidad de pasto que los animales consumen desde el 6to. o 7mo. mes de gestación. A su vez, Guzmán *et al.* (2012), reportaron que los niveles de grasa dorsal a los 12 días después de un tratamiento de progesterona posparto, tienen un efecto positivo en el reinicio de la actividad ovárica. Por otro lado, tradicionalmente la restricción del amamantamiento se considera necesaria para disminuir el intervalo parto - primer estro o/y ovulación (Mukasa-Mugerwa *et al*., 1991). Esto es porque es conocido que la presencia de la cría puede inhibir el crecimiento folicular y la ovulación (Garcia-Winder *et al.,* 1984, Browning *et al.,* 1994, Hoffman *et al.,* 1996). En efecto, Mackey *et al.* (2000), Pérez-Torres *et al.,* (2015) y Mondragón *et al.,* (2016) han demostrado que la separación de terneros por períodos cortos tiende a estimular la pronta restauración de la actividad ovárica aumentando la tasa de concepción temprana. A su vez, en la actualidad es muy común tomar en cuenta los efectos del clima en los diferentes procesos productivos de los animales, en especial en ganadería del trópico (Azzam *et al.,* 1993; Silva *et al.,* 2013). En este sentido, Villa-Mancera *et al.* (2011), reportaron un efecto directo del índice temperatura-humedad (THI) sobre la tasa de concepción, obteniendo niveles más bajos durante los meses de verano en comparación con el invierno. Por lo anterior, el objetivo de la presente conferencia es presentar resultados de trabajos de investigación sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en animales *Bos indicus* y los factores que la pueden controlar.

## ¿Es necesario el destete para el reinicio de la actividad ovárica posparto? Análisis experimental.

El manejo de la ganadería bovina en el trópico ha mantenido la necesidad de destetar a las crías para fomentar el reinicio de la actividad ovárica posparto en sus madres. Sin embargo, trabajos recientes han demostrado que la separación de la cría tiene más problemas que beneficios (Pérez-Torres *et al.,* 2015). Con esto en mente se diseñó un

estudio teniendo como objetivo evaluar el efecto de dos métodos de separación de la cría sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto. Así, 59 vacas *Bos indicus* multíparas fueros distribuidas aleatoriamente en tres grupos: grupo destete temporal (TW) a las cuales se les separó la cría por 48 horas a los 39 días posparto (dpp); grupo amamantamiento restringido (RS) donde a las crías se les juntaba a sus madres durante una hora diaria en las mañanas y el resto del día fueron separadas de su madre; y el grupo testigo (CS) o amamantamiento continuo en el cual las crías se mantenían con su madre todo el tiempo. Todos los animales se sincronizaron con un dispositivo intra-vaginal liberador de progesterona (CIDR) alrededor de los 30 dpp y se retiró 9 días después. No se encontraron diferencias entre los grupos en el reinicio de la actividad ovárica observándose 75, 61 y 80% de ciclicidad para los grupos TW, RS, CS respectivamente ($P > 0.05$). es interesante indicar que menos el 20% de animales ya estaban ciclando antes de los 31 dpp y el 20% no ciclaron durante todo el experimento a pesar del tratamiento hormonal.

A su vez, se quiso investigar si las condiciones metabólicas de estos animales durante el último tercio de gestación y posparto temprano pueden relacionarse con el reinicio de la actividad ovárica. Así, se midió la condición corporal por observación en escala 1-9 (Wagner *et al.,* 1988) y la grasa dorsal (GD) cada 15 días desde el inicio del último tercio de gestación hasta los 96 dpp por medio de ultrasonografía (Schröder and Staufenbiel, 2006). Al mismo tiempo se tomó muestras de sangre para la evaluación de metabolitos sanguíneos: Glucosa, Triglicéridos, Urea y Ácidos grasos no esterificados (NEFA). Durante el último tercio de gestación la grasa dorsal y la condición corporal no variaron. Pero después del parto los animales perdieron grasa dorsal y condición corporal ($P<0.05$) indicando los cambios fisiológicos y metabólicos que sufre al animal después del parto. Esto se confirma con los cambios en los niveles sanguíneos de los metabolitos medidos (fig. 1). Las concentraciones de triglicéridos, urea y NEFA´s sufrieron cambios después del parto. Los niveles de urea y NEFA´s incrementaron ($P<0.05$) después del parto. Por el contrario, las concentraciones de triglicéridos disminuyeron después del parto ($P<0.05$). Ningún grupo presentó diferencias significativas en los niveles de glucosa entre el

último tercio de gestación y el posparto (P>0.05). No se encontró efecto significativo de los niveles de metabolitos sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto (P>0.05). Esto indica que la separación de la cría y el tratamiento hormonal no son factores indispensables en el manejo reproductivo del hato. Esto es posible si los animales presenten un estado nutricional que les permita desencadenar los procesos fisiológicos adecuados para su reproducción.

## El momento del tratamiento con progesterona en el posparto ¿afecta la fertilidad?

Al saber que las vacas *Bos indicus* podrían iniciar su actividad ovárica posparto antes de los 31 dpp, se tuvo el interés de saber si un tratamiento con CIDR antes de los 30dpp podría mejorar la velocidad de gestación. Previos estudios observaron que un tratamiento temprano de progesterona después del parto podría mejorar la fertilidad cuando se usa la inseminación artificial (Pérez-Torres *et al.,* 2015, Mondragón *et al.,* 2016) o la monta natural (Lamb *et al.,* 2008). Con esto en mente, se tomaron 59 vacas *Bos indicus* multíparas a las que se les evaluó la GD desde el último tercio de gestación hasta los 96 dpp de igual forma que el primer experimento. Después del parto se agruparon en dos grupos dependiendo del momento en que se aplicó el CIDR. Grupo 1 (<30dpp; n=30) en el cual recibieron el CIDR a los 25.2 ± 4.21 dpp y retirado 9 días después. Grupo 2 (≥30dp; n=29) en el cual recibieron el CIDR a los 38.41 ± 5.8dpp. se evaluó a fertilidad de los animales hasta los 170 dpp y se analizó a aquellos que necesitaron uno o más servicios para gestarse (1s y >1s), no gestantes y anéstricos. La GD bajó después del parto en ambos grupos (P<0.05) similar al primer experimento. El 10 y 20% (P>0.05) de los animales iniciaron la ciclicidad antes de la aplicación del CIDR en los grupos <30dpp y ≥30dpp respectivamente. La gestación fue del 27 y 72% para el grupo <30dpp y ≥30dpp respectivamente (P<0.05). Aquellos animales del grupo <30dpp que se gestaron 1s y >1s no presentaron diferencias en los niveles de grasa dorsal entre el último tercio de gestación y el posparto (P>0.05) a diferencia de aquellas vacas 1s del grupo ≥30dpp que presentaron una disminución de su grasa dorsal después del parto (P=0.014; cuadro 1). Una vez retirado el CIDR la velocidad de gestación no fue diferente (P>0.05)

entre los animales gestantes del grupo <30dpp y los del ≥30dpp (figura 2). Por lo tanto, el momento de la aplicación del tratamiento hormonal no es un factor indispensable para mejorar la velocidad de gestación si los animales presentan un estado metabólico que se mantenga estable durante el periodo de transición.

**¿Puede el clima afectar el inicio de la actividad ovárica posparto y la fertilidad?**

Es muy conocido el efecto negativo de las altas temperaturas sobre los procesos reproductivos en bovinos (Hansen, 2007; Silva *et al.* 2013). Así, es posible que el reinicio de la actividad ovárica, además de los factores analizados, pueda estar afectado por las características climáticas del sitio donde se encuentran. De esta manera, y con el objetivo de comparar el reinicio de la actividad ovárica y la fertilidad en dos zonas en el trópico seco con características climáticas distintas, se utilizaron 92 vacas *Bos indicus* ubicadas en dos locaciones, una en Veracruz-México (n= 37) y otra en Puntarenas-Costa Rica (n=55) con un manejo reproductivo de monta natural. Al igual que en los experimentos anteriores, se midió la GD cada 15 días desde el último tercio de gestación hasta aproximadamente 80 dpp. Se midió el índice temperatura – humedad (THI; García-Ispierto *et al*., 2007). A su vez, se evaluaron los días en que los animales están en riesgo de quedar gestantes (DRC) 28 días después del ingreso del toro. El THI en Veracruz se presentó entre 65.4 ± 2.9 y 73.2 ± 1.5 durante el tiempo que duró el experimento. En cambio, en Puntarenas se presentó entre 75.4 ± 0.26 y 76.5 ± 0.55. Los animales en ambos sitios presentaron una pérdida de sus niveles de GD durante el último tercio de gestación y el posparto temprano. En Veracruz perdieron 8.5% y 18.4% para último tercio de gestación y posparto respectivamente (P=0.042). En Puntarenas, la variación fue de 18.7 y 10.5% para los mismos períodos (P=0.012). El cambio relativo de GD en total en Veracruz fue mayor comparado con el de Puntarenas (36.7% vs 29.3% respectivamente; P=0.06). En Veracruz se observó una gestación del 49% mientras que en Puntarenas fue del 67% (P=0.08). La pérdida de GD disminuyó el intervalo de DRC. Se observó a su vez una alta relación entre el THI y el tiempo de concepción (P< 0.0001). Los factores climáticos influyen

en el comportamiento reproductivo de los animales en el postparto temprano en áreas tropicales y pueden afectar la tasa de concepción. La pérdida de grasa en el período pre-parto o posparto, afecta el tiempo hasta la concepción que es más corto que en los animales que pierden menos grasa durante los mismos períodos. A su vez, el clima demostró ser un factor importante en el manejo reproductivo del hato.

**¿Puede el clima ser un factor predominante en el inicio de la actividad ovárica posparto en animales con baja condición corporal?**

Como se observó, el clima es un factor gravitante en el desarrollo productivo/reproductivo de los bovinos en climas tropicales. Experiencias previas de trabajos en México nos demuestran el efecto de los cambios climáticos durante el año y su efecto en los parámetros reproductivos de los bovinos (Villa-Mancera *et al.,* 2011). Las investigaciones anteriores son la base para este trabajo en el cual, 46 vacas *Bos indicus* en el último tercio de gestación fueron evaluadas, del mismo modo que en los experimentos anteriores, su GD y condición corporal cada 15 días hasta aproximadamente los 90 dpp. Al inicio del experimento los animales presentaban un promedio de 3.8 ± 1.33 evaluados en una escala de 1-9 (Wagner *et al.,* 1988). Se calculó el THI durante el tiempo que duró el experimento, sus niveles máximos y mínimos y el número de horas en que el THI estuvo >74, >78 y >80. A su vez, se evaluó el inicio de la ciclicidad por medio de la medición de concentraciones sanguíneos de progesterona. Adicionalmente se analizó el comportamiento reproductivo (CR) de los animales por observación continua de 12 horas por 3 días desde el ingreso del toro. El 57% de animales ciclaron en este experimento. De estos el 27% lo hicieron antes de los 21 dpp, 27% entre los 21 y 30 dpp, el 27% entre los 30 y 40 dpp y el 19% después de los 40 dpp sin presentarse diferencias. El 43% no ciclo en el tiempo que duró este trabajo de investigación. La grasa dorsal de los animales que ciclaron disminuye durante el último tercio de gestación. En cambio, durante el posparto, los mismos animales, presentaron una variación con tendencia a incrementar (P=0.002). Por otro lado, el 72% de animales presentaron algún tipo de comportamiento reproductivo, el 40% presentó un mayor CR y el 60% un moderado CR (P>0.05). el 28% de animales no presentaron ningún

CR. Los animales que no ciclaron tuvieron un THI más alto que las que si ciclaron (P<0.05) durante su último tercio de gestación (figura 3). Igualmente, los animales que no presentaron ningún CR pasaron por un THI más alto durante el último tercio de gestación que aquellos de mayor o moderado CR (Figura 4; P<0.05). Así, posiblemente sea el clima un factor predominante en el desarrollo reproductivo de los animales.

**Conclusiones**

El destete no fue un factor predominante para promover el reinicio de la actividad ovárica en especial en aquellos animales que no presentan grandes variaciones de su estado metabólico entre el último tercio de gestación y el posparto temprano.

Los animales que ingresen a un programa reproductivo antes de los 30dpp y que no alteren su condición metabólica entre el pre y posparto, pueden gestarse con la misma rapidez que aquellas que ingresen a un programa reproductivo pasado los 30dpp.

Los días a riesgo de quedar gestante de un animal pueden ser mayor cuando las variaciones de su grasa dorsal no son altas.

El clima es un factor que puede incidir en el reinicio de la actividad ovárica.

A pesar de estar bajo un clima muy desfavorable y extremo, se puede observar un alto porcentaje de animales que inicien su actividad ovárica posparto, y alrededor del 20% antes de los 21 dpp.

La posibilidad de que el animal cicle en el posparto temprano puede estar relacionada con los factores climáticos desde la gestación.

El comportamiento reproductivo puede expresarse aún bajo las condiciones de clima extremo. Pero puede ser afectado por los factores climáticos desfavorables desde el último tercio de gestación.

La grasa dorsal no varía en animales anéstricos bajo condiciones climáticas y de baja nutrición. Por el contrario, los animales cíclicos mantienen su capacidad de movilización de grasa a pesar de estar bajo las condiciones climáticas como las del presente trabajo de investigación.

Finalmente, el uso de hormonas puede ser cuestionable desde el punto de vista económico. Trabajos realizados con el objetivo de valorar el costo-beneficio de un tratamiento hormonal indican que se debe recurrir a una cuidadosa evaluación, tanto de la finca como del profesional a cargo, para evitar el uso indiscriminado de un tratamiento hormonal que podría no ser rentable (Molina *et al.,* 2012).

**Referencias.**

Azzam SM, Kinder JE, Nielsen MK, Werth LA, Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM (1993) Environmental effects on neonatal mortality of beef calves. Journal of Animal Science 71:282-290.

Baruselli P, Reis E, Marques M, Nasser L, Bó G (2004) The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. Animal Reproduction Science 82-83:479-486.

Browning R, Robert BS, Lewis W, Neuendorff D, Randel RD (1994) Effects of postpartum nutrition and once-daily suckling on reproductive efficiency and preweaning calf performance in fall-calving Brahman (*Bos indicus*) cows. Journal of Animal Science 72, 984–989.

Dunn TG, Moss GE (1992) Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. Journal of Animal Science. 70:1580–1593.

Escrivão RJA, Webb EC, Garcês APJT (2009) Effects of 12-hour calf withdrawal on conception rate and calf performance of Bos indicus cattle under extensive conditions Tropical Animal Health and Production 41:135–139.

García-Ispierto I, López-Gatius F, Bech-Sabat G, Santolaria P, Yániz JL, Nogareda C, De Rensis F, López-Béjar M (2007) Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. Theriogenology 67:1379-1385.

Garcia-Winder M, Imakawa K, Day ML, Zalesky DD, Kittok RJ, Kinder JE (1984) Effect of suckling and ovariectomy on control of LH secretion during postpartum period of beef cows. Biology of Reproduction. 31, 771–778.

Guzmán A, Gonzalez-Padilla E, Garcés-Yépez P, Rosete-Fernandez JV, Calderón-Robles RC, Murcia C, Gutiérrez CG (2012) Reduced response to an estrous induction program in postpartum beef cows treated with zilpaterol and gaining body weight. Animal Reproduction Science. 130:1–8.

Hansen PJ (2007) Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. Theriogenology 68 Suppl 1:S242-249.

Hoffman DP, Stevenson JS, Minton JE (1996) Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. Journal of Animal Science. 74, 190–198.

Lamb GC, Dahlen CR, Vonnahme KA, Hansen GR, Arseneau JD, Perry GA, Walker RS, Clement J, Arthington JD (2008) Influence of a CIDR prior to bull breeding on pregnancy rates and subsequent calving distribution. Animal Reproduction Science 108, 269-278.

Mackey DR, Sreenan JM, Rochet JF, Diskin MG (2000) The effect of progesterone alone or in combination with estradiol on follicular dynamics, gonadotropin statuss, and estrus in beef cows following calf isolation and restricted suckling. Journal of Animal Science 78, 1917–1929.

Molina JJ, Molina I, Jiménez A, Galina CS, Romero JJ (2012) Pharmacological Control of Estrus in Tropical Cattle, an Economical Assessment of Different Synchronization Protocols. **Open Journal of Veterinary Medicine** 2,151-157.

Mondragón V, Galina CS, Rubio I, Corro M, Salmerón F (2016) Effect of restricted suckling on the onset of follicular dynamics and body condition score in Brahman cattle raised under tropical conditions Animal Reproduction Science. 167, 89-95.

Montiel F, Ahuja C (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. Animal Reproduction Science. 85, 1-26.

Mukasa-Mugerwa E, Tegegne A, Franceschini R (1991) Influence of suckling and continuous cow-calf association on the resumption of post-partum ovarian function in Bos indicus cows monitored by progesterone status. Reproduction, Nutrition and Development. 31, 241-247.

Oliveira Filho BD, Toniollo GH, Oliveira AFD, Viu MAO, Ferraz HT, Lopes DT, Gambarini ML (2010) The effect of offering an energy and protein supplement to grazing Canchim beef cows either postpartum or both pre- and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. Animal Reproduction Science 121:39–45.

Pérez-Torres L, Rubio I, Corro M, Cohen A, Orihuela A, Galina CS, Pablos JL (2015) A pre-synchronization program at early pospartum might increase the chances of Bos indicus cows cycling prior to 50 days regardless of the length of calf separation. Journal of Reproduction and Development. 61, 199-203.

Perry RC, Corah, LR, Cochran, RC (1991) Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. Journal of Animal Science. 69:3762–3773.

Samadi F, Phillips NJ, Blache D, Martin GB, D'Occhio MJ (2013) Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. Animal Reproduction Science 137:137-144.

Schröder UJ, Staufenbiel R (2006) Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. Journal of Dairy Science. 89, 1-14.

Short RE, Bellows RA (1990) Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science. 68:799–816.

Silva CF, Sartorelli ES, Castilho AC, Satrapa RA, Puelker RZ, Razza EM, Ticianelli JS, Eduardo HP, Loureiro B, Barros CM (2013) Effects of

heat stress on development, quality and survival of Bos indicus and Bos taurus embryos produced in vitro. Theriogenology 79:351-357.

Silva CF, Sartorelli ES, Castilho AC, Satrapa RA, Puelker RZ, Razza EM, Ticianelli JS, Eduardo HP, Loureiro B, Barros CM (2013) Effects of heat stress on development, quality and survival of Bos indicus and Bos taurus embryos produced in vitro. Theriogenology 79:351-357.

Villa-Mancera A, Méndez-Mendoza M, Huerta-Crispín R, Vázquez-Flores F, Córdova-Izquierdo A (2011) Effect of climate factors on conception rate of lactating dairy cows in Mexico. Tropical Animal Health and Production 43:597-601.

Wagner JJ, Lusby KS, Oltjen JW, Rkestrw J, Wattermann RP, Walters LE (1988) Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requeriment during winter. Journal of Animal Science. 66:603-612.

Wettemann RP, Lents CA, Ciccioli NH, White FJ, Rubio I (2003) Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. Journal of Animal Science. 81(E. Suppl. 2):E48-E59.

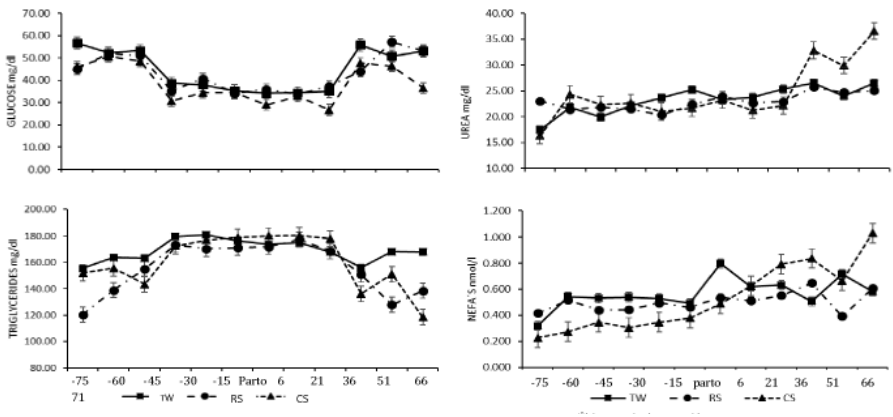



**Figura 1:** Concentración sanguínea de glucosa, urea, triglicéridos y ácidos grasos no esterificados en vacas *Bos indicus* durante el último tercio de gestación y posparto temprano, en los grupos destete temporal (TW), amamantamiento restringido (RS) y amamantamiento continuo (CS).

**Cuadro 1:** Niveles de grasa dorsal para vacas 1s, > 1s, no gestantes y anéstricas en los grupos <30dpp y ≥ 30dpp.

| | Grupos | Último tercio de gestación | | | posparto | | | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **< 30dpp** | **1s** | 0.24 | ± | 0.01 | 0.24 | ± | 0.02 | 0.958 |
| | **>1s** | 0.26 | ± | 0.03 | 0.23 | ± | 0.03 | 0.188 |
| | **No gestantes** | 0.28 | ± | 0.03 | 0.24 | ± | 0.02 | 0.0001** |
| | **Anéstricas** | 0.3 | ± | 0.02 | 0.22 | ± | 0.02 | 0.0003** |
| **≥ 30dpp** | **1s** | 0.26 | ± | 0.03 | 0.24 | ± | 0.02 | 0.014** |
| | **>1s** | 0.25 | ± | 0.02 | 0.25 | ± | 0.03 | 0.884 |
| | **No gestantes** | 0.27 | ± | 0.04 | 0.24 | ± | 0.01 | 0.279 |
| | **Anéstricas*** | | | | | | | |

* solo una vaca se presentó en anestro.
** Diferencia altamente significativa entre el último tercio de gestación y el posparto temprano.
1s: gestante en un servicio.
>1s: gestante en más de un servicio.
P: Nivel de significancia.
No se encontraron diferencias significativas cuando se compararon las vacas entre los grupos <30dpp and ≥ 30dpp (P>0.05).

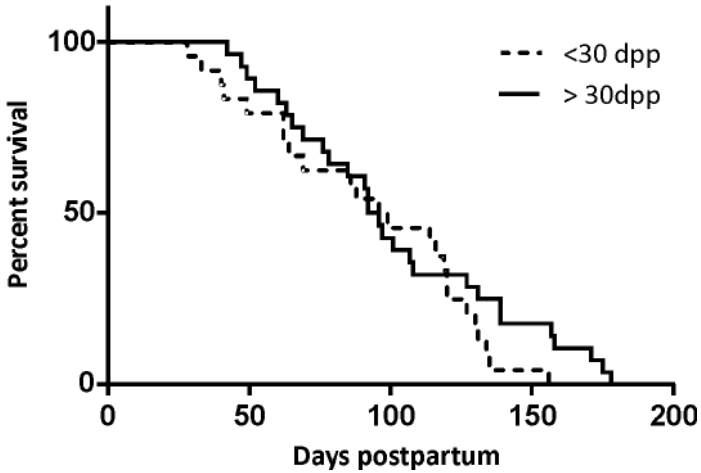



**Figura 2:** Análisis de sobrevida Kaplan-Meier para el tiempo de gestación en los grupos <30 dpp y ≥30dpp. No se encontró diferencias significativas (P>0.05).

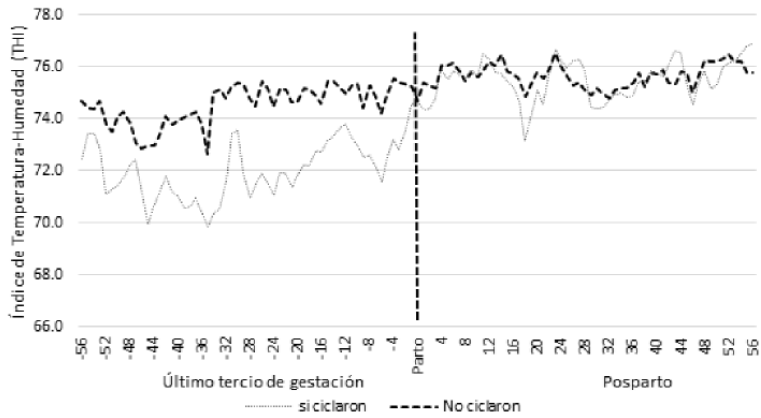



**Figura 3:** Niveles de THI durante el último tercio de gestación y posparto de animales que ciclaron y no ciclaron durante el experimento. [a, b] diferencia significativa entre el THI de los animales que ciclaron con los que no ciclaron (P<0.01).

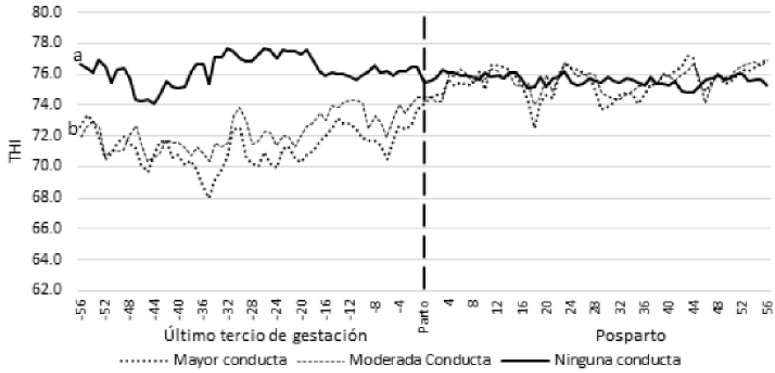



**Figura 4:** Niveles de THI en los animales con mayor, moderada y ninguna conducta reproductiva. [a, b] Diferencias significativas en el THI durante el último tercio de gestación entre animales que no presentaron CR con los que presentaron mayor y moderada CR. Entre estos últimos no se observó significancia.

# Genetic improvement for the Latte Nobile production system: threat or opportunity?

***Francesco Tiezzi***
*Department of Animal Science, North Carolina State University Raleigh, NC USA*

The present paper is articulated in three parts: in the first part a brief review of used and proposed breeding goals in dairy cattle is reported, in the second part genotype by environment interactions are explained, in the third part a proposal for the Latte Nobile production system is brought forward.

**A brief history of breeding goals in dairy cattle.**

Starting from the end of World War II, the dairy cattle industry, as well as the vast majority of the other agricultural industries, and started intensifying production, i.e. increasing the amount of outputs in face of an increase in inputs. Dairy cattle, followed by goats and sheep, has undergone genetic improvement for different breeding goals. The first step of this process was the identification of the breeding goals, which are to be meant as measurable traits that are subject to genetic variation, and therefore can be ameliorated by selective breeding. The condition of genetic determination of the breeding goal is essential to make sure that the individuals chosen to be breeders will pass their characteristics to the progeny. The second step is the implementation of a recording system such that performance of the individuals could

be measured and recorded in an objective manner. The third step is the development of statistical procedures that would allow to compare individuals raised in different environments, as well as to extract the heritable component of a phenotype. Significant work was performed during the mid-twentieth century by Lush, Hazel and Henderson, and nowadays is still under development for the incorporation of genomic information (Maltecca et al., 2010). Once breeding values are calculated for the candidate breeders, these can be chosen from the population to produce next generation individuals. In case of directional selection, the individuals with the most favorable characteristics are chosen, e.g. bulls with higher daughter milk yield or lower somatic cell count. Directional selection has been the most used criterion for dairy cattle selection, although examples of stabilizing selection can be found in the selection for conformation traits, where intermediate types are preferable.

Below are discussed some breeding goals in dairy cattle selection, although the same apply to sheep and goat.

**Protein, Fat, Fertility, Type, Longevity.**

*In a review, Miglior et al. (2005) reported:*

For many years, most selection indices worldwide focused on increasing milk production. National selection indices were based on improving milk yield and gradually shifted toward improving protein yield and, outside North America, toward increasing fat and especially protein content. This was true for most countries with the exception of the Scandinavian countries, whose selection indices also included health and reproduction, and North American countries, whose selection indices included conformation together with production. In the last 5 yr, there has been a growing interest in broadening selection indices to include functional traits such as reproduction and health. Main reasons for this shift were quota-based milk marketing systems, price constraints, or both, together with increasing producer and consumer concerns associated with the observed deterioration of the health and reproduction of dairy cows. Labor costs have increased relatively more than milk price in some countries.

It is clear that the aim to breed for high yield cattle has been replaced with the intention of breeding an animal that would require less inputs, even at the cost of compromising yield. In fact, this was dictated by reduced fertility, fitness and longevity of high yield animals (Heringstad et al., 2003; Veerkamp et al., 2001; Haile-Mariam et al., 2003; Kadarmideen et al., 2003).

**Mastitis, metabolic disorders**

Direct selection for reduced mastitis incidence has gained interest during the past decade, although indirect selection for reduced mastitis, performed used somatic cell score, has been ongoing in the Scandinavian countries since the 1970s. Heringstad et al. (2007) showed from two selection experiments that selection for increased milk production will result in unfavorable correlated selection responses for disease resistance, otherwise considerable genetic improvement can be achieved for mastitis resistance with favorable correlated selection responses for ketosis and retained placenta.

**Milk coagulation properties**

An increase on milk yield, with consequent dilution of protein and unbalancing of casein type proportions, has led to a deterioration of milk coagulation ability. This quality parameter(s) of milk are measured by a dedicated instrument, as reviewed by Bittante et al. (2012). In the same paper, the authors point out how variation in rennet coagulation ability exists between species, with sheep having the fastest-reacting milk that also forming the firmest curds, goats showing fast-reacting milk with moderate firmness of the curd, and cow showing the latest-reacting milk with lower curd firmness. However, in interpreting these results we should consider that cow milk came from Holstein cows, goat milk came from Saanen goats and sheep milk came from Massese ewes. This is important since variation also exists between breeds of the same species. Moreover, variation is known to exist within breed, with heritabilities being moderate.

**Fatty acids**

Although the majority of milk fatty acids content is determined by the diet, several studies reported these traits to be determined at least in part by the genetic background of the cows. In fact, White et al. (2001) showed that fatty acid composition depended on the feeding conditions (pasture vs total mixed ration) but also by the breed (Jersey had lower proportion of conjugated linoleic acid than Holstein).

**Accordingly, Soyeurt et al. (2006):**

This study revealed differences in the fatty acid content of milk across the studied breeds, which suggests the possibility of obtaining milk products with improved nutritional quality by choosing the right breed. Considerable variation within breed was also found. This might suggest a moderate heritability for each component in the fatty acid profile. The high values estimated by this study for individual variation suggest the existence of genetic variability.

It should be noted, however, that the selection for fat content in milk led to a relative saturation of the milk itself, being the saturated part more heritable that the other components (Penasa et al., 2014) and it is the more unsaturated part of the fat to be the least heritable (Stoop et al., 2008).

**Protein composition**

Same as fat composition, protein composition has been shown to be under genetic control (Bovenhius et al., 2013), with protein composition being linked to coagulation properties.

**Minerals, Cholesterol, Color, Antioxidants, Cheese Flavor**

Several milk quality parameters, that are usually considered as determined by the diet, have been found to be moderately determined by the genetic back ground of the cow. In this list fall major minerals, cholesterol, color and antioxidants, but results are still unpublished (De Marchi, personal communication). Cheese flavor, as determined by mass spectrometry, has shown little to none genetic variation

(Bergamaschi et al., 2017), reinforcing the statement that milk and cheese sensory attributes can only be ameliorated by diet.

**Breeding for resilience.**

Resilience is defined as the ability to cope with changes. In a dairy production scenario, resilience could be meant as the ability of the cows to remain healthy when sudden diet changes do not provide a constant meet of the nutritional requirements. In breeding, resilience depends on genotype by environment interactions (GxE).

These interactions are often neglected in genetic evaluations. Models for the prediction of breeding values consider that the phenotype (i.e. the individual measure of a trait on an individual, for example milk yield) is the result of the sum two main components. On one side, the single gene variants that the individual is carrying determine the genetic potential of an individual in a standard environment. On the other side, assumption is that the environment (defined as the management, nutrition and climatic conditions where the individual exploits its genetic potential) affects the performance of the individual, independently of its genetic potential. It is usually assumed that response of a given genotype will be constant over different environmental conditions, and the different environment will affect all genotypes with the same direction and magnitude. In dairy cattle, it has been widely demonstrated that this assumption does not hold, in other words GxE exists and is appreciable.

Several authors demonstrated the existence of GxE in dairy cattle populations. In Australia, Haile-Mariam et al. (2008) found GxE for production, survival and fertility traits over environments defined by different management (herd-size and level of production and climatic variables) and Hayes et al. (2009) discovered regions in the genome associated with heat stress reduction, suggesting that cows will have different tolerance to environmental stressors in a manner that is determined by their genetic background. In Europe, Windig et al. (2011) found GxE for somatic cell score over different productive levels in several strains of Irish dairy cows, whereas Streit et al. (2013) and Norberg et al. (2014) found GxE for protein yield in German Holstein

and Danish Jersey, respectively. In the United States, Oseni et al. (2004) found a moderate GxE for days open in US Holstein reared in the south-eastern states, and Ravagnolo and Misztal (2000) demonstrated that selection for reduced heat stress in dairy cattle is possible, but current selection methods are exacerbating heat stress.

Leveraging on GxE is rather common in plant breeding (Jacquin et al., 2014; Lopez-Cruz et al., 2015), where there is a particular need to develop lines that show high performance in specific environments, in other words 'specialist' genotypes are needed (Kassen, 2002). The same need might arise in dairy cattle when some environmental parameters cannot be (completely) controlled, e.g. temperature and humidity. In this case, breeders could develop specialist genetic material to perform in extremely hot and humid environments. On the other hand, robust 'generalist' individuals could be developed as capable of maintaining constant performance over different environmental conditions.

Specialist and generalist definitions can be easily translated to dairy cattle. Bryant et al., (2006) defined the US Holstein as specialist of environments characterized by superior feeding level, while New Zealand Holstein and Jersey were more tolerant to changes in environmental conditions, i.e. generalists. Kolmodin et al. (2003) have shown that selection of the best animals in a good environment increases environmental sensitivity, since gene variants good to perform in that environment can reach fixation, leaving the individual without the necessary genetic background when exposed to environmental changes. Therefore, high-yielding cows performance could be particularly threatened by changes in environmental conditions.

**A proposal for ruminant breeding in Latte Nobile systems.**

The farmer that wants to produce Latte Nobile, will face two main challenges: on one hand, the quality of the product is not defined with traditional parameters, such as fat, protein or somatic cell count, on the other hand, the farmer must rely on pasture and hay for meeting the nutritional requirements of the cows, with little or none use of concentrate feeds.

For what it concerns the quality of the product, the potential of selective breeding to improve Latte Nobile milk quality is below moderate, because the sensorial parameters of the milk or cheese are influenced by the diet rather than by the genetic background. Specifically for fatty acids, the proportion of long-chain unsaturated fatty acids shows heritability below 10%, meaning that genetic progress under directional selection would be practically null. Moreover, one could speculate that what is captured as genetic variance is attributable to genotype by environment interaction, as it has been seen for other production traits (Tiezzi et al., 2015). In other words, it is hard to hypothesize, from a biological point of view, that a given cow will maintain that deviation from the population average in linoleic acid content, regardless of the diet fed to the cow. It is more credible, that all cows will show low or null content of unsaturated fatty acids in milk when these are not available in the diet, but the cows will show a different ability to transfer those fatty acids in the milk once those are increasingly fed or eaten from the pasture. However, no studies are available to corroborate this hypothesis.

Dairy cattle breeding for pasture-based or grass-fed farms is not as developed as for the confined counterpart. Breeding goals for a pasture-based system are suggested to be more focused on health and fertility (Washburn and Mullen, 2013). The need to breed for fertile cows, even by compromising milk yield, is dictated by the fact that pasture-based production is often seasonal, following grass availability. Cows need to calve at the start of the season of grass availability, which leads to having cows synchronized, and if they cannot reach pregnancy within the breeding season will likely discarded. In order to achieve better health and fertility, the choice of the breed for a pasture-based system can be crucial. Within the Holstein breed, strains developed in Ireland or New Zealand have shown better adaptability to pasture-based systems (Bryant et al., 2006), both for tolerance to heat stress and resilience to diet changes. In the US, a 'lifetime merit selection index for grazing systems' has been recently developed, posing more emphasis on health and fertility traits rather than production (Gay et al., 2014). Dual purpose breeds also represent a valuable alternative. The milder intensity of selection for milk yield, mitigated by including

beef traits among the breeding goals, has made these cows less similar to the extreme 'dairy' type, which also provides strong feet and leg conformation. Crossbreeding is also a very good alternative. Washburn and Mullen (2013) in a review, concluded that crossbreeding is the most valuable option for those farmers, and Berman (2011) confirmed the use of F1 crosses with Zebu breeds for warmer climates.

The Latte Nobile system needs cows that are only mildly selected towards the dairy type, and still maintain a good balance of all traits. In the case of directional selection, multiple breeding goals should be included in the selection index: animals are not bred towards an extreme type but maintain a relative balance between production, reproduction and health. Same should apply for milk components: we shouldn't forget, as mentioned above, that selection for increased fat content in milk will lead to an higher fat saturation index, because the saturated part is more responsive to selection due to the higher heritability, and this will be the component to increase when more fat is demanded into milk. We could talk of stabilizing selection rather than directional selection. Because of the several traits included in the breeding goal, no direction is taken but individuals are bred to fulfill different requirements. Yet, directional selection could be applied for resistance to diseases. Several pathogens and parasites could affect cows' welfare, and the intention to breed for balanced and robust individuals may not suffice. Examples can be found for resistance to parasites, especially in tropical environments (Frisch et al., 2000; Mota et al., 2006; Kadarmideen et al., 2009), and pathogen-specific mastitis is well studied (Ostergaard et al., 2005; Sorensen et al., 2009). The challenge for selection for disease resistance, in general, is the data collection. It is crucial that observations are recorded in a least subjective manner and not only related to veterinary treatments. Subjectivity is a major issue when it comes to parasites since tick presence is usually assessed by count or, as an alternative, by expensive blood tests. For other diseases, such as mastitis, phenotype recording is usually based on veterinary treatments or indicators (e.g. somatic cell count), but none of the two provide an exhaustive assessment of the cow's ability to fight the pathogen. In this case, assessment of subclinical mastitis

is crucial, but novel technologies seem to help in this sense (Anderson et al., 2010).

Ultimately, when a relatively small group of farmers decides to take a different path of selection or, in general, controlled mating, the population undergoing this process could become relatively small. Inbreeding depression can dramatically affect fitness and reproduction trait, therefore the control of inbreeding becomes crucial. Fortunately, relatively low-cost genotyping tools coupled with novel statistical technologies can help maintain genetic variability even in small and/or selected populations (Howard et al., 2017).

**Conclusions**

A role of genetic improvement for the Latte Nobile production system can be envisoned, but this role is not granted to be same as in the rest of the dairy industry. This role needs to be re-thought first in its purpose and then in its methods.

Purpose needs to be defined according to farmers' needs. How do they want to shape their cows and what traits they want to be improved has to be discussed. It is clear that milk quality, as defined as the Latte Nobile parameters, is not under genetic control, so it cannot be improved by selective breeding. On the other hand, cow health status is well known to be regulated by the genetic background, so improvement can be done in this sense to breed for healthier and more robust cows.

Methods will not significantly differ from common dairy cattle breeding, although so differences may arise. In a pasture-based system, where animals live outside and feed depends (mainly) on pasture availability, conditions cannot be assumed constant and/or always controllable. In other words, performance (e.g. mastitis incidence rate, metabolic disorders) will be influenced by those conditions and common correction for 'contemporary group performance' may not suffice. It is advisable that an extensive monitoring and recording of those conditions is set in place. This could serve as a farm monitoring tool in addition to genetic evaluations. As an example, climatic variables and pasture composition could be monitored, as conditions

affecting cow health status in general. These variables will be used in the statistical models to adjust for the environmental conditions as well as to find the most robust cows towards to diet changes and heat stress.

Genetic improvement should not, in this production system, create cows with high requirement that farmers are mandated to meet. It should rather breed for cows well suited for this production system.

**References**

Maltecca, C., Parker K. L., and Cassandro M. 2010. Accomplishments and new challenges in dairy genetic evaluations. Italian Journal of Animal Science, 9(4), e68.

Miglior, F., B. L. Muir, and B. J. Van Doormaal. 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. Journal of dairy science 88.3 (2005): 1255-1263.

Heringstad, B., Y. M. Chang, D. Gianola, and G. Klemetsdal. 2003. Genetic analysis of longitudinal trajectory of clinical mastitis in first-lactation Norwegian Cattle. J. Dairy Sci. 86:2676–2683.

Veerkamp, R. F., E. P. C. Koenen, and G. De Jong. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. J. Dairy Sci. 84:2327–2335.

Haile-Mariam, M., P. J. Bowman, and M. E. Goddard. 2003. Genetic and environmental relationships among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. Livest. Prod. Sci. 80:189–200.

Kadarmideen, H. N., R. Thompson, M. P. Coffey, and M. A. Kossaibati. 2003. Genetic parameters and evaluations from single- and multiple-trait analysis of dairy cow fertility and milk production. Livest. Prod. Sci. 81:183–195.

Heringstad, B., G. Klemetsdal, and T. Steine. 2007. Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian red cows. Journal of dairy science 90.5 (2007): 2419-2426.

Bittante G., Penasa M. and Cecchinato A. 2012. Invited review: genetics and modeling of milk coagulation properties. Journal of Dairy Science 95, 6843–6870.

White, S. L., Bertrand, J. A., Wade, M. R., Washburn, S. P., Green, J. T., and Jenkins, T. C. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. Journal of Dairy Science, 84(10), 2295-2301.

Soyeurt, H., Dardenne, P., Gillon, A., Croquet, C., Vanderick, S., Mayeres, P., and Gengler, N. 2006. Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. Journal of Dairy Science, 89(12), 4858-4865.

Penasa, M., Tiezzi, F., Gottardo, P., Cassandro, M., and De Marchi, M. 2015. Genetics of milk fatty acid groups predicted during routine data recording in Holstein dairy cattle. Livestock Science, 173, 9-13.

Stoop, W. M., Van Arendonk, J. A. M., Heck, J. M. L., Van Valenberg, H. J. F., and Bovenhuis, H. 2008. Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. Journal of Dairy Science, 91(1), 385-394.

Bovenhuis, H., Visker, M. H. P. W., and Lundén, A. 2013. Selection for milk fat and milk protein composition. Advances in Animal Biosciences, 4(3), 612-617.

Bergamaschi, M., Cecchinato, A., Biasioli, F., Gasperi, F., Martin, B., and Bittante, G. 2016. From cow to cheese: genetic parameters of the flavour fingerprint of cheese investigated by direct-injection mass spectrometry (PTR-ToF-MS). Genetics Selection Evolution, 48(1), 89.

Haile-Mariam, M., Carrick, M. J., and Goddard, M. E. 2008. Genotype by environment interaction for fertility, survival, and milk production traits in Australian dairy cattle. Journal of Dairy Science, 91(12), 4840-4853.

Hayes, B. J., Bowman, P. J., Chamberlain, A. J., Savin, K., Van Tassell, C. P., Sonstegard, T. S., and Goddard, M. E. 2009. A validated

genome wide association study to breed cattle adapted to an environment altered by climate change. PLoS One, 4(8), e6676.

Windig, J. J., Mulder, H. A., Bohthe-Wilhelmus, D. I., and Veerkamp, R. F. 2011. Simultaneous estimation of genotype by environment interaction accounting for discrete and continuous environmental descriptors in Irish dairy cattle. Journal of Dairy Science, 94(6), 3137-3147.

Streit, M., Reinhardt, F., Thaller, G., and Bennewitz, J. 2013. Genome-wide association analysis to identify genotype× environment interaction for milk protein yield and level of somatic cell score as environmental descriptors in German Holsteins. Journal of Dairy Science, 96(11), 7318-7324.

Norberg, E., Madsen, P., Su, G., Pryce, J. E., Jensen, J., and Kargo, M. 2014. Short communication: Heterosis by environment and genotype by environment interactions for protein yield in Danish Jerseys. Journal of Dairy Science, 97(7), 4557-4561.

Oseni, S., Misztal, I., Tsuruta, S., and Rekaya, R. 2004. Genetic components of days open under heat stress. Journal of Dairy Science, 87(9), 3022-3028.

Ravagnolo, O., and Misztal, I. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. Journal of Dairy Science, 83(9), 2126-2130.

Jarquín, D., Crossa, J., Lacaze, X., Du Cheyron, P., Daucourt, J., Lorgeou, J., and de los Campos, G. 2014. A reaction norm model for genomic selection using high-dimensional genomic and environmental data. Theoretical and Applied Genetics, 127(3), 595-607

Lopez-Cruz, M., Crossa, J., Bonnett, D., Dreisigacker, S., Poland, J., Jannink, J. L., and de los Campos, G. 2015. Increased Prediction Accuracy in Wheat Breeding Trials Using a Marker× Environment Interaction Genomic Selection Model. G3: Genes| Genomes| Genetics, g3-114.

Kassen R 2002. The experimental evolution of specialists, generalists, and the maintenance of diversity. Journal of Evolutionary Biology 15: 173-190

Bryant, J. R., López-Villalobos, N., Pryce, J. E., Holmes, C. W., and Johnson, D. L. 2006. Reaction norms used to quantify the responses of New Zealand dairy cattle of mixed breeds to nutritional environment. New Zealand Journal of Agricultural Research, 49(4), 371-381.

Kolmodin, R., Strandberg, E., Jorjani, H., and Danell, B. 2003. Selection in the presence of a genotype by environment interaction: response in environmental sensitivity. Animal Science **76(3), 375-386.**

Tiezzi, F., de Los Campos, G., Gaddis, K. P., and Maltecca, C. 2017. Genotype by environment (climate) interaction improves genomic prediction for production traits in US Holstein cattle. Journal of dairy science, 100(3), 2042-2056.

Washburn, S. P., and Mullen, K. A. E. 2014. Invited review: Genetic considerations for various pasture-based dairy systems. Journal of dairy science, 97(10), 5923-5938.

Gay, K.D., N.J.O. Widmar, T.D. Nennich, A.P. Schinckel, J.B. Cole, and M.M. Schutz. 2014. Development of a Lifetime Merit-based selection index for US dairy grazing systems. J. Dairy Sci. 97:4568–4578.

Berman, A. 2011. Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?. Journal of Dairy Science, 94(5), 2147-2158.

Frisch, J. E., C. J. O'Neill, and M. J. Kelly. 2000. Using genetics to control cattle parasites—The Rockhampton experience. Int. J. Parasitol. 30:253–264.

Mota, R. R., P. S. Lopes, R. J. Tempelman, F. F. Silva, I. Aguilar, C. C. G. Gomes and F. Cardoso. 2016. Genome-enabled prediction for tick resistance in Hereford and Braford beef cattle via reaction norm models. J. Anim. Sci. 94:1834-1843.

Kadarmideen, H. N., B. de Klerk, and K. C. Prayaga. 2009. Evidence of a major gene for tick and worm resistance in tropical beef cattle via complex segregation analyses. Proc. 60th EAAP Annual Meet- ing, Barcelona, Spain. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands

**Østergaard**, S., Chagunda, M. G. G., Friggens, N. C., Bennedsgaard, T. W., and Klaas, I. C. 2005. A stochastic model simulating pathogen-specific mastitis control in a dairy herd. Journal of dairy science, 88(12), 4243-4257.

Sørensen, L. P., Guldbrandtsen, B., Thomasen, J. R., and Lund, M. S. 2008. Pathogen-specific effects of quantitative trait loci affecting clinical mastitis and somatic cell count in Danish Holstein cattle. Journal of dairy science, 91(6), 2493-2500.

Anderson, K. L., Correa, M. T., Allen, A., and Rodriguez, R. R. 2010. Fresh cow mastitis monitoring on day 3 postpartum and its relationship to subsequent milk production. Journal of dairy science, 93(12), 5673-5683.

Howard, J. T., Pryce, J. E., Baes, C., and Maltecca, C. 2017. Invited review: Inbreeding in the genomics era: Inbreeding, inbreeding depression, and management of genomic variability. Journal of Dairy Science.

# El control de nematodos gastroentéricos en la producción orgánica de ovinos.

***Cuéllar Ordaz, Alfredo***
*Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.*
*jcuellar@unam.mx*

**Introducción.**

La nematodosis gastroentérica es una enfermedad multietiológica ocasionada por la acción conjunta de varios géneros y especies de parásitos, la comparten los rumiantes; es un complejo parasitario causante del síndrome de mala absorción. Su presentación clínica depende de la cantidad parásitos y sus hábitos alimenticios, la edad, resistencia y estado nutricional del hospedador y de las condiciones climatológicas y las prácticas de manejo (Besier y col., 2016). En muchos casos la parasitosis pasa inadvertida, hay ausencia de signos clínicos, especialmente en animales con resistencia genética a los parásitos (Woolaston y Baker, 1996) o en los resilientes (Steel, 2003). *Haemonchus contortus* es el nematodo gastrointestinal (NGE) más frecuente e importante en todos los ecosistemas mexicanos donde se crían ovinos en pastoreo, por sus hábitos hematófagos se considera uno de los más virulentos (Quiroz, 1989). A los ovinos jóvenes afectados en forma aguda por la hemoncosis se les encuentran muertos sin mostrar ningún signo clínico, que puede deberse a la pérdida de sangre y en

ocasiones se puede acompañar por pérdida de peso. Los casos crónicos se caracterizan por anorexia, mucosas pálidas, edema submaxilar, debilidad muscular, marcha tambaleante, diarrea, vellón quebradizo y baja producción láctea (Taylor y col., 2007).

Para el tratamiento de la nematodosis gastroentérica se recomienda la aplicación de antihelmínticos, es una actividad fácil de realizar, económica y eficaz, sin embargo, su uso reiterado ha favorecido la aparición de parásitos resistentes a esos productos, lo cual representa uno de los problemas de salud más importantes en el mundo, trayendo como consecuencia bajas utilidades al productor y ha orillado al desaliento, en muchos casos hasta al abandono de la producción ovina (Van Wyk y col., 1999; Kaplan, 2004; Molento, 2009).

La resistencia a los antihelmínticos (RA) es un problema que tiene una gran repercusión económica, en muchos lugares del mundo se han reportado casos de cepas de NGE con RA, actualmente es un problema frecuente y grave en el continente americano (Torres-Acosta y col., 2012). En México se han desarrollado investigaciones aisladas para detectar el problema de RA, principalmente en los estados de la costa del Golfo de México, siendo escasas en el altiplano mexicano. Los estudios llevados a cabo en ecosistemas cálidos y húmedos han demostrado una alta frecuencia de rebaños con RA (Torres-Acosta y col., 2003; Nuncio y col., 2005; Torres-Acosta y col., 2007), mientras que en el altiplano y en los climas secos hay una baja frecuencia de RA (García-Flores y col., 2003; Montalvo-Aguilar, 2006). La situación de RA en los rebaños ovinos de Tabasco se considera como grave (Torres-Acosta y col., 2012; González Garduño y col., 2003).

La resistencia antihelmíntica se relaciona con la selección de individuos por fármacos que afectan únicamente a la porción parásita de una población de nematodos. Se espera que ningún antihelmíntico sea 100% eficaz y sus diferentes fases de desarrollo, el pequeño número que sobreviven, representan la porción resistente de la población, tienen una elevada oportunidad para contribuir en la siguiente generación aumentando la cantidad de individuos resistentes (Waller, 1997).

Por los mecanismos de adaptación del parásito y en gran medida por el uso indiscriminado de antiparasitarios (uso de éstos sin diagnóstico previo, sin tiempos establecidos para su uso, es decir, sin cronograma sanitario) y además, sin respetar los tiempos de retiro en carne y leche, la RA se convierte en un potencial problema de salud pública.

Por otro lado, dado que cada vez más el consumidor demanda carne libre de cualquier compuesto químico (producción verde u orgánica), para el control de NGE se requiere del empleo de opciones no farmacológicas seguras, eficaces y sustentables.

De acuerdo a la FAO (2001), "orgánico" es un término de etiquetado que indica que los productos se han producido con arreglo a las normas de la producción orgánica, y que están certificados por un organismo o autoridad de certificación debidamente constituido. La agricultura orgánica se basa en la reducción al mínimo del empleo de insumos externos, y evita el empleo de fertilizantes y abonos sintéticos. Debido a la contaminación ambiental generalizada las prácticas de producción orgánica no pueden garantizar la ausencia total de residuos. Sin embargo, se aplican métodos destinados a reducir al mínimo la contaminación del aire, el suelo y el agua. Los manipuladores, elaboradores y vendedores al por menor adhieren a normas que mantienen la integridad de los productos orgánicos. La meta principal es lograr un nivel óptimo de salud y productividad de las comunidades interdependientes de organismos del suelo, plantas, animales y seres humanos.

El manejo del ganado para la producción orgánica debería tener como objetivo el utilizar métodos naturales de reproducción, minimizar el estrés, prevenir enfermedades, eliminar progresivamente el uso de medicamentos veterinarios químicos alopáticos (incluyendo los antibióticos), reducir la alimentación de los animales con productos de origen animal (como por ejemplo la harina de carne), y mantener la salud y el bienestar de los animales (FAO, 2001).

Ahora bien, para poder llevar a cabo medidas adecuadas de control de la RA se requiere de un diagnóstico para determinar su presencia o ausencia, esto se dificulta ante la falta de infraestructura necesaria para corroborar en el laboratorio los problemas sanitarios ocurridos

a nivel de campo. Además, por parte del productor hay ausencia de comprensión o interés en el conocimiento del problema de la RA, aunado al escaso apoyo para la investigación del problema de RA en salud animal, situación que se ha venido agravando en los últimos años y que cierra el círculo de la falta de opciones para disminuir la dependencia de fármacos (Torres-Acosta y Hoster, 2008).

Se ha acuñado el término Control Integrado de Parásitos (CIP), particularmente cuando existe RA y se pretende controlar. Para el CIP se requiere de componentes importantes, como la disponibilidad de técnicas para el diagnóstico de RA, una verificación de la calidad de los antihelmínticos, el conocimiento de la epidemiología parasitaria local y el cambio en la mentalidad al utilizar métodos menos dependientes de los antihelmínticos, entre éstos existen diversos esfuerzos, con diverso grado de avance y algunos de ellos se describirán a continuación.

Se describirán las diferentes opciones actuales para el control de NGE, en especial las que requieren el uso mínimo de compuestos químicos y cuando se pretende evitar o contrarrestar el problema de RA.

**Manejo del pastoreo.**

Al ser la pradera el medio externo natural para el desarrollo y supervivencia de las larvas de NGE, es posible su manipulación a efecto de reducir el riesgo de infección. De acuerdo con Barger (1996), esto puede ser realizado por descanso de potreros, que consiste en obtener pasturas seguras o eventualmente limpias de parásitos utilizando estrategias de manejo animal donde se busca minimizar la contaminación de praderas con larvas. Se requiere de un conocimiento epidemiológico de la NGE, se debe conocer la supervivencia de los estadios libres no parásitos en los diversos tipos de praderas y ecosistemas, al no haber contacto del hospedador con el parásito se produce una baja en la reserva de larvas infectantes por acción directa de los rayos solares y de la desecación en los potreros, por lo que se requiere desocupar el potrero por un tiempo suficiente para que ocurra dicha mortalidad larvaria. La desventaja que presenta este tipo de manejo es que se requiere que los potreros permanezcan libres semanas o meses, por lo tanto, se produce una pérdida en la calidad

del forraje y es extremadamente perjudicial en los sitios donde la alimentación depende del pastoreo, los ovinos son muy selectivos y requieren y consumen pasturas de excelente calidad y palatabilidad.

El pastoreo rotativo cuyo principio es que los animales no ocupan siempre toda el área de pastoreo, sino que en momentos determinados, existen áreas que se mantienen libres de animales, los tiempos de pastoreo pueden variar dependiendo la calidad y disponibilidad de forraje. Si bien en estos sistemas las cargas parasitarias aumentan, los periodos de descanso pueden ser extremadamente largos para hacer declinar drásticamente los niveles de contaminación de la pastura, en lugares templados la disponibilidad de larvas infectantes es relativamente baja, la supervivencia larvaria es mayor y la contaminación declina también más lentamente debido a que se necesita un periodo de descanso de los potreros de aproximadamente 90 días. En climas tropicales, se ha obtenido un adecuado control de NGE con tiempos de pastoreo de cuatro días y descansos de 30 días, por la mortandad de larvas entre las cuatro y seis semanas luego de la contaminación. Una de las ventajas que tiene este manejo es la continua reducción en la contaminación de las pasturas con la consecuente disminución en la utilización de antihelmínticos.

Otra opción de interés es el pastoreo mixto entre distintos tipos de rumiantes, particularmente de bovinos y ovinos. Además del mejor aprovechamiento del recurso forrajero, el pastoreo mixto favorece una disminución de la contaminación con larvas infectantes de NGE en la pradera reduciendo el riesgo de adquisición de estos parásitos por parte de los ovinos. Al introducir primero al pastoreo a los bovinos, éstos al ser menos susceptibles a los NGE, permiten el desarrollo de sólo algunos NGE en su interior y, desde luego, la excreción de huevos disminuye. A este mecanismo se le ha denominado efecto aspiradora.

Una experiencia distinta, relacionada con el manejo del pastoreo, fue reportada en México al comparar a corderos que salían a pastorear o se mantuvieron confinados durante su etapa de lactación y posdestete. Hubo una menor eliminación de huevos de NGE y una mejor ganancia de peso en los corderos mantenidos en confinamiento comparados con los que pastorearon (Cuéllar y col., 2004).

**Animales resistentes.**

En los rumiantes se presenta una gran variabilidad en la susceptibilidad individual a las enfermedades debidas a ectoparásitos, helmintos y protozoarios. La variación genética puede ocurrir entre razas y dentro de razas. Así, algunos animales son más resistentes que otros a dichas enfermedades.

El término *resistencia a nematodos* es la habilidad de un hospedador para iniciar y mantener una respuesta que evite o reduzca el establecimiento de los parásitos o bien, elimine la carga parasitaria (Albers y Gray, 1987). Los animales resistentes no son completamente refractarios a la enfermedad, solo albergan menos parásitos que los animales susceptibles y por lo tanto eliminan menos huevos en las heces y prácticamente no manifiestan signos de la parasitosis. Se ha demostrado que algunas razas de ovinos son más resistentes que otras a los nematodos gastroentéricos. Algunas de las razas en las que se ha demostrado esta resistencia son: Blackbelly (Yazwinski y col., 1980), Florida (Torres y col., 1994), St. Croix, Katahdin (Parker y col., 1993), Red maasai (Mungambi y col., 1996), Nali (singhy col., 1997), Polaca de lana larga (Bouix y col., 1998), Nativa de Louisiana (Miller y col., 1998), Florida y sus cruzas (Amarante y col., 1999) y Castellana Gómez-Muñoz y col., 1999).

En evaluaciones raciales en términos productivos, los ovinos raza Katahdin fueron más pesados y tuvieron mayores ganancias de peso que los Pelibuey, esta última fue más susceptible a infecciones parasitarias que Katahdin, indirectamente sugiere una mayor adaptación de Katahdin al sitio de estudio (Chiapas, México) donde hay más prevalencia de *Haemonchus* sp. y *Trichostrongylus* sp. (Ruiz-Zarate y col., 2013).

Se han realizado evaluaciones dentro de raza, encontrando que existe una variabilidad genética individual que obliga a la selección de aquellos animales con una reducida eliminación de huevos en las heces. Dicha variabilidad probablemente está basada en la capacidad individual de un animal para responder inmunológicamente contra los parásitos (Pernthaner y col., 1995; Pernthaner y col., 1996) y es una característica altamente heredable (Sreter y col., 1994).

Otro factor a considerar es la *capacidad de recuperación* o resiliencia, que puede definirse como la capacidad que tiene un hospedador de mantener casi el mismo nivel de producción ante un desafío parasitario (Albers y Gray, 1987). No necesariamente los animales que eliminan menos huevos tienen la misma capacidad de recuperación, incluso animales con alta resistencia pueden tener baja capacidad de recuperación. Por lo anterior, resulta evidente que para evaluar en forma integral algún tipo racial de ovinos, es necesario considerar las dos variables mencionadas. Cabe mencionar que un inconveniente de contar con animales resilientes es su acción contaminante de los potreros, efecto perjudicial para el resto de los animales, sobre todo los más jóvenes.

Aunque existen diferentes formas de evaluar la resistencia genética a nematodos gastroentéricos, dos son las más utilizadas, la primera y más común es medir la reducción en la eliminación de huevos en las heces, con todas las limitaciones que eso implica, pues la cantidad de huevos eliminados no necesariamente está relacionada con la carga parasitaria en el animal. No obstante, esta prueba se ha empleado para la selección de animales en Australia (Woolaston, 1993; Pernthaner y col., 1995; Eady y col., 1996). La segunda y más confiable para conocer el efecto racial sobre la resistencia a los nematodos gastroentéricos en los ovinos, es conocer la cantidad de parásitos (larvas y adultos) presentes en el tracto gastrointestinal de los animales evaluados (Todd y col., 1978; Gray y col., 1992; Gill, 1994; Pfeffer y col., 1996; Hood y col., 1999), sin embargo, se requiere de una gran inversión y el sacrificio de los animales a evaluar.

Los criterios para evaluar la resistencia a una infección por *H. contortus* consisten en medir el efecto patógeno de la enfermedad, por ejemplo, cambios en el peso corporal, conversión alimenticia, niveles plasmáticos de pepsinógeno, cantidad de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina, cantidad de proteínas plasmáticas, porcentaje de hematocrito, lesiones abomasales y presencia o ausencia de signos clínicos de la enfermedad (Todd y col., 1978; Torres y col., 1994; Romjali y col., 1996; Mugambi y col., 1997; Hood y col., 1999).

Aún no son de todo conocidos los mecanismos de la resistencia o de la capacidad de recuperación en una infección por *H. contortus*. Varios autores han sugerido que estos pueden tener una base inmunológica; se ha detectado una relación entre la resistencia genética a *H. contortus* y el número de células productoras de anticuerpos (IgA e IgG1) presentes en la mucosa del abomaso (Gill y col., 1994). A nivel sistémico, se sabe que la inoculación de larvas de *H. contortus* induce un aumento de linfocitos en sangre, hipersensibilidad retardada hacia antígenos del parásito (Gill, 1994), proliferación de linfocitos T obtenidos de nódulos linfáticos de abomaso (Gill y col., 1994) y el aumento de algunas subpoblaciones de linfocitos de sangre periférica (Bouix y col., 1998). Por otro lado, se ha encontrado un mayor nivel de IgG sérica específica contra L-3 de *H. contortus* en ovinos Blackbelly (resistentes) en comparación a los de raza Columbia (susceptibles) (Muñoz y col., 2006). En otros casos los datos a este respecto son contradictorios, por ejemplo, no se ha encontrado una relación entre los niveles de IgG, IgM e IgA séricas con el estado de resistencia de los ovinos raza Castellana infectados con *H. contortus* (Gómez-Muñoz y col., 1999).

Otro de los factores que se han asociado a la resistencia es el aumento de los eosinófilos sanguíneos y abomasales (Douch y Morum, 1993; Pernthaner y col., 1995). Se ha reportado una diferencia entre la eliminación de huevos, porcentaje de hematocrito y eosinofilia en ovejas Red Maasai en comparación a la raza Dorper tras la infección artificial con *H. contortus* (Wanyangu y col., 1997). En México se ha demostrado que los ovinos de la raza Blackbelly, resistentes a la infección por *H. contortus*, tuvieron mayores niveles de eosinófilos que los animales de raza Columbia, susceptibles a la infección (Cuéllar y col., 2005). En esas dos razas, las concentraciones de sodio y potasio séricas fueron en los corderos infectados con respecto a los corderos no infectados. Los corderos Columbia infectados presentaron menores concentraciones de sodio sérico que los Blackbelly infectados entre la semana dos a la diez. No hubo diferencias en las concentraciones de cobre sérico entre los animales de ambas razas infectados y libres de *H. contortus*. Las concentraciones de sodio sérico se correlacionaron negativamente con la cantidad de huevos excretados ($r=-0.9$, $p<0.001$).

Las concentraciones séricas de sodio (r=0.62, p<0.05) y potasio (r= 0.43, p<0.12) correlacionaron positivamente con la ganancia de peso de los corderos Columbia, pero no con la ganancia de los corderos Blackbelly, indicando una mayor resiliencia y resistencia de los corderos de pelo en relación a los Columbia (Muñoz-Guzmán y col., 2016).

Adicionalmente, la inducción de eosinofilia en tejido abomasal y sistémica por la inoculación de un concentrado vesicular de la larva de *Taenia hydatigena* se traduce en un menor establecimiento de fases adultas de *H. contortus*, sin embargo, se demostró que existen otros mecanismos celulares (linfocitos T) que participan en el menor conteo de parásitos (Cuenca y col., 2011). Se ha sugerido que se presenta una respuesta tipo Th1 en la submucosa abomasal y tipo Th2 en la mucosa abomasal. La cantidad de eosinófilos y mastocitos y la expresión *in situ* de IFNγ, IL-2, IL-4 y IL-6 en la pared abomasal estuvo correlacionada negativamente con la carga parasitaria (p< 0.05). Esto hace suponer que el concentrado vesicular de la larva de *Taenia hydatigena* es un estimulador no específico de la respuesta inmune abomasal y puede proporcionar la protección contra *H. contortus* observada (Buendía-Jiménez y col., 2015).

De igual manera, se ha comprobado que la respuesta inmunológica local (eosinófilos tisulares, células plasmáticas y subpoblaciones de linfocitos) no es homogénea en toda la mucosa abomasal y es dependiente de la región anatómica (fúndica o pilórica) que se esté evaluando (Muñoz y col., 2012).

Para conocer si el estado nutricional del animal afecta su capacidad de resistencia a *H. contortus*, se evaluó el efecto de la desnutrición sobre la capacidad de asociación al tejido abomasal de larvas infectantes de *H. contortus* en corderos Blackbelly (resistentes a *H. contortus*) mediante una técnica *in vitro* de explantes. En los animales que recibieron el 50% de sus requerimientos se encontró un mayor porcentaje de larvas de *H. contortus* que penetraron al tejido abomasal, concluyendo que el estatus nutricional si afecta ligeramente la asociación de las larvas de *H. contortus* al tejido abomasal (Sánchez y col., 2015).

La ventaja de los animales resistentes es que en ellos se da un aumento en su producción y una reducción en la utilización de

antihelmínticos, sin embargo, una desventaja es que el proceso de selección de animales resistentes es lento.

**Vacunas.**

La vacunación contra NGE es la opción más atractiva para reducir el uso de antihelmínticos aun cuando no se haya establecido la RA (Smith, 1999; Dalton y Mulcahy, 2001). Los avances más importantes en las vacunas para los NGE han sido el caracterizar los antígenos protectores y antígenos ocultos, sin embargo, experimentalmente no se han logrado reducciones rápidas de la intensidad de NGE, lo que si consiguen los tratamientos antihelmínticos con la expectativa de que los efectos de la vacunación serían persistentes y los beneficios a largo plazo más grandes (Newton y Munn, 1999).

El antígeno oculto H11 de *H. contortus* que es la designación abreviada para H110D, una glicoproteína integrante de la membrana obtenida de las microvellosidades intestinales de *H. contortus*, ha mostrado ser eficaz probablemente por la relación específica del anticuerpo que inhibe la actividad enzimática del antígeno (Newton y Munn, 1999).

**Desparasitación selectiva (Sistema FAMACHA).**

A principios de la década de los noventas del siglo anterior, en Sudáfrica se investigó si era posible conocer el grado de anemia clínica en la infección con NGE tomando en la coloración de la mucosa de las membranas oculares (Malan y Van Wyk, 1992; Malan y col., 2001). Para tal fin se evaluaron de forma subjetiva las variaciones de color, sin estándares de color, cuando se obtuvieron los resultados, se desarrolló una tarjeta de colores (desde rojo intenso, pasando por rosa hasta prácticamente blanco) en la cual podían compararse los colores de la mucosa ocular del animal (Bath y col., 1996). Esas coloraciones fueron preestablecidas con auxilio de la computación gráfica, representando cinco grados y pequeñas variaciones del estatus sanguíneo incluyendo la anemia, se comprobó que los diferentes grados del estatus sanguíneo tienen una correlación de 0.8 con un grado de confiabilidad superior a 95% para las infecciones causadas por *H. contortus*. De ahí nació el método o sistema FAMACHA, cuyo término es un acrónimo formado

por las sílabas iniciales del autor de la idea, Dr. **FA**ffa **MA**lan y la palabra **CHA**rt, tarjeta, consistente en evaluar clínicamente a los animales de un rebaño para que indirectamente pueda conocerse el efecto de la parasitosis por *H. contortus* y, con base en eso, se tome la decisión de aplicar el tratamiento antihelmíntico (Malan y Van Wyk, 1992).

El objetivo es identificar clínicamente los animales resistentes, resilientes y susceptibles a las infecciones por NGE, en especial cuando *H. contortus* es la causa más frecuente de anemia, optimizando el tratamiento de forma selectiva en situaciones reales en el campo, sin la necesidad obligada de recurrir al diagnóstico de laboratorio. Cabe señalar que el sistema FAMACHA sólo debe ser utilizado en las infecciones donde previamente se ha demostrado mayoritariamente la presencia de *H. contortus* y se recomienda emplearlo en conjunción con otras medidas de control de helmintos (Van Wyk, 2001). En evaluaciones en campo se encontró una correlación muy alta (r= 0.80) entre la coloración de la conjuntiva ocular, el valor del volumen del paquete celular (VPC) y la presencia del *H. contortus* (Malan y Van Wyk, 1992).

El problema con la estimación de la precisión cuando se usa el sistema FAMACHA, es que sólo son asignadas cinco categorías (de la uno a la cinco; la primera es de color rojo intenso y la cinco es rosa pálido) mientras que los valores del VPC pueden variar más de 30 puntos porcentuales (entre 8 a 40%, siendo el rango normal del VPC de 25 a 35%). Sin embargo, una categoría de FAMACHA que es asignada a un animal en el cual el VPC cae en alguna división arbitraria entre las categorías de FAMACHA, podría ser asignada de manera casi igualmente correcta a la más alta o a la más baja. Las evaluaciones incorrectas son entonces relativas al grado en el cual cada evaluación clínica varía del VPC (Van Wyk y col., 1998).

En función a la categoría o índice del sistema FAMACHA deben tomarse diferentes decisiones. Con los índices 1 y 2 no es necesario desparasitar, se considera que los animales no están anémicos y su coloración es normal (rojo intenso o rojo). El índice 3 (mucosa rosa) se considera la frontera entre desparasitar o no, deben tomarse en cuenta otros aspectos (condición corporal, estado fisiológico, presencia

de edema submandibular) para aplicar o no un desparasitante. Los ovinos con los índices 4 y 5 (mucosa rosa claro y prácticamente blanca, respectivamente) deben recibir tratamiento, con la recomendación que debe ser un principio activo eficaz (Bath y col., 1996). El sistema FAMACHA detecta animales que padecen algún problema de salud que cursa con anemia, pudiendo ser desde la malnutrición, pasando por enfermedades crónicas (paratuberculosis, linfadenitis caseosa), otras parasitosis (fasciolasis, cestodosis), problemas dentales y hasta deficiencias minerales (selenio, cobalto, cobre). Por lo tanto, hay animales sin parásitos que muestran una coloración muy pálida en sus mucosas conjuntivales, afortunadamente en la mayoría de los casos esos problemas no rebasan el 5% de los animales del rebaño (Sotomaior y col., 2003).

Es una buena herramienta de diagnóstico y toma de decisiones cuando los ovinos parasitados con *H. contortus* pastorean en una pradera con una calidad deficiente de energía y proteína, donde la parasitosis y la desnutrición se traducen en grados variables de anemia. Se ha demostrado que en animales infectados artificialmente con *H. contortus* y con buen estado nutricional, los coeficientes de correlación entre los parámetros de interés (eliminación de huevos, PVC e índice FAMACHA), son muy variables y pocos fueron significativos (Pérez, 2006).

En evaluaciones de campo efectuadas en México, se ha encontrado que mediante el uso mensual del sistema FAMACHA se logra disminuir la frecuencia de animales con mucosas oculares pálidas prácticamente desaparecen a los dos meses de aplicado el sistema (Gervacio y col., 2006). Además sólo una mínima parte de los animales debe ser desparasitado, disminuyendo la presión de selección hacia la aparición de cepas de NGE con RA, lo que contribuye a incrementar la proporción de parásitos susceptibles en el refugio, definido éste como la subpoblación de estadios libres de NGE, especialmente de huevos y larvas que no son afectados directamente por un antihelmíntico (Torres-Acosta y Hoster, 2008) y como consecuencia, se disminuye la probabilidad de generar RA, que de hecho es uno de los principales objetivos del sistema FAMACHA (Van Wyk, 2001), pues solo los animales

más susceptibles, aquellos que muestran mucosas pálidas, son los que deben recibir tratamiento y el resto del rebaño que está en estado de resistencia o en resiliencia no es desparasitado. En este sentido, en el sur de Brasil, evaluando un rebaño ovino infectado durante un periodo de 9 a 12 meses, encontraron que se redujo hasta en un 86.1% el número de animales que debieron ser desparasitados y el 42.8% de los animales nunca requirieron el tratamiento antihelmíntico (Sotomaior y col., 2003).

El sistema FAMACHA, cuando se aplica por personal capacitado con experiencia, además de disminuir los tiempos de evaluación, permite un buen acercamiento para conocer indirectamente el estado parasitario y su efecto en el animal (grado de anemia). Lo anterior ya ha sido validado al evaluar el entrenamiento de médicos veterinarios en la apreciación de los colores de la mucosa ocular en animales en los que se conocía la eliminación de huevos y el porcentaje de hematocrito (Milczewski y col., 2003).

**Microrganismos con actividad nematófaga.**

El principio de esta medida de control es que los hongos están destinados a combatir los estados libres de NGE que se encuentran en la materia fecal, estos poseen la capacidad de capturar larvas de NGE por medio de trampas adherentes, el hongo penetra al interior de su presa perforándole su cutícula y desarrollando un bulbo a partir del cual las hifas tróficas invaden progresivamente al parásito y absorben su contenido provocando su muerte (Mendoza y col., 1998).

Se ha estudiado el efecto de la adición individual y simultánea de tres hongos nematófagos (*Monacrosporium eudermatum*, *Arthrobotrys oligospora* y *A*. *robusta*) en cultivos fecales de ovinos sobre el número de larvas infestantes de *Haemonchus contortus*. Con el primer hongo se observó una reducción del 97.7%, con el segundo del 98.2%, con el tercero del 10.1% y con la combinación de los tres del 97.4% (Mendoza y Vázquez, 1993).

Por otro lado, se han utilizado las clamisosporas del hongo *Duddingtonia flagrans*, de amplia distribución mundial, que se adicionan al alimento, después de pasar por el tracto gastrointestinal,

y ya en las heces, el hongo produce una red tridimensional, que atrapa a las larvas y las destruye (Barnes y col., 1995). En estudios de campo se ha encontrado que dosificando 500,000 clamidosporas de *D. flagrans* por kg de peso vivo en corderos y ovejas, se presenta una importante reducción (entre 24.2% y 49.2%) en la presencia de larvas infectantes en las praderas (Jackson y col., 2005).

También se ha evaluado el hongo *Arthrobotrys musiformis* que después de la ingestión de sus conidias encapsuladas o en forma acuosa y su paso por el tracto gastrointestinal, mantienen su efecto sobre las larvas infectantes de NGE en ovinos (Graminhay col., 2005).

La principal ventaja de este tipo de hongos es que si se utilizan correctamente no producirán una eliminación total de la población larvaria y permiten un aumento gradual de la inmunidad y una menor dependencia de los antihelmínticos (Barnes y col., 1995).

Por otro lado, se ha evaluado la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* que produce cristales proteicos con actividad citotóxica en contra de insectos y nematodos. Las proteínas de la cepa IB-16 han mostrado actividad letal hasta del 100% contra diferentes estadios de *H. contortus*. Se piensa que los derivados de *B. thuringiensis* podrían considerarse una alternativa de control en nematodos que afectan a los animales domésticos (Vázquez-Pineda y col., 2011).

**Empleo de partículas o agujas de cobre.**

El sulfato de cobre (Cu) en algún momento se empleó para el control de los NGE en los rumiantes, sin embargo, para lograr un efecto eficaz, el sulfato necesita llegar directo al abomaso para encontrarse en un medio ácido donde los compuestos letales del Cu puedan ser liberados. Las partículas de óxido de Cu (CuO), al ser colocadas en cápsulas de gelatina y administradas por vía oral, pasan a través del rumen y se alojan en los pliegues del abomaso donde liberan iones de Cu, los cuales tiene efecto antiparasitario (Judson y col., 1984; Langlands y col., 1989). A ovinos infectados artificialmente con *Trichostrongylus colubriformis*, *T. circumcincta* y *H. contortus*, se les administraron 5 g de pequeños alambres de CuO, se observó una reducción en la población adulta del 96% para *H. contortus* y 56% para *T. circumcincta* pero sin

reducción para *T. colubriformis* (Bang y col., 1990). Esto indica que esta estrategia es de utilidad sólo contra *H. contortus*. Apoyando lo anterior, en cabras lecheras infectadas artificialmente con *T. colubriformis*, *T. circumcincta* y *H. contortus* y que recibieron una dosificación de 4g de CuO se presentaron reducciones en las cuentas de huevos por gramo de heces entre 65% y 89%, sin embargo, el efecto fue sólo contra *H. contortus*, con una disminución de parásitos adultos de un 75% en comparación al grupo de animales que no recibieron el tratamiento (Chartier y col., 2000).

Por otra parte, con la administración de cápsulas comerciales con partículas de CuO (1.7 de CuO/cápsula) a ovejas de pelo en pastoreo durante la época se secas, en tres ocasiones (días 0, 60 y 120), se logró una reducción casi total en la población de *H. contortus*, sin embargo, no hubo un efecto favorable sobre la tasa de crecimiento (Pérez y col., 2005). Una situación similar ocurrió cuando a ovejas que pastoreaban en praderas irrigadas y se les dio suplementación alimenticia y cápsulas con óxido de cobre; existió un efecto sobre la carga parasitaria por *H. contortus*, pero no en los parámetros productivos ni hematológicos (Alexandre y col., 2005).

En evaluaciones efectuadas en México, las partículas con CuO son una opción viable y eficaz para el control de NGE en ovinos en pastoreo cuando en la infección sea predominante el *H. contortus*, encontrando que se presenta un ligero efecto sobre la reinfección, situación muy favorable para el ovinocultor (Ramírez y col., 2014).

Las partículas de óxido de Cu pueden representar una opción estratégica para el control de los NGE que permite reducir las pérdidas causadas por los NGE en los ovinos, especialmente cuando se asocia a otro tipo de control. Cuando se evaluó el efecto de las partículas de CuO sobre la capacidad depredadora del hongo nematófago *D. flagrans* en ovinos de pelo, se encontró que las partículas de Cu no afectaron la habilidad de *D. flagrans* para atrapar larvas residuales, existiendo un efecto aditivo benéfico para los corderos tratados (Burke y col., 2005).

Para conocer el efecto sobre la viabilidad y capacidad para asociarse al tejido abomasal (por medio de la técnica *in vitro* de explantes abomasales), se expusieron L3 de *H. contortus* al CuO. El CuO aplicado

a las L3 no afectó significativamente su viabilidad (p>0.05), pero si hubo una menor asociación de L3 al tejido abomasal (Bautista y col., 2014).

Es necesario determinar el efecto de las dosis repetidas de agujas de Cu sobre el estado de salud de los ovinos para prevenir intoxicaciones debido a que esta especie es muy susceptible a la intoxicación crónica por Cu; no se han reportado efectos negativos en los corderos nacidos de ovejas a las que se les aplicaron partículas de Cu (Burke y Miller, 2005).

**Uso de plantas con actividad antihelmíntica.**

La fitomedicina es una actividad humana milenaria, desde hace mucho tiempo algunos productores marginados, muchas veces indígenas, han identificado plantas que mejoran la condición y estado de salud de sus animales (Alejandre y col., 2006). Se considera que esas plantas poseen propiedades antiparasitarias, son bioactivas. Muchos principios activos de medicamentos comerciales se han aislado o purificado de las plantas. No obstante lo anterior, se crea la necesidad de generar trabajos científicos para aislar principios activos, validar dosis terapeúticas, su acción y efectos adversos de los compuestos elaborados a partir de plantas sobre los animales. La mayoría de los datos disponibles se refieren a trabajos *in vitro*, faltando conocer la biodisponibilidad en animales parasitados. En general, en trabajos *in vivo* los compuestos vegetales han mostrado una baja eficacia y difícilmente igualan a los antihelmínticos disponibles (Githiori y col., 2005).

Son escasos los trabajos donde se ha logrado caracterizar químicamente los principios activos de las plantas que tienen actividad terapéutica, sin embargo, se han identificado enzimas (proteinasa de la cisteína) y metabolitos secundarios como alcaloides, glicósidos y taninos. En algunos de esos compuestos se han encontrado factores antinutricionales (Githiori y col., 2005).

Al emplear diferentes esquemas de aplicación de tres plantas (*Zanthoxylum zanthoxyloides*, fagara; *Newbouldia laveis*; *Carica papaya*, semillas de papaya) en ovejas infectadas con NGE, se encontró una reducción importante en la eliminación de huevos del 87% para

las que recibieron fagara y de 95% en las tratadas con *Newbouldia* (Hounzangbe y col., 2005).

En trabajos realizados en México donde se evaluó el efecto de extractos de plantas medicinales (estafiate, epazote, semilla de calabaza, semilla de papaya y ajo) para el tratamiento de NGE en ovinos en pastoreo, se encontró una acción antiparasitaria muy variable y con eficacias de moderadas a bajas (Hernández y López, 2000). Adicionalmente, en una prueba controlada con infección artificial con *H. contortus* hubo una eficacia nula al emplear una solución acuosa de semillas de papaya (Bautista y col., 2013).

Las sustancias bioactivas provenientes de las plantas están asociados a los taninos, son un grupo complejo de compuestos polifenólicos, desarrollados por las plantas como un mecanismo de defensa para evitar ser ingeridas por los herbívoros, son clasificados en dos grupos mayores, los hidrolizables y los condensados, siendo estos últimos los que han demostrado ser menos tóxicos. Los taninos condensados se caracterizan por una unión estable a proteínas, han demostrado tener una importante bioactividad con agentes antioxidantes, fotoprotectores, cicatrizantes, reafirmantes, antiulcerosos, astringentes y antivirales.

La primera evidencia se originó en una investigación en Nueva Zelanda, basada en resultados empíricos y que reportaron una reducción significante en excreción de huevos de NGE en heces de ovinos cuando tenían un pastoreo con diferentes legumbres, las cuales contenían taninos condensados (Niezen y col., 1995). En bovinos criados en clima subtropical, se ha encontrado una reducción en la carga parasitaria de NGE, mantienen un buen estado de salud y bienestar para la productividad (Galina y col., 2016)

Trabajando específicamente con plantas taníferas (que poseen en su composición taninos condensados), al evaluar los extractos de cuatro plantas (*Sarathammus scoparius*, genista; *Calluna vulgaris*, brezo; *Pinus sylvestris*, hojas de pino; *Castanea sativa*, frutas de castaña) que poseen polifenoles y taninos condensados, se ha demostrado que los extractos de pino, castaña y el brezo tenían un efecto de 90% sobre el desenvainamiento de L-3 de *H. contortus*, en el caso de la genista sólo

se pudo retrasar pero no suspender el proceso de desenvainamiento (Chauveau y col., 2005).

En una evaluación en corderos con una infección artificial con NGE, a los que se les ofreció un forraje con taninos condensados (*Sericea lespedeza*), se encontró una buena reducción (>75%) en la eliminación de huevos, sin embargo, sólo durante el periodo de administración del forraje (21 días), después ocurrió una elevación en la eliminación de huevos. Se concluyó que este tipo de forraje sólo tiene un efecto sobre la fertilidad de los NGE (Lange y col., 2005).

Recientemente se ha trabajado con la planta del género *Artemisia*, en primer lugar, se realizó la caracterización bioquímica de *A. cina* en extracto etanólico y *A. cina* 30 CH (compuesto homeopático) con el objeto de evaluar el efecto antiparasitario contra *H. contortus*. Las fracciones obtenidas Ac3a, Ac3b, Ac3h, Ac3i, Ac4a obtuvieron picos congruentes con artemisininas *Sigma®* (producto de referencia), fueron activas *in vitro*, es decir, tuvieron un efecto letal. Las fracciones Ac3e, Ac3h y el levamisol mostraron inhibición de la migración larvaria (L3), el efecto es mayor cuando las larvas están desnudas y las fracciones de artemisininas son activas (Ac3a, Ac3b, Ac3h y Ac3i). El efecto inhibitorio de las artemisininas *Sigma®* fue evidente en las larvas desnudas (Higuera-Piedrahita, 2015).

En una prueba *in vivo* se demostró que *A. cina* 30CH tuvo eficacia antiparasitaria contra la infección predominantemente por *H. contortus* a los siete días de su administración, sin embargo, su efecto no fue tan eficaz como el albendazol (Higuera-Piedrahita y col., 2015).

Por otra parte, para conocer el posible modo de acción de las artemisininas obtenidas del extracto etanólico de *A. cina*, se demostró que no existió efecto sobre la capacidad de asociación de las L3 de *H. contortus* al tejido abomasal, concluyendo que es importante continuar con más estudios de la artemisinina para determinar sobre qué fase del parásito afecta su viabilidad (Higuera-Piedrahita y col., 2016).

Finalmente, además del efecto antiparasitario se busca un beneficio nutricional para los animales, esas plantas boactivas, se han denominado productos nutracéuticos con un potencial para el control

de NGE de acuerdo a las características de los sistemas de producción, con un gran potencial para su estudio y uso (Vargas-Pineda y col., 2011).

**Consideraciones finales.**

La RA en los parásitos de importancia veterinaria es un problema mundial. Se sabe poco acerca de cómo esta resistencia se puede revertir. Mientras que no se desarrollen métodos novedosos de control de NGE, es necesario aplicar las estrategias existentes para llevar al máximo la producción ovina.

De igual manera, es importante hacer los máximos esfuerzos para desarrollar, validar y utilizar sistemas del control integrado de parásitos para contrarrestar los efectos producidos por la resistencia.

La única estrategia práctica para el control de la resistencia a los antihelmínticos está enfocada a disminuir la utilización de éstos para el tratamiento de los NGE o, en su caso, utilizar un antihelmíntico eficaz de una manera más inteligente.

A menos que los enfoques para utilizar antihelmínticos en los pequeños rumiantes no cambien dramática y rápidamente en muchas áreas del mundo, es poco probable que haya un compuesto químico antihelmíntico eficaz para un futuro cercano.

Por otro lado, dado que cada vez más el consumidor demanda carne libre de cualquier compuesto químico (producción verde u orgánica), para el control de NGE se requiere del empleo de opciones no farmacológicas seguras, eficaces y sustentables.

Finalmente, se recomienda difundir entre los productores y sus asesores técnicos que la desparasitación a la totalidad de los animales del rebaño, además de representar un mayor costo, favorece el problema de RA; deben tener claro que al interior del rebaño existen animales resistentes, resilientes y susceptibles y sólo estos últimos deben recibir el tratamiento farmacológico. Es importante diagnosticar y valorar plenamente la situación que guarda el problema de RA en los pequeños rumiantes de México, dar a conocer las opciones no farmacológicas actuales y validarlas de acuerdo a la realidad nacional, para tal efecto es pertinente generar una infraestructura para el diagnóstico, generación y transferencia de tecnología al respecto.

**Literatura citada.**

Albers GAA, Gray GD. Breeding for worm resistence: a perspective. Int J Parasitol 1987; 17: 559-566.

Alejandre OME, López VL, Hernández FA. Plantas de uso medicinal en ovinos en dos comunidades de Oaxaca. Memorias del XIII Congreso Nacional de Producción Ovina (AMTEO). Toluca, México. 2006.

Alexandre R, Torres AFJ, Aguilar CA, Hoste H, Vargas MJJ. Effect of copper oxide wire particles (COWP) in the hair sheep grazing irrigated pastures. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Amarante AFT, Craig TM, Ramsey WS, Davis SK, Bazer FW. Nematode burdens and cellular responses in the abomasal mucosa and blood of Florida Native, Rambouillet and crossbreed lambs. Vet Parasitol 1999; 80: 311-324.

Bang KS, Familton AS, Sykes AR. Effect of copper wire particle treatment on establishment of major gastrointestinal nematodes in lambs. Res Vet Sci 1990; 49:132-137.

Barger IA. Prospects for integration of novel parasite control options into grazing systems. Int J Parasitol 1996; 26: 1001-1007.

Barnes EH, Dobson RJ, Barger IA. Worm control and anthelmintic resistance: adventures with a model. Parasitol Today 1995; 11: 55-63.

Bath G, Malan F, Van Wyk J. The "FAMACHA" Ovine Anaemia Guide to assist with the control of haemonchosis. Proceedings of the 7th Annual Congress of the Livestock Health and Production Group of the South African Veterinary Association. Port Elizabeth, 5-7 June, 5. FAO. 1996.

Bautista CO, Ovalle LCP, Cuéllar OJA. Eficacia antihelmíntica de una solución acuosa de semilla de papaya (*Carica papaya*) contra *Haemonchus contortus* en ovinos con infección artificial. Memorias del VIII Congreso de la asociación Latinoamericana de

especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRYCS). Campo Grande, Brasil. 2013.

Bautista CO, Cuenca VC, Ramírez LJL, Cuéllar OJA. Study of copper oxide wire particles effect on *Haemonchus contortus* infection. Memorias XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. 2014.

Besier RB, Kahnx LP, Sargison ND, Van Wyk JA. The pathophysiology, ecology and epidemiology of *Haemonchus contortus* infection in small ruminants. Adv Parasitol 2016; 93: 95-143.

Bouix J, Krupinski J, Rzepecki R, Nowosad B. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Polish long-wool sheep. Int J Parasitol 1998; 28 (11): 1797-1804.

Buendía-Jiménez JA, Muñoz-Guzmán MA, Vega-López MA, Cuenca-Verde C, Martínez-Labat JP, Cuéllar-Ordaz JA, Alba-Hurtado F. Partial protection and abomasal cytokine expression in sheep experimentally infected with *Haemonchus contortus* and pre-treated with Taenia hydatigena vesicular concentrate. Vet Parasitol 2015; 211: 60-66.

Burke JM, Miller JM. The use of copper oxide wire particles (COWP) in pregnant ewes. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Chartier C, Pors I, Hubert J, Rocheteau D, Benoit C, Bernard N. Prevalence of anthelmintic resistant nematodes in sheep and goats in Western France. Small Rum Res 1998; 29: 33-41.

Chartier C, Etter E, Hoste H, Pors I, Koch C, Dellac B. Efficacy of copper oxide needles for the control of nematode parasites of dairy goats. Vet Res Comm 2000; 24: 389–399.

Chauveau S, Martinez OC, Frevot F, Torres AFJ. Effects of extracts from 4 tanniferous plants on the vitro exsheathment of third stage larvae of parasitic nematodes. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock,

2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Cuéllar OJA, Chávez HA, Fernández MS, Silva MR, Miranda MS. Evaluación de dos sistemas de manejo para el control de nematodos gastroentéricos de corderos en el trópico subhúmedo mexicano. En: Memorias XVIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias (PANVET). La Habana, Cuba. 2004.

Cuéllar OJA, Muñoz GMA, Valdivia AG, Buendía JJA, Alba HF. Blood eosinophil numbers and their relationship with resistance to sheep haemonchosis. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Cuenca VC, Buendía JJA, Valdivia AG, Cuéllar OJA, Muñoz GMA, Alba HF. Decrease in establishment of *Haemonchus contortus* caused by inoculation of a *Taenia hydatigena* larvae vesicular concentrate. Vet Parasitol 2011; 117 (3-4): 332-338.

Dalton JP, Mulcahy G. Parasite vaccines -a reality?. Vet Parasitol 2001; 98: 149-167.

Douch PGC, Morum PE. The effect of age on the response of Romney sheep to gastrointestinal nematodes during grazing. Int J Parasitol 1993; 23: 651-655.

FAO. Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. 2001.

Eady SJ, Woolaston RR, Mortimer SI, Lewer RP, Raadsma HW, Swan AA, Ponzoni RW. Resistance to nematode parasites in Merino sheep: sources of genetic variation. Aust J Agr Res 1996; 47: 895-915.

Galina-Hidalgo MA, Pineda IJ, Olvera E, Ortiz RMA, Cuéllar A, Galindo E. Effect of tannins-rich plants to control gastrointestinal nematodes in Zebu cows grazing in sub-tropical sylvopastoral system. Arch Latinoam Prod Anim 2016; 24 (4): 241-251.

García-Flores A, Vázquez-Pratz V, López-Arellano ME, Liébano-Hernández E, Mendoza-de-Gives, P. *In vitro* and *in vivo* diagnosis

of anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus* infected sheep in Mexico. In: Proceedings of V International Seminary of Animal Parasitology, Mérida, México. 2003.

Gervacio N, López M, Silva R, Cuéllar A. Validación del sistema FAMACHA para la detección de animales en ovinos parasitados con nematodos gastroentéricos en el centro de México. Memorias del XX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias (PANVET). Santiago, Chile. 2006.

Gill HS. Cell-mediated immunity in Merino lambs with genetic resistance to *Haemonchus contortus*. Int J Parasitol 1994; 24 (5): 749-756.

Gill HS, Husband AJ, Watson DL, Gray GD. Antibody-containing cells in the abomasal mucosa of sheep with genetic resistance to *Haemonchus contortus*. Res Vet Sci 1994; 56: 41-47.

Githiori JB, Thamsborg SM, Athanasiadou S. Use de plants in novel approaches to control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Gómez-Muñoz MT, Cuquerella M, Gómez ILA, Méndez S, Fernández PFJ, de la Fuente C, Alunda JM. Serum antibody response of Castellana sheep to *Haemonchus contortus* infection and challenge: relationship to abomasal worm burdens. Vet Parasitol 1999; 81 (4): 281-293.

González-Garduño R, Torres-Hernández G, Nuncio-Ochoa MGJ, Cuéllar-Ordaz JA, Zermeño-García ME. Detección de eficiencia antihelmíntica en nematodos de ovinos de pelo con la prueba de reducción de huevos en heces. Livestock Res Rural Develop 2003; 15 (12): 12. Retrieved July 11, 2013, from http://www.lrrd.org/lrrd15/12/gonza1512.htm

Graminha EBN, Costa AJ, Oliveira GP, Monteiro AC, Palmeira SBS. Biological control of sheep parasite nematodes by nematode-trapping fungi: *in vitro* activity and after passage through the

gastrointestinal tract. World J Microbiol Biotechnol. 2005; 21:717–722

Gray GD, Barger IA, Le Jambre LF, Douch PGC. Parasitological and immunological responses of genetically resistant Merino sheep on pastures contaminated with parasitic nematodes. Int J Parasitol 1992; 22 (4): 417-425.

Hernández HA, López MN. Efecto del tratamiento con extractos de plantas medicinales (estafiate, epazote, semilla de calabaza, semilla de papaya y ajo) sobre parásitos gastroentéricos en ovinos. (tesis de licenciatura). Tlaxcala, México. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. 2000.

Higuera PRI, Cuéllar OJA, López AR, López AMM, Cuenca VC. Efecto de Artemisia cina 30 CH contra la infección natural por *Haemonchus contortus* en corderos destetados en el municipio de Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México. Memorias del IX Congreso de ALEPRYCS, II Congreso Argentino de Producción Caprina y Foro Nacional de Productores. La Rioja, Argentina. 2015.

Higuera-Piedrahita RI, López-Arellano ME, López-Arellano R, Cuenca-Verde C, Cuéllar-Ordaz JA. Evaluación del efecto de las artemisininas provenientes del extracto etanólico de *Artemisia cina* sobre L3 de *Haemonchus contortus* en una técnica de explantes abomasales. Rev Cienc Agric 2016; 13 (1): 107-116.

Hood V, Yadav CL, Chaudhri SS, Rajpurohit BS. Variation in resistance to haemonchosis: selection of female sheep resistant to *Haemonchus contortus*. J Helminthol 1999; 73 (2): 137-142.

Hounzangbe AMS, Zinsou E, Hounpke V, Moutairrou K, Hoste H. Anthemintic effects of three plants from South Benin on infections of the gastrointestinal tract of sheep with parasitic nematodes. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Jackson F, Mc Kenzie Y, Bartley D, Jackson E, Coop RL. Studies using the predatory fungus *Duddingtonia flagrans* in Scotland. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Judson GJ, Brown TH, Gray D, Dewey DW, Edwards JB, McFarlane JD. Oxidized copper wire particles for copper therapy in sheep. Aust J Agric Res 1984; 33:1073-1083.

Kaplan RM. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. Trends Parasitol 2004; 20, 477-481.

Lange KC, Ocott DD, Miller JE, Mosjidis JA, Terrill TH, Burke JM. Effect of the condensed tannin containing forage, sericea lespedeza, fed as hay, on natural and experimental challenge infection in lambs. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control.* Mérida, Yucatán, México. 2005.

Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. Trace element nutrition of grazing ruminants. III Copper oxide powder as a copper supplement. Aust J Agric Res 1989; 40:187-193.

Malan FS, Van Wyk JA. The packed cell volume and colour of the conjunctivae as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infestations in sheep. In: Proceedings of the South Africa Veterinary Association Biennial National Veterinary Congress. Grahamstown, FAO. 139. 1992.

Malan FS, Van Wyk JA, Wessels C. Clinical evaluation of anaemia in sheep: early trials. Onderstepoort J Vet Res 2001; 68: 165-174.

Mendoza GPM, Flores CJ, Herrera RD, Vázquez PV, Liébano HE, Ontiveros FGE. Biological control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces by administering and oral suspension of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to sheep. J Helminthol 1998; 72 (4): 343-347.

Mendoza GP, Vázquez PVM. Reducción del número de larvas de *Haemonchus contortus* en heces de ovino adicionadas con hongos nematófagos. Memorias del III Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria. Mérida, Yucatán. 1993.

Milczewski V, Sotomaior C, Schwartz MG, Barros FIR, Moraes FR, Schmidt PEMS. Evaluación del entrenamiento para la utilización del sistema FAMACHA. Memorias del Tercer Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRYCS). Viña del Mar, Chile. 2003.

Miller JE, Bahirathan M, Lemarie SL, Hembry FG, Kearney MT, Barras SR. Epidemiology of gastrointestinal nematode parasitism in Suffolk and Gulf Coast Native sheep with special emphasis on relative susceptibility to *Haemonchus contortus* infection. Vet Parasitol 1998; 74 (1): 55-74.

Molento MB. Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices. Vet Parasitol 2009; 163, 229–234.

Montalvo-Aguilar X, López-Arellano ME, Vázquez-Prats VM, Liébano-Hernandez E, Mendoza-de-Gives P. Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a fenbendazol e ivermectina en la región noroeste del estado de Tlaxcala. Tec Pecu Mex 2006; 44: 81-90.

Mugambi JM, Bain RK, Wanyangu SW, Ihiga MA, Duncan JL, Murray M, Stear MJ. Resistance of four sheep breeds to natural and subsequent artificial *Haemonchus contortus* infection. Vet Parasitol 1997; 69 (3-4): 265-273.

Mugambi JM, Wanyangu SW, Bain RK, Kari M, Owango MO, Duncan JL, Otear MJ. Response of Dorper and red Maasai lambs to trickle *Haemonchus contortus* infection. Res Vet Sci 1996; (61): 218-221.

Muñoz GMA, Cuéllar OJA, Valdivia AG, Buendia JJA, Alba HF Correlation of parasitological and immunological parameters in sheep with high and low resistance to haemonchosis. Can Anim Scie 2006; 86: 363-371.

Muñoz GMA, Cuenca VC, Valdivia AG, Cuéllar OJA, Alba HF. Differential immune response between fundic and pyloric abomasal regions upon experimental ovine infection with *Haemonchus contortus*. Vet Parasitol 2012; 185 (2–4) 175-180.

Muñoz-Guzmán MA, Sánchez-González VH, Revilla-Vázquez AL, Abd-Elghany HA, Cuenca-Verde C, Cuéllar-Ordaz JA, Alba-Hurtado F. Efecto de la hemoncosis experimental sobre las concentraciones séricas de sodio, potasio y cobre en dos razas ovinas. Quehacer Científico en Chiapas 2016; 11 (2): 68-75.

Newton SE, Munn EA. The development of vaccines against gastrointestinal nematode parasites, particularly *Haemonchus contortus*. Parasitol Today 1999; 15 (3): 116-122.

Niezen JH, Waghorn TS, Charleston WAG, Waghorn GC. Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either lucerne (Medicago sativa) or sulla (Hedysarum coronarium) which contains condensed tannins. J Agric Sci 1995; 125, 281–289.

Nuncio-Ochoa GJ, Escobedo-Amezcua F, Morteo-Gómez R, Magaña-Damian M, González-Garduño R. Resultados preliminares dela resistencia antihelmíntica de parásitos gastrointestinales en ovinos de Tabasco. En: IV Seminario de Producción de ovinos Tropicales. Villahermosa, Tabasco, México. 2005.

Parker CF, Mc Clure KE, Herd RP. Hair sheep potential for specific environmental conditions and production system in North America. En: Memorias del Sexto Congreso Nacional de Producción Ovina. Cd Valles, san Luis Potosí. 1993.

Pérez BS. Validación del método de observación del color de la mucosa ocular -FAMACHA-en ovinos Blackbelly y Columbia con infección artificial de *Haemonchus contortus*. (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. México. 2006.

Pérez GM, Torres AFJ, Aguilar CA, Vargas MJJ, Canul KHL, May MM, Hoste H. Effect of copper oxide wire particles (COWP) on the growth rate of browsing hair sheep naturally infected with

GIN. In: Proceedings of the Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. *Worm control or worm management: New paradigms in integrated control*. Mérida, Yucatán, México. 2005.

Pernthaner A, Stankiewicz M, Bisset SA, Jonas WE, Cabaj W, Puldford HD. The immune responsiveness of Romney sheep selected for resistance or susceptibility to gastrointestinal nematodes: lymphocyte bastogenic activity, eosinophilia and total white blood cell counts. Int J Parasitol 1995; 25 (4): 523-529.

Pernthaner A, Stankiewicz M, Cabaj W, Pfeffer A, Green RS, Douch PGC. Immune responsiveness of nematode-resistant or susceptible Romney line-bred sheep to continuous infection with *Trichostrongylus axei*. Vet Immunol Parasitol 1996; 51: 137-146.

Pfeffer A, Douch PGC, Shaw RJ, Gatehouse TK, Rabel B, Green RS, Shirer CL, Jonas WE, Bisset S. Sequential cellular and humoral responses in the abomasal mucosa and blood of Romney sheep dosed with *Trichostrongylus axei*. Int J Parasitol 1996; 26 (7): 765-773.

Quiroz RH. Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. México, D.F. Ed. Limusa, 2003.

Ramírez LJL, Cuéllar OJA, Bautista CO, Cuenca VC, Silva MR. Evaluación de la eficacia de las partículas de cobre para el tratamiento de nematodos gastroentéricos en ovinos. Memorias XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. 2014.

Romjali E, Pandey VS, Batubara A, Gatenby RM, Verhulst A. Comparison of resistance of four genotypes of rams to experimental infection with *Haemonchus contortus*. Vet Parasitol 1996; 65: 127-137.

Ruiz-Zarate F, Cruz-Velázquez F, Aguilar-Caballero AJ, Olivas-Salazar R, López-Trujillo R, Torres-Hernández G, Cuéllar-Ordaz A. *Resistencia helmíntica de ovinos Katahdin y Pelibuey en Villacorzo, Chiapas, México. Agraria* 2013;.10 (3): 109-114.

Sánchez GVH, Cuéllar OJA, Reyes VF, Cuenca VC. Efecto del estado nutricional sobre la capacidad de implantación de larvas

infectantes de *Haemonchus contortus* en explantes abomasales de ovinos Blackbelly . Memorias del IX Congreso de ALEPRYCS, II Congreso Argentino de Producción Caprina y Foro Nacional de Productores. La Rioja, Argentina. 2015.

Singh S, Yadav CL, Banerjee DP. Comparison of the post-parturient rise in faecal egg counts of indigenous and cross-bred ewes. J Helminthol 1997; 71 (3): 249-252.

Smith WD. Prospects for vaccines of helminth parasites of grazing ruminants. Int J Parasitol 1999; 29: 17-24.

Sotomaior C, Milczewski V, Moraes FR, Schwartz MG. Evaluation of FAMACHA system: Accuracy of anemia estimation and use of the method on commercial sheep flocks. In: Proceedings of the V International Seminar in Animal Parasitology. Mérida, Yucatán, México. 2003.

Sreter T, Kassai T, Takács E. The heritability and specificity of responsiveness to infection with *Haemonchus contortus* in sheep. Int J Parasitol 1994; 24 (6): 871-876.

Stear MJ, Murray M. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. Vet Parasitol 1994; 54: 161-176.

Steel JW. Effects of protein supplementation on young sheep on resistance development and resilience to parasitic nematodes. Aust. J. Exp. Agric. 2003; 12: 1469-1476.

Taylor MA, Coop RL, Wall RL. Veterinary Parasitology, third ed. Blackwell Publishing, 2007; pp. 159-161.

Todd KS, Mansfield ME, Levine ND. *Haemonchus contortus* infections in Targhee and Targhee-Barbados Black-belly cross lamb. Am J Vet Res 1978; 39: 865-866.

Torres-Acosta JFJ, Dzul-Canché U, Aguilar-Caballero AJ, Rodríguez-Vivas RI. Prevalence of benzimidazole resistant nematodes in sheep flocks in Yucatan, Mexico. Vet Parasitol 2003; 114: 33-42.

Torres-Acosta JFJ, Hoste H. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. Small Rum Res 2008; 77: 159-173.

Torres-Acosta JFJ, López-Cervantes C, Martínez-Ortiz-de-Montellano C, Cámara-Sarmiento R, Rodríguez J, Canul-Ku HL, Tirado-Muñoz F, Aguilar-Caballero AJ, Roberts B. Prevalence of sheep farms with anthelmintic resistant nematodes in two states of tropical México. In: Proceedings of First North American Parasitology Congress, Mérida, México. 2007.

Torres-Acosta FJ, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Caballero AJ, Cuéllar-Ordaz JA. Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American continent. Vet Parasitol 2012; 189: 89-96.

Torres HG, Castillo RH, López LR. Resultados preliminares con ovinos Florida en el trópico mexicano. En: Memorias del Séptimo Congreso Nacional de Producción Ovina. Toluca, México. 1994.

Van Wyk JA, Bath GF, Malan FS. The need for alternative methods to control nematode parasites of ruminant livestock in South Africa War Rmz 1998. 91.

Van Wyk JA, Van der Merwe JS, Vorster RJ, Viljoen PG. Anthelmintic resistance in South Africa: surveys indicate an extremely serious situation in sheep and goat farming. Onderstepoort J Vet Res 1999; 66 (4): 273-284.

Van Wyk JA. Refugia-overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort J Vet Res 2001; 68: 55-67.

Vargas-Magaña1 JJ, Aguilar-Caballero AJ, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Hoste H, Capetillo-Leal CM. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. Animal 2013; 7:12, pp 1921–1924.

Vázquez-Pineda A, Bravo-de-la-Parra A, Mendoza-de-Gives P, Liébano-Hernández E, Hernández-Linares I, Yáñez-Pérez N, Aguilar-Marcelino L, Ramírez-Vargas G, Hernández-Castro E, Gutiérrez-Segura I, López-Arellanoc ME. Uso de productos derivados de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control en nematodos de importancia veterinaria. Revisión. Rev Mex Cienc Pec 2011; 3(1):77-88

Waller PJ. Anthelmintic resistance. Vet Parasitol 1997; 72: 391-412.

Wanyangu, S.W., Mugambi, J.M., Bain, R.K., Duncan, J.l., Murray, M., Stear, M.J. Response to artificial and subsequent natural infection with *Haemonchus contortus* in red Maasai and Dorper ewes. Vet Parasitol 1997; 69 (3-4): 275-282.

Woolaston RR. Factors affecting the prevalence and severity of footrot in a Merino flock selected for resistance to *Haemonchus contortus*. Aust Vet J 1993; 79 (10): 365-369.

Woolaston RR, Baker RL. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. Int. J. Parasitol. 1996; 26: 845-855.

Yazwinski TA, Goode L, Moncol DJ, Morgan GW, Linnerud AC. *Haemonchus contortus* resistance in straight bred Barbados Blackbelly sheep. J Anim Sci 1980; 51: 279-284.

# Introducción al Manejo Holístico.

***Luis Joaquín Gomez**, Granja El Puente Querétaro.*
*granjaelpuentejr@yahoo.com.mx*

**Promover la restauración a gran escala, de los suelos del planeta, a través del Manejo Holístico (MH).**

El MH enseña la relación entre las grandes manadas silvestres de herbívoros, los pastizales y sus predadores, con ello ayuda a desarrollar estrategias para manejar ganado doméstico, sanando la tierra, en un proceso altamente rentable (por su costo-beneficio) y muy replicable, pues se trabaja con la naturaleza y no en su contra.

El MH nos lleva de la mano con una metodología muy simple, a entender la naturaleza, a cambiar los paradigmas y a adoptar una nueva estructura, para la planeación y toma de decisiones.

Por más de 40 años el MH ha entregado resultados, dando herramientas para entender a la Naturaleza y trabajar con ella. Concebido y desarrollado por el biólogo, guardafauna y ganadero del sur de África ( Zimbawe), Allan Savory. Es una estructura de toma de decisiones, en donde se asegura el bienestar económico, que sea socialmente adecuado y ecológicamente regenerativo, en el corto y largo plazo.

Hay temas globales muy candentes, ninguno tan urgente de entender y atender como el de la continuidad de la vida, como la conocemos. El cambio climático, es real y nos persigue cada día, ha traído el aumento de sequias e inundaciones, pobreza y hambre, que nos han llevado a la

violencia e inseguridad en el mundo. La revolución verde incremento tremendamente la producción global de alimentos, en el corto plazo, *pero… degradando severamente el capital ecológico en el proceso*. Creando una terrible erosión, suelos muertos, baja de biodiversidad y empobrecimiento de las comunidades rurales en muchos lugares. Recordemos que la desertificación ha destruido más civilizaciones que todas las guerras juntas y ahora tenemos una agricultura, que produce menos comida, que la tierra que erosiona. Así será cada vez más difícil alimentar a los hoy casi 8,000 millones de personas que viven en nuestro planeta.

Es cierto… no todo está perdido.

**Tenemos una muy buena noticia para compartirles el día de hoy.**

Esos males, en la mayoría de los casos, pueden ser revertidos aun. Proponemos una nueva ”Revolución”, con un suelo vivo y rico, plantas y animales saludables, que alimenten y mantengan sanos a miles de millones de seres humanos, que hoy ven a la enfermedad como algo normal. Paralelamente asegurar el regreso natural de muchos gigatones de carbono, a donde pertenecen, aumentando la materia orgánica del suelo, incrementando su capacidad de infiltración y retención de agua, retirando también la dependencia y compra de insumos externos en las zonas rurales.

Y sobre todo, apartar de la dieta de un enorme número de personas, la gran cantidad de venenos que han minado la salud y vida de la gente, quien ahora piensa que eso (estar enfermo y débil, dependiendo de fármacos y doctores) *es lo normal.*

**Buscamos que en un futuro sea más importante la vida que el dinero, las personas que las cosas.**

Así en una tercera parte del mundo (regiones más húmedas) en granjas pequeñas con una diversidad muy alta, se producirían granos, frutas y vegetales. Mientras en las otras dos terceras partes (pastizales y sabanas) se trabajarían con herbívoros pastoreando en conjunto con sus depredadores o imitando este comportamiento. Para revertir

la degradación de la tierra y generar alimentos, beneficio ecológico, mejora social y ganancias económicas mejor repartidas en el proceso.

*Entremos pues, poco a poco a transitar el camino con la visión de Allan Savory.*

*Recuerden el precio: romperemos sin duda, algunos paradigmas en el camino.*

**Las cuatro claves del MH**

***Primera clave:*** *La Naturaleza funciona en enteros:*

No existen partes aisladas en la naturaleza, solo encontramos enteros, que a su vez forman más y se van moldeando unos a otros. Si nos basamos solamente en controlar una variable (cualquiera), vamos a terminar estando muy decepcionado del resultado obtenido. Los procesos son altamente complejos, con muchas partes en movimiento, difíciles de manejar y todo es al mismo tiempo.

***Segunda clave:*** *La escala de distribución de humedad:*

*Como se distribuye* la humedad a lo largo del año: *la constancia, no la cantidad* de precipitación que cae. En un extremo tenemos, si la humedad es confiable (DCH=distribución confiable de humedad) y en el otro, si es de manera errática y estacional (DEH=distribución errática de humedad). Se mide en una escala donde el 1 serían los bosques lluviosos y un 10 sería un desierto real. En el 1(DCH) la descomposición de materia orgánica es rápida e involucra pequeños organismos y en el 10 (altamente DEH) la descomposición es lenta y ocupa necesariamente la presencia de grandes rebaños de herbívoros. Entender la distribución de la humedad es crucial, porque cuando los procesos de descomposición no son efectivos, lo que viene a continuación es la desertificación (poca actividad biológica). *El MH focaliza sus decisiones en reciclar rápidamente el material vegetal que crece cada año y mantener siempre el ambiente biológicamente activo.*

***Tercera clave:*** *La conexión predador-presa.*

Por increíble que parezca: SI, el ganado es la mejor herramienta para sanar suelos degradados.

Cuando se daña esta relación, por el manejo humano, los rebaños se relajan, se desparraman, la densidad cae y los animales permanecen en una porción de terreno por más tiempo. Esto hace declinar la salud y productividad de la tierra. En el MH el ganado se agrupa apretadamente y se arremolina, en este proceso rompen la costra del suelo y le incorporan el material viejo, hojas y tallos, estiércol, orina, desparraman semillas y cubren el suelo.

***Cuarta clave:*** *El tiempo, lo es todo.*

Allan Savory siguió estudiando y su investigación lo condujo al trabajo del científico francés André Voisin: Si los animales permanecen en un lugar demasiado tiempo o retornan a él demasiado pronto, hay sobre-pastoreo (de plantas, una a la vez) y sobre-pisoteo (de suelo, causando daño a su estructura). De hecho, cuando el ganado es manejado inapropiadamente, podemos encontrar plantas sobre-descansadas, justo al lado de otras sobre-pastoreadas (Siendo tan dañino lo uno, como la otro).

El sobre-pastoreo y el sobre-pisoteo, tienen más que ver con el tiempo y frecuencia, que las plantas y el suelo están expuestos a los animales, que con la cantidad total de estos.

*El tiempo de recuperación, de plantas y suelo es un concepto muy importante, que comienza a revelar el misterio de la desertificación y decadencia en la productividad.*

**Nutriendo nuestro planeta a través del MH.**

Procesos ecosistémicos. Vamos entendiendo el lenguaje de la tierra. Recuerden, que si alteramos uno, automáticamente modificamos todos, ya que están totalmente interrelacionados.

El indicador de salud que aparece más temprano en todos los ecosistemas es la cobertura del suelo (Primer objetivo con MH), seguido por la biodiversidad de formas de vida. No hay malezas, son simplemente indicadores de la condición reinante en el lugar en ese momento.

Aquí vemos los cuatro procesos fundamentales que trabajan en la Naturaleza:

**Ciclo del agua.** Es un proceso que comprende su movimiento y cambios de estado, afectando la vida del planeta.

El agua que cae sobre la tierra se puede: Evaporar (regresando a la atmosfera), escurrir (sobre la superficie con dirección hacia el mar) o Ingresar en el suelo, donde:

- se adhiere a sus partículas (las plantas pueden atraer este líquido y los nutrientes disueltos, siempre y cuando su capacidad de absorberla, supere la capacidad del suelo de retenerla. Así las partículas secas ceden menos agua, que las partículas más húmedas. En suelos más secos las plantas reducen su tasa de crecimiento, mientras que con mayor humedad disponible, se da un crecimiento más vigoroso) o
- fluye a través del suelo a los acuíferos subterráneos (se infiltra a los mantos acuíferos).

La precipitación efectiva es la que penetra en el suelo y queda disponible para las raíces, insectos y microorganismos, o bien para reponer las fuentes subterráneas de agua, presentando una muy escasa evaporación o escorrentía en la superficie del suelo. Se pretende crear una situación en la cual, la cantidad de agua que se evapore sea muy escasa y si hay una escorrentía, esta sea lo más lenta posible, llevándose muy poca o nada de materia orgánica con ella. Requerimos que el manejo mantenga y aumente la cobertura del suelo, favorezca la acumulación de materia orgánica, la aireación y la infiltración del agua en el suelo. Con ciclos de agua eficaces, los problemas como las inundaciones y sequias serán cada vez de menor gravedad y los beneficios, como el crecimiento de las plantas asegurara una mayor cantidad de agua disponible y durante un tiempo mayor.

**Ciclo de minerales.** Maximizar el flujo de nutrientes a través de plantas y suelos.

Los más comunes son el carbono y el nitrógeno. Para tener un buen C M (ciclo mineral) se necesitan sistemas radiculares sanos y a diferentes profundidades, de otra manera pueden quedar nutrientes, fuera del alcance de raíces poco profundas. El transporte de nutrientes que va *desde el subsuelo a la superficie*, lo hacen entre otros, las raíces y microorganismos, lombrices, insectos y otros animales pequeños.

Se prefiere la actividad biológica, sobre la física o la química para descomponer el material vegetal. Un CM eficaz resulta en una rápida incorporación de materia orgánica al suelo a través de organismos vivos. En ambientes secos cuando la mayoría del material vegetal muere, las poblaciones de microorganismos e insectos también mueren, ahí es donde *los grandes herbívoros se vuelven ecológicamente indispensables* ya que son los que, pisotean y digieren este material, descomponiéndolo más rápidamente. En su tracto digestivo es donde los microorganismos encuentran las condiciones de humedad para mantenerse activos durante todo el año.

Los animales mayores y el agua, pueden llevar los minerales *de la superficie hacia el subsuelo*. En el caso del agua, cuidado ya que, puede llevarlos por debajo de la zona de absorción de las raíces que se desea estimular y perderíamos esos nutrientes (lixiviación). Lo que retarda este proceso de descenso, es la presencia de materia orgánica en el suelo. A menor MO y actividad biológica, mayor velocidad en el paso de agua hacia el subsuelo y tendremos más lixiviación.

**Dinámica de comunidades.** Proceso biótico, describe el desarrollo incesante de las comunidades biológicas, que si persiste, comienzan a cambiar su entorno. Cuanto mayor sea la diversidad de especies, mayor es la complejidad, lo que nos conduce a una mayor estabilidad de la comunidad. Hay quien ha calculado que en un pastizal saludable, que carga una gran cantidad de ganado, puede sostener una población de lombrices de tierra, que pese el doble que el ganado. Ya que lo que sucede a nivel del subsuelo se traduce en su superficie. El cambio que ocurre en las comunidades (simples) a partir de roca desnuda, hacia pastizales maduros o bosques (que es una acumulación gradual y a menudo escalonada de diversas y complejas especies), este proceso es denominado sucesión. Necesitamos comunidades ricas en especies de plantas y animales, llamado biodiversidad y se refiere tanto a las especies en la superficie del suelo, como a las que están por debajo del mismo. Lo que es visible por encima del suelo será un indicador de lo que está pasando por debajo de él.

**Flujo de energía**. Movimiento de energía del sol a través de los seres vivos.

*Maximizando el flujo de nutrientes a través de plantas y suelo.*

Todos los organismos necesitan energía para vivir. La gran mayoría de especies dependen de la capacidad de las plantas verdes para capturar la energía de sol y convertirla en una forma de energía aprovechable para ellos (fotosíntesis). Ese flujo (unidireccional) de energía a través de la fotosíntesis produce directamente los alimentos para todos los otros organismos vivos, incluyendo los seres humanos.

Este flujo de energía se representa como una pirámide. La base o nivel 1 son las plantas vivas (tanto en la tierra como en el agua), en el nivel 2 encontramos los animales herbívoros ( OJO: aproximadamente un 90 % de la energía se pierde en forma de calor, al pasar de un nivel a otro). El nivel 3 son los animales depredadores del nivel inferior (2). En el nivel 4 también encontramos a los seres humanos y depredadores de nivel superior. En el nivel 5 entran los carroñeros y organismos descomponedores. Esta pirámide que encontramos sobre la superficie del suelo, se extiende también por debajo de la superficie, solo que invertida.

Un manejo adecuado puede incrementar el volumen de la energía almacenada, al aumentar:

- la densidad de plantas por superficie,
- el tiempo en el cual la vegetación crece o su tasa de crecimiento durante este y
- al incrementar el área foliar de cada planta.

Atención *, la energía convertida por las plantas cuando están verdes, debe abastecer durante todo el año, a todos los seres vivos, por encima y por debajo de la superficie del suelo.*

**Herramientas de manejo (8 categorías)**

Influencian (alteran) la salud de los procesos del ecosistema.

Para ser exitosos necesitamos considerar todas las herramientas disponibles. Cuando las manejamos holísticamente ninguna se considera buena o mala. Solo cuando conocemos el Contexto Holístico (cuál es la razón de existir de la entidad) y el grado de distribución de humedad, podemos empezar a juzgar si una herramienta en particular,

usada de una determinada manera, es adecuada o no, en una situación específica y en un momento dado.

Las dos herramientas primarias que tenemos son: Creatividad humana (esencial para maximizar el uso efectivo y exitoso de todas las demás) y dinero: trabajo (están generalmente ligados).

Las seis herramientas secundarias: Fuego (la más antigua), descanso (la más mal entendida), pastoreo (la más mal usada), impacto animal (la más práctica y menos usada), organismos vivientes (la más compleja) y tecnología (la más comúnmente utilizada hoy).

Hay que sumar el poder regenerativo del ganado, para frenar con mucha eficiencia el avance del desierto e inclusive revertirlo (cuando el pastoreo es breve en tiempo, con mucho impacto animal y descanso adecuado). Lo contrario, el sobrepastoreo (pastoreo hecho sobre hojas que crecen, a partir de energía almacenada básicamente en la raíz y no por fotosíntesis) con bajo impacto animal, que es lo más usado actualmente, en los ambientes DEH genera la desertificación. Igualmente: sobre descanso + DEH = desertificación.

Los pastos perennes mantienen el suelo cubierto y estable, sin embargo son más fácilmente sobrepastoreados. Entre mayor tendencia DEH, dominan los pastos verticales a los rastreros (que soportan mucho mejor el sobrepastoreo que las plantas erectas).

El pastoreo (incluido el ramoneo) con un adecuado impacto animal (intensidad y duración), puede mantener el suelo cubierto, con plantas y pastos saludables; más productivos y en lo general mejora el funcionamiento de los 4 procesos del ecosistema.

La tecnología se desarrolló en nuestro deseo de dominar a la naturaleza. Rara vez considera los principios que gobiernan los ecosistemas, dedicándose a soluciones de corto plazo generalmente antinaturales, que con frecuencia dan resultados inmediatos, dramáticos y aparentemente rentables, pero de muy alto costo en el largo plazo, deteriorando el suelo, el medio ambiente y de paso la salud física y existencial del ser humano. La mayoría de las veces a cambio de dinero, que por lo general deja el beneficio en muy pocas manos y el daño, que cada vez es mayor, en el resto.

**Componentes esenciales para la toma holística de decisiones.**

El entero bajo manejo – Descripción que incluye: Quien o quienes (tomadores de decisiones) y que (base de recursos y dinero) tienes para trabajar. Te ayuda a poner límites alrededor de lo que puedes y no, manejar con tu planificación y toma de decisiones, desde una perspectiva holística.

Contexto Holístico – Describiendo que quieres. Es una guía o referencia a la cual remitirse cuando se toman decisiones. Vincula lo que valoras y lo que produces con el ambiente. Tiene 3 componentes: Declaración de calidad de vida (como quieres que sea), formas de producción (que necesitas para sostenerla, con sus propósitos) y descripción de base futura de recursos (Como debes comportarte y el paisaje futuro que la sostendrá, más allá de tu existencia).

**El momento de la verdad: los filtros para probar las decisiones.**

Que sean sólidas y cumplan con *la triple línea base: social, ambiental y económico*, dentro de tu Contexto Holístico. Necesario si hablamos de sustentabilidad.

Usando las 7 preguntas de prueba, hacerlo rápido y simple. Relaciona que estén en línea la decisión y acción con el Contexto Holístico:

1.- Causa y efecto: ¿Estas tratando el problema real o los síntomas? Diagnosticarlo es primordial.

X.- Eslabón débil: Una cadena es tan fuerte como su elemento más débil, abórdalo primero y fortalece la cadena completa.

X.- Reacción marginal: Cuando se comparan opciones ¿Con que acción se consigue mayor retorno de la inversión? En términos de tu Contexto Holístico.

X.- Análisis del Ingreso bruto: ¿Cual opción produce mayores entradas, contribuye más a cubrir los costos fijos y a la ganancia posible, con un menor costo adicional?

X.- Fuente y uso, de energía y dinero: Evitar usos y gastos que generen adicción. Preferible invertir en infraestructura o entrenamientos (base de recursos) que se realizan por única vez.

X.- Sustentabilidad: Consecuencias de largo plazo, te aleja o conduce a la base de recursos futura.

7.- Sociedad y Cultura. Debe ser la última de las 7. Las 6 anteriores preguntan qué piensas, esta te cuestiona, como te sientes de acuerdo a tus valores (¿bien?) al respecto de la acción o decisión.

***Ciclo de Retroinformación*** – Monitoreando para mantenernos en el camino correcto. Identificar los indicadores que den advertencias tempranas y si hay desviaciones del plan, corregirlas de inmediato. Una de las premisas básicas en MH es que las decisiones tomadas pueden estar equivocadas. La otra es que *no monitoreamos para ver qué sucede, lo hacemos para que suceda lo que queremos que suceda.*

**Procesos únicos del Manejo Holístico.**

**Construyendo riqueza: Planificación Financiera Holística.**

Planificación financiera que respalde tu Contexto Holístico.

Las acciones son tomadas dentro del CH.

Planificación para ganar primero, planeamos la ganancia antes que los gastos.

La fuente y uso del dinero. La riqueza proviene de procesos fotosintéticos (plantas verdes creciendo sobre suelos regenerándose).

Eslabón financiero débil, como puedo maximizar el ingreso que genero.

Necesito enfocarme en la *conversión de luz solar en recursos, recursos en producto y producto en efectivo*.

Planificación – monitoreo – control – replanificación. En MH planificación es en realidad estas 44 palabras.

**Manejo de la tierra y del ganado:**

Pastoreo Holístico Planificado. Planear el diseño de las áreas de pastoreo, incluido donde beberán agua los animales. Plan Holístico de la Tierra, proceso continuo de planeación para mover los animales, asegurándose que estén donde necesitan estar, en el momento correcto, por las razones correctas y con el comportamiento correcto. Usualmente se realiza dos veces al año, estación de crecimiento activo

(plan abierto) y estación de crecimiento lento (plan cerrado, asegurar no quedarse sin alimento, si la sequía se prolonga).

Planificación Holística de la tierra. Desarrollando Infraestructura en grandes extensiones de tierra.

***Monitoreo Ecológico Holístico***. Nutriendo la tierra que custodiamos. Cultivar la conciencia general y mejorar los cuatro procesos del ecosistema (ciclo del agua, ciclo de minerales, flujo de energía y dinámica de comunidades). Aumentar nuestra conciencia del ambiente que nos sostiene. Idealmente se hace por lo menos una vez al año.

Implementación con maestría del Manejo Holístico (entregando resultados). Desarrollar habilidades prácticas, para tomar decisiones y realizar acciones, incluye la capacidad para describir el Entero Bajo Manejo y el Contexto Holístico

**Bibliografía.**


Aguilar V., A. 1983.. *Aspectos Económicos y Administrativos en la Empresa Agropecuaria*. México, D.F.: Editorial Limusa.

Benavides G. J.2015). *Campo diversificado y rentable*. Monterrey, Nuevo León, México: Talleres de Grafo Print Editores, S.A.

Benavides, G.J. 2008. *Ganadería diversificada*. Monterrey, Nuevo León, México: Talleres Grafo Print Editores, S.A.

Gras, E. 2010. *Cosecha de agua y tierra. México: Ediciones COAS.*

*Grupo Ecológico Sierra Gorda IAP. 2015. Folleto Introducción al Holismo: agua, carbono y vida en suelos.* Querétaro, México*.*

Hensel, Julius (2007 [1898]): *Panes de Piedra*. Cali, Colombia: Impresora Feriva S.A.

*Jeavons, J. 2002. Cultivo Biointensivo de Alimentos*. Willits, CA, EUA: Ecology Action of the Midpeninsula.

Milera, R. M. 2011. *Andre Voisin, experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Sociedad Cubana de Producción y utilización de los pastos .Editora Milagros de la C. Milera Rodríguez.

Pinheiro M. L. C .2016. La dialéctica de la agroecología. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.

Rivera R.., Pinheiro, S. 2009. *Agricultura Orgánica, La remineralización de los alimentos y la salud a partir de la regeneración mineral del suelo.* Cali, Colombia: Impresora Feriva S.A.

Rivera, R., Pinheiro, S. 2009. *Agricultura Orgánica, Harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos*. Cali, Colombia: Impresora Feriva S.A.

Savory Institute (2015): *Bases del Manejo Holístico. Versión en español, revisión final Mario David Pedraza, Hub Sierra Gorda.*

# Pastoreo Racional Voisin: ecología, salud y rentabilidad

***Daniel Suárez Castillo,*** *Ganadero*
*Julio, 2017*

La crisis global se nos presenta por todos lados, 1,370 hectáreas por hora inician el proceso de desertificación, se pierden por erosión 40 hectáreas por minuto, la extinción de una especie ya es noticia normal, eventos meteorológicos cada vez más extremos e impredecibles, enfermedades crónicas aumentando sin control, menos gente viviendo en y del campo, el agricultor cada vez más pobre y el consumidor cada vez más enfermo.

La salud de nuestra especie está íntimamente ligada a la salud de los suelos. Es solamente a través del cuidado de los suelos donde producimos los alimentos que se logrará mejorar la salud, y hoy en día ya se tiene el conocimiento suficiente para producir los alimentos para una población en aumento, sin venenos, sin degradación de los ecosistemas ni de los consumidores y con alta rentabilidad, mayor aún que la del agronegocio actual. Y son los ganaderos los que tienen la mayor y más eficiente herramienta para iniciar este cambio, el ganado.

A partir de un informe de la FAO en 2009 y de su incompleta difusión, se le tachó a la ganadería de ser el primer contribuyente de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y es cierto. El problema fue que no difundieron con la misma energía todo lo que estaba incluido en ese informe y su cálculo de contaminación. Esa contabilización de

GEI incluye desde el laboreo de suelo para la producción de granos para la industria ganadera, los combustibles, fertilizantes, agrotóxicos y transporte de esos productos para llevarlos hasta la boca de los animales en confinamiento; además de los gases entéricos. Entonces el problema en realidad con ese informe fue la divulgación incompleta de la información.

Pero hoy ya se sabe y se tiene claro cuál tipo de sistemas ganaderos son los que genera esos gases tan dañinos al planeta y también se sabe cómo se puede remediar. La solución de esa crisis climática, financiera y de salud tiene su base en el máximo cuidado de los suelos y la agroecología es la cimentación de este proceso.

La agroecología tiene como pilares tres conceptos que no son enseñados en las facultades de agronomía, que son: la teoría de la trofobiosis desarrollada por Francis Chaboussou en los 70's, el ciclo del etileno en el suelo trabajado por Widdowson en 1985 y la transmutación de elementos con baja energía de Kervran en 1979 (Pinheiro, 2016). Estos procesos, pilares de la agroecología, son destruidos con las prácticas comunes utilizadas en la producción de alimentos hoy en día, como son: el volteo de suelos, fertilizantes de síntesis química, aplicación de agrotóxicos, fuego y la nula o mala gestión del pastoreo. Todas estas prácticas conducen y mantienen al productor dentro de un círculo vicioso, en un esquema productivo basado en el uso creciente de insumos, deteriorando los suelos, reduciendo la rentabilidad de la empresa ganadera y produciendo carne y leche de baja calidad nutricional que incluso deteriora la salud del consumidor.

El problema ambiental es complejo, pero se puede resumir a dos principales desbalances, el hídrico y el carbónico. Los ciclos hídricos están rotos, el agua ya no se mueve en todo su ciclo a la velocidad a la que lo hacía antes y eso modifica los patrones climáticos. El agua se mueve ahora más rápido: cada día hay más hectáreas de suelo que infiltran menos agua (más concreto en las ciudades y más suelos agrícolas sellados por el laboreo/mecanización y más suelos ganaderos compactados por el mal pastoreo), por lo que su viaje sobre la superficie hacia los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas y mares) es mucho más rápido. Eso genera que el ciclo hídrico, en pocas palabras, se quede

un lapso de tiempo sin agua que mover, y es lo que genera las sequías cada vez más prolongadas y las lluvias cada vez más torrenciales (más agua en menos tiempo).

Judith Schwartz, en su libro "Las vacas salvan el planeta", habla sobre el trabajo de Falkenmark en los 80's sobre la distinción de los términos "agua azul" y "agua verde". El agua azul se refiere a la lluvia que termina en lagos, lagunas, ríos y al final en los mares. El agua verde se refiere al agua que permanece en el suelo y en las plantas. Es necesario que haya un balance entre ambos tipos de aguas para que el ciclo hidrológico no cause problemas. Actualmente existe más "agua azul" y menos "agua verde", por las causas anteriormente mencionadas. En conclusión, hay menos agua almacenada en los suelos y menos plantas haciendo fotosíntesis, más suelo descubierto y menos carbono es removido de la atmósfera.

**Esto necesita equilibrarse.**

En el caso del carbono, hay demasiado en la atmósfera, por dos causas principalmente, la emisión de Carbono fósil (entiéndase petróleo) a la atmósfera y la oxidación de materia orgánica del suelo, que transfiere Carbono del suelo a la atmósfera. El Carbono en la atmósfera lo encontramos principalmente en forma de $CO_2$ y $CH_4$ (bióxido de carbono y metano, respectivamente), ambos Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esa pérdida de Carbono del suelo es a través de la oxidación de la materia orgánica y al perder este gran recurso nuestros suelos pierden básicamente todo su potencial productivo, claro, a menos que se utilicemos todas las herramientas de la agricultura convencional que ya conocemos (arados, fertilizantes de alta solubilidad, agrotóxicos, etc) que es precisamente la tecnología que nos ha generado los problemas que hoy en día padecemos. El fuego también juega un papel muy importante en la remoción de carbono del suelo, esta práctica debe eliminarse, hay alternativas.

La parte interesante de esta crisis, y llena de esperanza, es que al cambiar los esquemas productivos y enfocarlos a la regeneración de los suelos, automáticamente se comienza a revertir los desbalances en los ciclos hidrológicos (mejorar el balance entre agua azul y agua

verde) y carbónicos. A partir de ahí se desarrolla una cadena de efectos benéficos que alimentan un circulo virtuoso, o mejor dicho, una espiral, a la que aún no se le conoce el límite.

Según el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS) por cada 1% de incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo se pueden retener hasta 250,000 litros de agua por hectárea. Esto es posible lograrlo de varias formas, pero la más barata y eficiente es a través de la ganadería regenerativa y de esta forma atacamos los dos principales problemas del cambio climático, la ruptura de los ciclos hídricos y carbónicos.

La pregunta obligada ahora es ¿cómo inicio ese cambio, como encuentro la punta base de esa espiral virtuosa? La respuesta a esa incógnita es "cambiando el manejo". El manejo que hoy en día tiene al punto de la quiebra a la ganadería de pastoreo, es el extensivo, aquel de bajas densidades de pastoreo, de largos periodos de ocupación, insuficientes periodos de reposo, bajos índices de cosecha de forraje, degradación del suelo y empobrecimiento de la diversidad del ecosistema. Es este tipo de ganadería el que voltea los suelos, usa fertilizantes de alta solubilidad, herbicidas, insecticidas y fungicidas. Es este tipo de ganadería el que no conoce y, obviamente, tampoco promueve los ciclos biológicos.

Entonces, si se quiere cambiar las cosas es necesario hacer totalmente lo opuesto, y esto es un pastoreo intensivo, de altas densidades de pastoreo, cortos periodos de ocupación, óptimos periodos de reposo, altos índices de cosecha, regeneración del suelo y enriquecimiento de la diversidad del ecosistema. Un pastoreo que jamás voltea el suelo, no usa fertilizantes de alta solubilidad, ni herbicidas, ni insecticidas ni fungicidas, a este pastoreo se le llama Racional, porque conoce, entiende y promueve los ciclos biológicos y desarrolla toda una empresa altamente productiva y rentable sobre ellos.

Es entonces en donde el Pastoreo Racional Voisin entra en juego. Pastoreos hay muchos, unos más eficientes que otros, pero es el PRV es el que nos ofrece un análisis profundo de nuestro contexto holístico y nos da las herramientas para acoplar nuestros objetivos

personales sobre los recursos naturales que necesitan ser regenerados y perpetuados.

Es, a través del Pastoreo Racional Voisin, posible atacar y dar marcha atrás a los problemas que presenta hoy la ganadería convencional de pastoreo, en sus tres pilares: la ecología, la salud y la rentabilidad.

El suelo y la vegetación es lo primero que se ve beneficiado al hacer ocupaciones cortas a alta densidad de ganado, y los mecanismos que trabajan en esto son básicamente tres:

1. Poda. Al pastorear el ganado a altas densidades (200-5,000 vacas/ha), los animales dejan de seleccionar lo que comen y se vuelven devoradores, poniendo así a todas las plantas a competir al mismo nivel. Además de comer toda hierba que hay en el potrero, es importante que este consumo lo hagan a fondo, a una altura de entre 3 y 5 cm, no más de 10. Es este corte a fondo y sin selección que hace que todas las plantas activen de nuevo su proceso fotosintético, y es la fotosíntesis el proceso más eficiente de fijación de carbono en el suelo, a través de los exudados en las raíces. Al consumir la mayoría de especies, estas inician su proceso de rebrote al mismo tiempo, sobresaliendo solamente las más adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas presentes.
2. Pisoteo. Siempre se ha sabido que el ganado compacta los suelos, lo cual es cierto, pero todo depende de cómo sea manejado ese animal. Si se modifica el manejo, la vaca se convierte en una herramienta altamente eficiente de descompactación de suelos e infiltración de agua. La vaca compacta, como cualquier otro objeto que tenga capacidad de moverse en el suelo, al pasar varias veces sobre un mismo sitio, y esto es lo que se debe cambiar. Si se realiza un pastoreo de corta ocupación, alta densidad y reposo adecuado, no habrá compactación, pues la vaca permanece muy poco tiempo en un mismo potrero como para lograr compactarlo, en realidad lo que hace es masajearlo. Es muy común encontrar los suelos ganaderos con muchas áreas expuestas al sol, sin hierba ni otra cobertura; es en esas áreas principalmente donde se crea una capa muy delgada de

partículas muy finas que sellan el suelo y no permiten que el agua infiltre. Esto se empeora en cada lluvia, promoviendo más la escorrentía y erosión y menos infiltración (más agua azul y menos agua verde). Es así como se obtienen suelos compactados y pastos sedientos. La vaca con su pezuña rompe esa pequeña costra que sella el suelo y permite que se infiltre un poco más de agua en la siguiente lluvia, a esto se le llama "lluvia efectiva", la lluvia que en realidad se infiltra en el suelo; resultado de eso será una mayor hidratación de las raíces de las hierbas de los potreros y por lo tanto un mayor desarrollo foliar, lo que permitirá alimentar más ganado en la misma área para el siguiente pastoreo.

3. El estiércol. Es la vaca (y cualquier herbívoro) un muy efectivo transporte de fertilidad y microorganismos para el suelo. Es a través del estiércol del ganado como se va a alimentar a los suelos, siempre y cuando no se apliquen desparasitantes de larga duración como lo son las lactonas macrocíclicas (ivermectina, abamectina, etc) ya que estos tienen gran impacto negativo sobre la biocenosis del suelo. Una vaca de 500 kg excreta diario aproximadamente 25 kg de estiércol y 15 litros de orina; en el periodo de un año una vaca habrá depositado en nuestros suelos poco más de 9 toneladas de estiércol y casi 5.5 toneladas de orina. Ahora, si tenemos una capacidad de carga de 2 vacas por hectárea, significa que estaremos depositando a nuestro suelo 29,200 kg de excretas por hectárea por año; hasta ahora no hay algún ganadero que aplique esa cantidad de abono de ningún tipo en sus potreros, ni en base a materia seca. Es un sistema de fertilización/nutrición insuperable.

En el pastoreo convencional, extensivo, la vaca decide donde y qué come, lo ideal es que el ganadero le indique a la vaca donde y qué es lo que debe a comer. Este es el primer cambio en el pastoreo, después viene el reposo, la piedra angular del Pastoreo Racional Voisin.

Uno de los pilares del PRV son las 4 Leyes Universales enunciadas por André Voisin en los años 50's; estas son la ley del reposo, la de la

ocupación, la de los rendimientos máximos y la de los rendimientos regulares, y dicen lo siguiente (Voisin, 1957):

**1.- Ley de Reposo.**

"Para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes sucesivos a diente, haya pasado el tiempo suficiente, que permita al pasto:

- Almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un inicio de rebrote vigoroso.
- Realizar su "llamarada de crecimiento", o gran producción de pasto por día y por hectárea.

Resumiendo, es necesario que el pasto descanse lo suficiente entre un pastoreo y otro para que la planta pueda recuperar las reservas en raíz. Estamos acostumbrados a dejar descansar el pasto según el tiempo que nos recomienda el técnico que nos ha vendido las semillas o cualquier otro agrónomo, que pueden ser 30, 40, 50 días o menos o más. Sin embargo ¿porqué se le debe dar el mismo tiempo de reposo a todos los potreros (suponiendo que tienen el mismo pasto) si todos los factores que definen el desarrollo de la hierba (fertilidad y tipo de suelo, sombreo, pendiente, retención de agua, etc.) son dinámicos en tiempo y en espacio?

**Ley de la Ocupación.**

"El tiempo global de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto como para que un pasto cortado a diente el primer día (o al comienzo) de la ocupación, no sea cortado nuevamente por el diente de los animales, antes de que estos dejen la parcela."

Esto no significa que se tenga que estar cuidando que una vaca no coma la planta que la vaca anterior acaba de comer. Se refiere a que la ocupación no sea tan larga que permita a las vacas (o cualquier otro animal pastoreado) corte el rebrote del pasto.

Aquí se liga con la Ley del Reposo, el pasto estaría siendo cortado antes de haber recuperado sus reservas y haber logrado la "llamarada de crecimiento", debilitando cada vez las plantas hasta llegar al punto en que el ganadero se da cuenta que ahora su potrero ya no le da ni la

calidad ni la cantidad de hierba que antes y se ve obligado a sembrar de nuevo, actividad para nada barata.

**3.- Ley de los Rendimientos Máximos.**

"Es necesario ayudar a los animales con exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto, y para que éste sea de la mejor calidad posible".

Esta es la ley universal que indica que el ser humano tiene que decidir donde pastorean los animales. El ganadero, tomando en cuenta las dos primeras leyes, sabrá en que parte de nuestro rancho se encuentra el mejor pasto en cuanto a cantidad y calidad se refiere.

Con esta ley universal, se rompe la rotación "secuencial" que se sigue cuando se practica Pastoreo Rotacional, ya que como dice la Ley de Reposo, los potreros no alcanzarán su "Punto Óptimo de Reposo" al mismo tiempo. Esto obliga a buscar en los potreros cual es el mejor día, para que los animales sean conducidos a pastorearlo.

También de esta tercera ley se desprende la famosa práctica llamada "despunte y repaso", en la cual el 30% del lote (jamás más de eso) con mayor requerimiento nutricional, entra primero a despuntar un potrero, a comer lo mejor para obtener mejores rendimientos. El otro 70% del hato entra después a "repasar".

**4.- Ley del Rendimiento Regular.**

"Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es necesario que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos, si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela".

Primero, es importante aclarar que por "regular" Voisin se refiere a rendimiento "estable". Un breve análisis a este escenario, muchos ganaderos han pasado por él: ingresan las vacas lecheras a un potrero nuevo, al siguiente día la cosecha de leche es espectacular. Conforme van pasando los días y las vacas están en ese mismo potrero, la producción de leche va disminuyendo. Ya cuando la producción ha bajado demasiado, se decide que es necesario cambiarlas de potrero porque con esa cantidad de leche no se paga ni el sueldo de los

empleados, y el potrero se queda con mucho forraje aún. Por fin, las vacas se cambian de potrero y la historia se repite. Se termina desperdiciando un porcentaje muy alto de forraje (entre el 60 y 80%) a la vez que se compactan los suelos, al permitir que las vacas deambulen por todo el potrero durante muchos días buscando las hierbas de mayor palatabilidad para comer.

La parte más interesante de esto, es que al hacer el pastoreo no selectivo, respetando las Leyes Universales del Pastoreo Racional, se comienza a alimentar al suelo, a promover los ciclos biológicos que se dan en él y los resultados se empiezan a reflejar casi inmediatamente. Los beneficios de trabajar con la naturaleza comienzan con la reducción del uso de la gran mayoría de insumos externos, simplemente, porque ya no se necesitan. Antes se usaban herbicidas e insecticidas, ahora la vaca hace el trabajo de mantenimiento de praderas y con el incremento de la vida y nutrición del suelo se logra tener plantas bien nutridas, que con base en la teoría de la Trofobiosis, no atraerán a las plagas.

Es entonces que se entra en esa espiral virtuosa de la que se habló anteriormente pues se comienza a aprovechar casi todo el forraje producido en el rancho, pudiendo así alimentar más animales con los mismos recursos, depositando entonces más excretas en el suelo que promueven la abundancia de las comunidades de microorganismos que van a trabajar en conjunto con las plantas fijando carbono y descompactando el suelo, produciendo a la vez plantas más abundantes, vigorosas y nutritivas que serán consumidas por más vacas que producirán cada vez más sanas y productos de alta calidad nutricional para los humanos usando cada vez menos medicamentos de cualquier índole (antibióticos, vitamínicos, hormonales, etc).

La carne y leche producida bajo este esquema de ganadería regenerativa es de alta calidad, densa en nutrientes, libre de agrotóxicos, a final de cuentas un alimento, en toda la extensión de la palabra.

## Conclusiones

Los ganaderos tienen en sus manos la herramienta más eficiente para hacer las tres cosas que deberían comandar los objetivos de cualquier empresa agropecuaria: ayudar a mitigar el cambio climático a través

del uso de los suelos como grandes reservorios de carbono y agua, producir alimentos de excelente calidad nutricional para una población que hoy en día está desnutrida y, la base para poder mantener los dos primeros puntos, generar rentabilidad, ya que sin utilidades ninguna empresa perdurará. Esto es lo que se llama sustentabilidad.

Es necesario recalcar que está en el ganadero el seguir degradando o comenzar a regenerar su empresa ganadera. No es necesario comprar un tractor, una máquina especial, algún insumo de alto costo; si se debe hacer todo un proyecto, una buena planeación, un buen análisis para conocer a fondo los recursos naturales, financieros, humanos y sobre todo los objetivos personales para poder diseñar un proyecto a su medida y así lograr su perpetuidad.

Entre la degradación y la regeneración de la ganadería hay un solo y sencillo cambio, con la misma herramienta, la vaca.

**Bibliografía.**

Voisin, André. La productividad de la hierba. Madrid. Editorial Tecnos. 1974

Pinheiro, Luiz Carlos.; Pinheiro, Luiz Carlos (hijo). La dialéctica de la agroecología. Argentina. Editorial Hemisferio Sur. 2016

Pinheiro, Luiz Carlos. Pastoreo Racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio. Argentina. Editorial Hemisferio Sur. 2004

Schwartz, Judith. Cows Save the Planet: And Other Improbable Ways of Restoring Soil to Heal the Earth. Chelsea Green Publishing. Estados Unidos de America. Edición de Kindle. 2013

Natural Resources Conservation Service. Soil Health Key Points. United States Department of Agriculture. Documento digital. http://www.nrcs.usda.gov. 2013

# Latte Nobile en México

*MVZ Jesús Antonio Beauregard García*, Miguel Galina Morales*
**MIPPE-Universidad de Colima*

## Historia de Latte Nobile en México

### Antecedentes de la calidad de la leche de pastoreo en México

Se Iniciaron en México los trabajos que desembocaron en Latte Nobile a partir del 2011 con una serie de investigaciones sobre la calidad nutricional de la leche en México, que ha permitido certificar las bondades del pastoreo tanto en vacas, como en cabras y recientemente en borregas (Galina et al., 2012; 2013). Un contenido mínimo de ácidos grasos saturados (AGS) se observó en la leche procedente de los animales en pastoreo, contrastado con una presencia significativa de AGS en leche de animales en estabulación (Galina et al., 2012; 2013; 2014). Recientemente ha sido probado en la literatura que un menor contenido de AGS favorece la salud humana, debido a su papel en las enfermedades coronarias (Pfeuffer., Schrezenmeir., 2000). Los resultados del trabajo en México, permiten suponer que el sistema de alimentación, en general, y en particular el pastoreo libre en un ambiente silvopastoril diverso, permite que cada vaca como individuo, seleccione una dieta de acuerdo a sus propias necesidades, con un efecto positivo sobre el aroma, sabor y características nutricionales de la leche (Galina et al., 2012; 2013).

La primera etapa en México, era certificar si la leche de pastoreo tenía calidad similar a la reportada en numerosos estudios en Europa, particularmente en Italia donde habían identificado que el nivel

de calidad de la leche y del queso son la expresión de una serie de moléculas aromáticas: terpenos, fenoles, flavonoides, antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos insaturados (Galina et al., 2007). Todos estos componentes dependen esencialmente de la cantidad de pasto que el animal ingiere, y, aún más, de la diversidad del número de hierbas, ya que, como ha sido señalado en numerosos estudios, cada hierba contribuye a los diferentes componentes organolépticos de la leche. De hecho, la mayoría de las hierbas son silvestres, denominadas genéricamente "malas hierbas", esta complejidad es importante porque se refleja en una leche "diferente", de calidad superior, el consumidor poco a poco empieza a diferenciar entre una leche de pastoreo y una de estabulación, por su aroma y sabor.

Una primera premisa demostrada fue que los sistemas de producción ganaderos que se manejan en pastoreo, pueden impactar en forma positiva en la salud de la población, produciendo leche, queso o carne de mejor calidad nutricional para el consumidor (Claps et al., 2014; Galina et al., 2009a; 2009b). Ya que los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas, pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutracéuticos (Claps et al., 2014). En segundo lugar ha sido ampliamente demostrado en la literatura científica la insostenibilidad de los sistemas productivos de estabulación con vacas productoras de 40 litros o más por día, desde el punto de vista de calidad de la leche, o de bienestar animal, para lograr una oferta de mayor calidad nutricional a los consumidores, evitando paralelamente la destrucción y degradación de los ecosistemas.

Otros factores como la presencia de flavonoides, antioxidantes y ácidos aromáticos aumentan significativamente en el pastoreo, particularmente en sistemas silvopastoriles. Cuando se habla de calidad de la leche, la ordeña de animales en pastoreo presenta un contenido variado, pero en general más bajo en elementos como el colesterol, porque proviene de un origen vegetal diverso comparado con productos de animales en estabulación, contenido que se podría sintetizar en lo siguiente:

a). La leche de animales en estabulación tiene un contenido de ácidos grasos saturados mayor que el de animales en pastoreo.

Los ácidos grasos saturados son los implicados en la mayor parte de las enfermedades cardiovasculares asociados con la obesidad, disminuyendo la concentración de alfa tocoferol, principal antioxidante, en los tejidos de los animales. La calidad de los productos pecuarios, leche o carne, es superior cuando los rumiantes son manejados en pastoreo, superando significativamente a los animales en estabulación (Sima et al., 2000; Rubino, 2002).

b). El ácido linoléico conjugado, elongado y transformado en DHA, tiene propiedades antitumorales, y anticolesterémicas entre otras y se encuentra solamente en productos de origen animal, particularmente en leche y carne de animales en pastoreo, en concentraciones cuatro veces mayor que en animales en estabulación. Se acumula particularmente en el queso. (Rubino, 2002; Rubino et al., 2012).

c). Siempre la leche de pastoreo contiene un nivel inferior de colesterol y un nivel mayor de antioxidantes. Esto se traduce en una capacidad antioxidante mayor, uno de los elementos probados contra el crecimiento de tumores, acompañados de derivados del alcohol como los monoterpenos que reducen la formación de células tumorales (Delgadillo y Cuchillo, 2015)

d). El componente aromático es mucho más fuerte en la leche de pastoreo, debido a la presencia de ácidos aromáticos en las hierbas que el animal consume.

e). Por otro lado, estudios sobre el perfil de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) particularmente el ácido linoléico ($C_{18,3}$ cis-9, cis-12, ALI) y el ácido alfa-linolénico conjugado ($C_{18:3}$ cis-9, cis-12, cis-15 ALC) han demostrado que se encuentran en altas proporciones en los lípidos de los forrajes y de algunos suplementos (Rubino, 2015; Rubino, 2014). Estos ácidos forman parte de la dieta de los rumiantes y dependiendo de su concentración, modifican el perfil de ácidos grasos de la leche y de la carne, su composición se caracteriza por la presencia de un mayor volumen de ácidos grasos insaturados, que saturados (Castillo et al. 2013).

Dejemos que Roberto Rubino nos explique (Rubino, 2015)

## El Modelo de "Latte Nobile"

Partimos de la consideración que, en un mercado donde existe una variedad más o menos amplia en casi toda la producción de alimentos, el consumidor está acostumbrado a elegir entre productos por la calidad, y no sólo conservar el anacronismo de la leche de consumo general, que renuncia a una amplia gama de variables, sobre la base de la materia prima, la leche, y no sería difícil de convencer a los consumidores de adquirir calidad, y no sólo eso, serían capaces de pagar más, porque estarían felices de tener acceso a un producto de una calidad certificada. ¿Qué mamá, nos preguntamos, aceptaría un precio más alto, en la elección de un alimento que sabe que tiene una mayor calidad nutricional y aromática? El reto está aquí: hemos asumido que no había espacio para un producto más caro, y esa pregunta era el menor de los problemas, porque el éxito de Slow Food y la viveza con la que las comunidades locales se están moviendo para promover sus productos y sacar a la luz los conceptos de calidad y regionalización específicas, lo demuestran. Confiemos en la capacidad de alertar al consumidor con ganas de un producto con una fuerte personalidad y mayor calidad.

Era necesario dejar de lado lo que parecía un problema sin solución, para ello había que construir el modelo de desarrollo, imaginar y planificar los distintos segmentos de la cadena de suministro, debido a que la leche, en contraste con el vino, el queso o el aceite, tiene una característica que no puede ser ignorada: el día que se ordeñó debe ser comercializada y vendida. Por lo tanto, no sólo hay que preocuparse de producir buena leche, embotellarla y diferenciarla de la multitud del mercado, sino que debe disponerse inmediatamente al consumidor, y que ellos estén conscientes de que la calidad vale un precio muy superior al de la leche más cara que se encuentre al momento en el mercado.

Pero el resultado más satisfactorio es que el modelo funciona y que "Latte Nobile" no sólo está presente en el mercado, sino que se convirtió en un producto de élite, buscado por los consumidores y distribuidores, un producto de calidad evidente. ¿Y cómo ha sido esto posible? mediante una CALIDAD SUPERIOR CERTIFICABLE.

Si la leche no es toda la misma, y si quisiera ofrecerse al consumidor una leche de calidad, por la cual se debe desde luego pagar más, tendríamos que producir ese nivel de calidad, para que la diferencia fuera obvia; por lo tanto, ¿sería posible hacer que el consumidor quiera superar la barrera de precio del lácteo que hay en el mercado hoy en día? Y entonces, el proyecto garantiza, además del sabor, que los consumidores estén conscientes, de que la leche cumple con las características que se anuncian y que se encuentran en el etiquetado.

**Latte Nobile en México**

Latte Nobile en México ha contribuido al desarrollo de productos lácteos de calidad, midiendo en un laboratorio independiente la cantidad de omega 3/ omega 6 y su relación, dentro de un reglamento. En la actualidad (2017), tenemos 40 unidades de producción certificadas de diferentes especies de rumiantes, ovinos, caprinos y bovinos, trabajando con ellos en una segunda etapa para medir el grado de protección antioxidante, esto garantiza al consumidor que efectivamente consume una leche noble, es decir, que además de tener los factores de inocuidad, y de contenido de ácidos grasos y proteína, cualitativamente oferta una cantidad de ácidos grasos esenciales benéficos para la salud producto del pastoreo, aunado a los factores de producción amigable para la conservación del medio ambiente y para el bienestar animal. Latte Nobile camina de la mano con el pastoreo racional Voisin, por los efectos holísticos para mejorar las praderas, el agua y el suelo, además de ofertar al consumidor una certificación de calidad más allá, por ejemplo, de la agricultura orgánica, que se desarrolló para proteger la casa de todos, el planeta tierra, lo cual es muy válido; pero Latte Nobile da un paso más, para no solamente colaborar con el medio ambiente, sino también para ofertar alimentos que mejoren la salud de la población.

Esto permite dar una plusvalía a los productos certificados, permitiendo que el consumidor pueda identificar mediante un logo la calidad del alimento y que poco a poco se ha ido extendiendo en México.

**Queso de Borrega certificado por Latte Nobile**

**Queso de vaca certificado por Latte Nobile**

## Quesos de Cabra certificados por Latte Nobile

## Leche para consumo certificada por Latte Nobile

En el verano del año 2016, en el mes de julio, se participó en la 4a Feria del Queso que se celebró en Tenosique, Tabasco, donde se expuso la información sobre la Certificación de leche Latte Nobile. También tuvimos reuniones con la directiva de la Asociación Ganadera Local y el Presidente municipal de Tenosique, para difundir los beneficios que genera al productor de leche la identificación de su producto con un logo para diferenciarlo de la competencia, con la certificación Latte Nobile. El H. Ayuntamiento de Tenosique, Tabasco, decidió apoyar a un grupo de productores sociales para que se certificaran, cubriendo el importe económico del costo de la Certificación y el grupo aportó el importe del análisis de laboratorio. Así iniciamos esta labor en el municipio de Tenosique con 10 productores que decidieron invertir en la Certificación para mejorar las utilidades de sus negocios. También se hizo promoción con productores que asistieron a la Feria del Queso de municipios vecinos a Tenosique, como Balancán y Emiliano Zapata, logrando la Certificación de más productores en esos dos municipios. Al día de hoy tenemos ganaderos certificados también en los municipios de Centro y Paraíso, en Tabasco.

La difusión de la Certificación se ha realizado en otros estados del país, como Veracruz, Jalisco, Colima, Michoacán y probablemente Durango, donde hay productores interesados en lograr la Certificación de la leche que producen en sus ranchos.

La Certificación de calidad de leche Latte Nobile, que asegura que ésta sea un alimento funcional o nutracéutico, por su contenido de omega 3 y su correlación con el omega 6, utiliza el eslogan desarrollado por el "Padre de la medicina", Hipócrates: "Que tu alimento sea tu medicina, y que tu medicina sea tu alimento".

Con este pensamiento guiando nuestras acciones y decisiones, es que hemos caminado hasta donde estamos hoy, ha sido el motor que movió todo lo necesario para que pudiéramos estar reunidos en este lugar durante estos tres días escuchando las bondades de la maravilla de alimento que es la leche producida en pastoreo. El legado de Hipócrates sigue influyendo en las sociedades actuales, impulsando una nueva manera de producir los alimentos que necesitamos como sociedad en nuestro país y el mundo, donde los alimentos

que podamos consumir de manera cotidiana sean buenos para la salud, que la puedan mejorar, tal como lo planteó este gran médico griego desde hace más de 25 siglos, y no que nos estén generando los grandes problemas que enfrentamos hoy como país, la obesidad, sobrepeso y diabetes, junto con otras causas. Las expectativas siguen siendo altas para todos los que trabajamos en Latte Nobile. Son altas porque creemos en México como sociedad que puede enfrentar y solucionar sus grandes problemas, como el de la salud, amenazada por las enfermedades crónico degenerativas.

La Secretaría de Salud junto con el Comité Nacional de Seguridad en Salud, a través del Subcomité de Enfermedades Emergentes, emitió la declaratoria de emergencia epidemiológica EE-4-2016 para todo el territorio nacional, ante la magnitud y trascendencia de los casos de diabetes mellitus. El Secretario de Salud federal, Dr. José Narro Robles, afirmó que el sobrepeso, la obesidad y la diabetes son problemas muy serios de salud, por lo que es indispensable la participación de toda la población para revertirlos, ya que mientras en 1980 fallecieron cerca de 14 mil personas a consecuencia de la diabetes mellitus, en el 2016 fueron 98 mil 521. (Boletín de prensa de la Secretaría de Salud federal del 14 de noviembre del 2016, http://www.gob.mx, Secretaría de Salud (/salud) Prensa.

En cuanto a la experiencia de comercio y venta de los productos lácteos certificados por Latte Nobile en el mercado de Tabasco, hemos tenido resultados variables. La experiencia de algunos productores es que sus productos no son valorados en el mercado local porque la gente no tiene información sobre la importancia de los productos funcionales o nutracéuticos que mejoran la salud y, por lo mismo, no conoce el valor de la Certificación, ni está dispuesto a pagar por la calidad del producto. También está la experiencia positiva de productores certificados que han logrado vender sus productos en el mercado local a precios muy rentables, donde la Certificación ha jugado un papel clave para lograr niveles de precio excelentes por sus productos. Esto nos enseña que hay diferencias entre los diferentes mercados o zonas del país, habiendo mercados con más madurez o más conocimiento sobre la calidad nutracéutica de los productos certificados por Latte

Nobile, tanto en Tabasco como en otros mercados, como los estados del centro y occidente del país.

Con esta información nos queda claro que necesitamos ser difusores activos y constantes porque enfrentamos grandes retos como sociedad y como ganaderos, donde la Certificación Latte Nobile puede ayudar en la solución: como sociedad enfrentamos una emergencia epidemiológica por obesidad, sobrepeso y diabetes, declarada el año pasado por el Secretario de Salud federal; y como ganaderos se tienen problemas de rentabilidad ya que hay poca demanda por la leche bronca, ordeñando solo el 40 - 60% de las vacas, sobre todo en Tabasco, y generan un producto con características nutracéuticas que puede ayudar a revertir la obesidad y el sobrepeso, además de otras características favorables a la salud, (Simopoulos, 2002), qué ironía!! Entonces, con estas dos realidades lo que tenemos que hacer es promover las bondades de la leche producida en pastoreo y trabajar unidos, certificación y productores certificados, para lograr eventos como este donde contamos con el apoyo del Gobierno del Estado de Tabasco y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, donde hagamos difusión hacia la sociedad, a los consumidores, del gran valor para la salud que tienen los productos lácteos certificados.

**Bibliografía.**

CANILEC, 2014. Estadisticas de Producción e Importación de Leche en México. Camara Nacional de la Industria de Leche, México.

Claps S., Galina, M.A., Rubino R., Pizzillo M., Morone G., Di Napoli M.A., Caputo A.R., Pineda L.J. 2014. Effect of grazing into the omega 3 and aromatic profile of bovine cheese. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 2:1-6

Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, F. 2013. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: Una revisión. Rev. U.D.CA. Act & Div. Cient 16 (2): 459-468

Colavilla, G., Amadoro, C., & Mignona, R. 2014. Rapporto omega6/ omega3 e GPA nel Latte Nobile in Molise en R.Rubino Il Modello Latte Nobile un ´altra vie è possibile. Caseus Italia: 118-128

Delgadillo, C., Cuchillo, M. 2015 Compuestos bioactivos en productos lácteos con capacidad antiinflamatoria y anti oxidante. Miguel Galina Ed. Puerta Abierta Editores. ISBN 978-607-8286-62-1: 109-126

ESNAUTMC. 2016 Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. Salud. Gobierno de México 149 p

Galina, M.A., Ortíz-Rubio M.A., Guerrero, C.M., Vazquez, P., Pineda, L.J. 2016a. Effect of feeding management on the nutritional composition of artisan soft cheese made with ewe´s milk. Journal of Nutritional Ecology and Food Research 3:36-42

Galina M. A. Elías, A., Vázquez, P., Pineda, J., López., B., Velázquez, M.A. 2016b. Effect of the use of fermentation promoters with or without probiotics on the profile of fatty acids, amino acids and colesterol of milk from grazing cows. "Efecto de la utilización de los promotores de la fermentación, con probióticos o sin ellos en el perfil de ácidos grasos, aminoácidos y colesterol de la leche de vacas en pastoreo". Cuban J of Agric. Sci. 50: 105-120

Galina,M., López, B., Peña, J., Hernández, A., Galina, C., Vázquez, P. 2016c. Perfil de omega 3 y omega 6 en Bovinos en Pastoreo en Chiapas. Memorias del XL Aniversario de, Congreso Nacional e Internacional de Buiatría, Zacatecas, Zacatecas: 451-457

Galina, M. 2015. El modelo de "Latte Nobile" en México. En El modelo de Latte Nobile otra vía de producción de leche. Omega 3, leche de pastoreo y manejo integral del sistema. Puerta Abierta Editores ISBN: 978-607-8286-62-1: 1-38

Khanal, R.C. 2004. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. Assian-Australian J. Anim. Sci 17(9):1315-1328.

Pfeuffer, M. & Schrezenmeir, J., 2000. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. British Journal of Nutrition, 84, 155–159.

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S, Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace

the Origin and Quality of Goal's Milk and Cheese. J. Dairy Sci 90:4567-4574.

Puga D.C., Sánchez-Muñoz, B., Nahed-Toral. J., Cuchillo-Hilario., M., Díaz-Martínez., M., Solis-Zabaleta. R., Reyes-Hernández. A., Castillo-Domíguez, R.M. (2014). Fatty acid content, health and risk indices, physicochemical composition and somatic cell counts of milk from organic and conventional farming systems in tropical southeastern Mexico. Tropical Animal Health and Production. ISSN: 0049-4747 DOI 10.1007/s11250-014-0581-x 46:883-888. 46 (5): 883-888.

Rubino, R. 2014. Il modello latte nobile. Un'altra via é possibile. Casueus Edit. Anfosc. Italia 191 p.

Rubino, R. 2015. El modelo de latte Nobile, otra vía para la producción de leche. Miguel Galina Ed. Puerta Abierta Editores. ISBN 978-607-8286-62-1: 79-108.

Rubino, R. 2002. Producción de quesos artesanales en relación a la calidad de la leche. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. IGA y URG Querétaro. Querétaro.

Sima, H., Greenberg-Levy, M., Kostjukovsky, M., Ravid, U., Shaaya, E. 2000. Studies to elucidate the effect of monoterpens on acetylcholinesterase in two stored-products insects. ISHS Acta Horticultura 344:35.47

Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega6/ omega3 essential fatty acids. Biomedical Pharmacoter 56:365-379.

***Agradecimientos:*** *Los autores agradecen UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 201137 y Cátedra CONS-2017 de FES-Cuautitlán UNAM*

# Principios de elaboración de quesos a partir de leche pasteurizada

***Ramiro Olivé López.*** *División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.*

**Propósito.-** Proporcionar información acerca de los procesos generales y específicos en la elaboración de quesos, resaltando la importancia de la pasteurización de la leche y la utilización de bacterias lácticas como procesos fundamentales para obtener productos inocuos y que cuenten con las características organolépticas deseadas.

**Introducción.-** La producción mundial de quesos en 2015 fue de más de 15,000 millones de toneladas, mientras que la producción de quesos en México en 2015 fue de aproximadamente 152,000 toneladas, gran parte de esta producción está constituida por quesos artesanales elaborados con leche sin pasteurizar, o "leche cruda". El consumo de productos lácteos no pasteurizados puede causar problemas de salud a los consumidores, por ello es fundamental conocer las tecnologías que permiten obtener quesos inocuos y que conserven las características organolépticas que el consumidor espera en cada tipo de queso que adquiere ya que existe la creencia de que un queso de leche pasteurizada tiene "menos sabor" que el mismo queso elaborado con leche cruda.

La calidad de un queso no depende únicamente del proceso de pasteurización, depende de cuidar todas las etapas del proceso, desde

la alimentación, salud y bienestar de la vaca, hasta la elaboración, empaque, almacenamiento, distribución y venta del producto.

**Procesos generales y específicos en la elaboración de quesos.-**

**Definición de Queso.-** Es el producto fresco o madurado, compuesto de proteínas de leche coagulada, de grasa, de agua y de sales. Existen más de 3,000 variedades de quesos en el mundo, con diferentes composiciones, texturas, aromas y tiempos de conservación, para clasificar a los quesos se toman en cuenta factores como el contenido de agua, tipo de pasta, tipo de corteza, utilización de hongos, tipo de coagulación.

**Procesos generales en la elaboración de quesos.-** Cada tipo de queso tiene un proceso de elaboración único, sin embargo encontramos varias técnicas que son comunes para la mayoría de los tipos de quesos que se elaboran:

a.- Contar con materia prima de excelente calidad.- La leche para quesería no debe tener alguna alteración o contaminación química o microbiológica, ya que una elevada cantidad de células somáticas puede causar defectos en la textura y sabor del producto final. Para evaluar la calidad de la leche se utilizan las pruebas de plataforma y algunas otras.

b.- Filtrado previo al proceso.- Se deben eliminar los materiales ajenos a la leche, tales como polvo, tierra, pelos, insectos, u otros.

c.- Estandarización de la leche.- Consiste en ajustar el contenido de grasa mediante el descremado mecánico o adición de crema, según sea el caso.

d.- Pasteurización.- Dependiendo de los equipos con que cuente la planta se puede pasteurizar de manera LTLT, o HTST. La pasteurización destruye de 90 a 99% de bacterias incluyendo formas vegetativas resistentes, termodúricos y esporas. También se presenta desnaturalización parcial de las proteínas del suero, destrucción de lipasas

e.- Ajuste de temperatura.- Después del proceso de pasteurización se procede a ajustar la temperatura de la leche para llevar a cabo la etapa de cuajado o coagulación.

f.- Coagulación.- Se agrega cloruro de calcio para restituir el calcio que precipitó durante la pasteurización, posteriormente se agrega la enzima quimosina, comúnmente llamada cuajo, esta enzima ejerce un efecto coagulante y proteolítico, el resultado de este proceso es la formación de un gel denominado "cuajada". Cabe mencionar que existen diferentes tipos de cuajado, y que las diferencias entre ellos influirán de manera muy importante en el tipo de producto que se obtendrá. El cuajado enzimático es el más utilizado; los quesos tipo panela, manchego y Chihuahua son ejemplos de quesos en los cuales se utiliza la coagulación enzimática. El cuajado ácido consiste en utilizar ya sea bacterias lácticas o ácidos (acético o láctico), el resultado de esta técnica es una cuajada suave y desmineralizada la cual es característica de quesos suaves como el queso blanco de Puebla y el Petit Suisse. El cuajado mixto consiste en utilizar una fracción de la cantidad de cuajo utilizada en el cuajado enzimático en combinación con bacterias lácticas que se agregan a la leche después de la pasteurización, los quesos Cotija y Doble Crema son ejemplos de productos elaborados con esta técnica.

g.- Corte y tratamiento de la cuajada.- Al concluir la etapa de coagulación se procede a cortar la cuajada con el propósito de facilitar el desuerado y dar la textura deseada al grano.

h.- Desuerado.- Consiste en separar la cuajada del suero lácteo, existen 3 tipos de desuerado: parcial, total, y en bolsa.

i.- Moldeado y prensado.- Se colocan los quesos en su respectivo molde, si es necesario se procede a aplicar presión para acelerar y facilitar el desuerado.

j.- Salado.- La sal juega un papel fundamental en el sabor del queso, en algunos casos ejerce un efecto conservador, los quesos se pueden salar en suero, en masa, por frotación, o en salmuera.

k.-Maduración.- Los quesos se colocan en una cámara de maduración con temperatura y humedad relativa controladas con el propósito de que se desarrollen sabores, aromas y en algunos casos se promueve la formación de la corteza característica de algunos tipos de queso.

l.- Empaque final y conservación.- Los quesos se empacan al vacío o de la forma que el mercado lo requiere y finalmente se almacenan antes de ser distribuidos.

**Procesos específicos en la elaboración de quesos.-** Si se hace una revisión de las técnicas de elaboración de los diferentes tipos de quesos seguramente nos llamará la atención el hecho de que las técnicas son muy semejantes, llegando a ser -casi- idénticas para diferentes tipos de queso. La clave está precisamente en este "casi", es decir, las diferencias de temperatura en el manejo de la cuajada, en el tipo de cultivo o tipo de salado darán como resultado productos totalmente diferentes. Por ello a continuación se mencionan los principales procesos especiales o específicos, estos procesos se llevan a cabo en algunos tipos de quesos confiriéndoles las características esperadas por el consumidor.

a.- Formación de pasta hilada.- Esta característica es fundamental o esencial en quesos como el Oaxaca, asadero, provolone y Mozzarella. Para lograr esto, la cuajada debe llegar a un pH suficientemente ácido y ser sometida a un proceso de amasado mecánico con agua o suero caliente. Este proceso permitirá que la pasta se funda y se pueda "estirar" formando sus hilos característicos.

b.- Amasado de la cuajada.- Consiste en la reducción del tamaño de la cuajada mediante una operación de "frotado" manual, el objetivo de este proceso es contribuir a lograr una pasta desmoronable. Este proceso de utiliza en la elaboración del queso doble crema.

c.- Adición de cultivos lácticos.- Podríamos decir que el queso no es elaborado en su totalidad por el ser humano, sino que es elaborado por las bacterias lácticas, los cultivos lácticos se pueden clasificar en base a diferentes criterios, pero para cuestiones de procesos de elaboración de quesos los criterios más importantes son sus características fermentativas y el rango de temperatura más favorable para su desarrollo.

**Respecto a las características fermentativas los cultivos lácticos se clasifican en:**

Homofermentativos.- Transforman la glucosa exclusivamente en ácido láctico.

Heterofermentativos.- Producen otros compuestos además del ácido láctico, tales como dióxido de carbono, alcohol etílico, y en algunos casos ácido acético. Algunas bacterias lácticas como L. casei, L. plantarum se consideran heterofermentativas facultativas, ya que producen dióxido de carbono y otros productos bajo condiciones específicas y a partir de ciertos sustratos. (Cornell University, 2008).

Si tomamos como criterio de clasificación de las bacterias lácticas su rango de temperatura de desarrollo más favorable nos encontraremos con que existen:

Bacterias mesofílicas, las cuales tienen una temperatura óptima de 30 grados C.

Bacterias termofílicas, las cuales tienen un rango de temperatura óptima de 40 a 45 grados C.

Es importante mencionar que además de las bacterias lácticas "tradicionales" se utilizan en ocasiones hongos y cultivos de superficie con la finalidad de desarrollar características específicas en algunos productos, regularmente de alto precio.

**Los procesos de fermentación láctica se pueden realizar a partir de:**

1.- La microflora presente en la leche cruda. (Quesos de leche cruda)

2.- La microflora presente en leche o suero del día anterior. (Quesos de leche cruda)

3.- Cultivos lácticos de siembra directa o de resiembra. (Quesos de leche cruda o pasteurizada.

Conclusión.- El correcto manejo de la vaca lechera en cuanto a sus requerimientos sanitarios, nutricionales y clínicos permitirá obtener una leche de excelente calidad química y microbiológica. Si a esto le sumamos procesos de elaboración higiénicos, adecuados y estandarizados, se tendrá como resultado quesos que cumplan con la normatividad vigente y que satisfagan los requerimientos nutricionales y organolépticos del consumidor final.

"BUENA LECHE + BUEN PROCESO= BUEN QUESO"

**Bibliografía.-**

Spreer, E. (1991). Lactología Industrial. Zaragoza, España. Acribia.

Keatng, R. y Gaona, H. (1999). Introducción a la lactología. México, D.F. Limusa.

Cornell University. (2008). Lactic Acid Bacteria. Dairy Food Science Notes.

Recuperado de

https://foodsafety.foodscience.cornell.edu/sites/foodsafety.foodscience.cornell.edu/

files/shared/documents/CU-DFScience-Notes-Dairy-Cultures-HomoHeteroferm-10-

08.pdf

Robinson, K. (1987). Microbiología Lactológica. Zaragoza, España. Acribia.

Robinson, K. y Scott, R. (2002). Fabricación de Queso. Zaragoza, España. Acribia

# Buenas prácticas de ordeño en el sureste de México

***Dr. José Rodolfo Velázquez Martínez.***
*División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Km. 25. Carretera Villahermosa-Teapa, Teapa, Tabasco, México*

La leche, sin lugar a dudas es considerada como el alimento más completo que existe en la naturaleza, principalmente por el valor biológico de sus constituyentes. Se define como leche de calidad a la proveniente del ordeño de vacas sanas bien alimentadas, con cantidad y calidad apropiada de componentes sólidos (grasa, proteína, lactosa, vitaminas y minerales), libre de olores, sedimentos, sustancias extrañas, residuos químicos e inhibidores, libre de bacterias causantes de enfermedades, y con un mínimo de carga microbiana y células somáticas. Las cargas altas de bacterias en leche cruda pueden afectar la calidad, seguridad y aceptación del consumidor de la misma leche y productos lácteos. En salud pública, la carga bacteriana puede dar lugar a enfermedades zoonóticas a través de infecciones por *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni* y *Mycobacterium tuberculosis*. Además, los altos recuentos de bacterias en leche cruda son responsables por defectos en la calidad de la leche pasteurizada, UHT, leche en polvo, mantequilla y quesos (Vásquez *et al*., 2012).

Si bien son incuestionables las cualidades nutritivas de la leche y los productos lácteos, también es importante señalar que desde su síntesis en la glándula mamaria hasta su llegada al consumidor,

estas cualidades están sometidas a un gran número de riesgos, como lo son, la contaminación y multiplicación de microorganismos, contaminación con gérmenes patógenos, alteración físico-química de sus componentes, absorción de olores extraños, generación de malos sabores y contaminación con sustancias químicas tales como pesticidas, antibióticos, metales, detergentes, desinfectantes, partículas de suciedad, etc. Todos estos factores ya sea en forma aislada o en conjunto, afectan la calidad sanitaria y nutricional del producto, y consecuentemente en contra de la salud pública y economía de cualquier país. Es por ello que el desafío para quienes trabajan en el sector lechero no sólo es producir mayor cantidad de leche, sino también de calidad sanitaria, y para ello deben contemplarse aspectos fundamentales, como lo son la higiene microbiológica (manipulación) y la higiene sanitaria (salud del animal). La producción de leche de calidad sanitaria, como todo sistema productivo, resulta sumamente complejo, más que otros, ya que el producto a manejar es extremadamente delicado, afectándose mucho por la manipulación (Magariños, 2000). Por otro lado, el sureste de México se caracteriza en general por su clima tropical húmedo con temperaturas cálidas y humedad relativa alta, con valores por arriba del 80%. Estas dos condiciones climatológicas contribuyen al deterioro acelerado de los productos alimenticios, y la leche es por su alto valor nutritivo un alimento altamente perecedero, lo que obliga a los sistemas de producción de leche a extremar precauciones en el manejo de la leche desde la ordeña hasta el consumidor final, para evitar pérdidas y/o disminución de la calidad sanitaria dela leche cruda.

De acuerdo a la **NMX-F-700-2012** Sistema producto leche-alimento lacteo-leche cruda de vaca - Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba, la calidad de la leche la establece en cuatro clases (1, 2, 3 y 4), de acuerdo a la cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias (UFC/mL). La leche de excelente calidad (clase 1), es aquella que cuenta con un conteo menor a las 100 000 UFC/mL; la leche de clase 2 (buena calidad), se caracteriza por tener un conteo entre 101 000 y 300 000 UFC/mL; las clases 3 y 4 agrupan a la leche considerada de calidad regular, con conteos de 301 000 a 599 000 y de 600 000 a 1 200 000 UFC/mL respectivamente y la leche que excede los conteos

de 1 200 000 UFC/mL se considera leche de mala calidad. Contar con materia prima láctea con bajos recuentos de bacterias mesófilas aerobias es la base para la obtención de productos de calidad, y la principal fuente de origen de las bacterias en leche son los utensilios, equipo frío, equipo de ordeño y prácticas de ordeño inadecuadas, sin embargo, se puede lograr una disminución importante con rutunas de higiene, logrando así, conteos bacterianos en leche inferiores a las 10,000 UFC/mL. Sin olvidar que la leche recién ordeñada debe ser enfriada lo más rápidamente posible a 4ºC y conservada a esta temperatura hasta su tratamiento térmico (Callieri, 2001).

Por otro lado, en la actualidad los mercados nacional e internacional demandan y merecen alimentos de origen animal que no causen un daño a la salud del consumidor, ya que existen diversos factores que pueden contaminarlos; por lo que para acceder con éxito al mercado, todos los eslabones de la cadena láctea deben asumir esa responsabilidad, desde las unidades de producción hasta el consumidor final. En este sentido, organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la Federación Internacional de Lechería (FIL, siglas en español o IDF, siglas en inglés) y organizaciones nacionales como Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) se han preocupado en la implementación buenas practicas pecuarias en la producción de leche lanzando manuales de Buenas Practicas Pecuarias (FAO-IDF, 2004; SAGARPA-SENASICA, 2009).

**Buenas Prácticas Pecuarias**

Considerando los múltiples factores que afectan la calidad de la leche, es necesaria la implementación de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP), que son el conjunto de procedimientos, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción, los cuales incluyen aspectos de carácter físico, químico y biológico durante la cría, manejo y salud del ganado. También comprende los requerimientos que las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas exigen para obtener un producto inocuo. Todo esto enfocado a reducir riesgos de transmisión

de enfermedades (SAGARPA-SENASICA, 2009). Las buenas prácticas en la explotación lechera refuerzan la comercialización de productos lácteos sanos y de calidad asegurada. El papel de los ganaderos es el de garantizar que en la explotación se aplican BPP, de higiene y de manejo de los animales. El objetivo debe ser la prevención del problema (incluyendo las enfermedades de los animales) más que su resolución cuando éste ya ha ocurrido (IDF-FAO, 2004).

La aplicación de buenas prácticas pecuarias como medidas preventivas sobre todo para el control sanitario es fundamental en cualquier sistema de producción pecuaria, ya que es posible disminuir los costos de producción, principalmente con medicamentos, cuando medidas profilácticas como esquemas de limpieza, desinfección, vacunaciones, etc., son aplicadas en las unidades de producción, ya que en la mayoría de estas los elevados costos con medicamentos son empleados para la cura de enfermedades y no de forma preventiva, lo que eleva el costo de producción (Martins *et al*., 2002).

El propietario de la explotación lechera también debe cerciorarse de que las personas que supervisan y llevan a cabo las operaciones de ordeño y la gestión de la explotación tengan la capacidad para el manejo de animales, el ordeño higiénico, la administración de medicamentos veterinarios, las actividades llevadas a cabo en la explotación lechera en relación con la salubridad y la higiene alimentaria, las prácticas sanitarias y de seguridad en relación con los operarios en la explotación, por lo tanto, es necesario mantener una capacitación a través de la formación continua (IDF-FAO, 2004). Las áreas donde las unidades de explotación lechera necesitan poner más atención en la aplicación de las buenas prácticas pecuarias son las siguientes:

1. Sanidad Animal
2. Alimentación y suministro de agua
3. Bienestar animal
4. Medio ambiente
5. Higiene en el ordeño
6. Manejo de la leche Colectada

**Buenas Prácticas de Ordeño (FAO, 2011)**

La implementación de las buenas prácticas de ordeño implica la ejecución de actividades que cumplen los requisitos mínimos para obtener leche apta para el consumo humano y luego procesarla adecuadamente al elaborar productos lácteos.

Entre estos requisitos básicos se encuentran los siguientes: contar con instalaciones adecuadas para el ordeño; la capacitación y motivación de las personas encargadas de las labores de ordeño; buen estado y limpieza de los materiales y utensilios de trabajo, así como, animales productores de leche saludables.

A continuación se resalta lo más importante del Manual de Buenas Prácticas de Ordeño propuesto por la FAO en el 2011. La leche es un producto muy susceptible de adquirir olores o sabores extraños y es un medio de cultivo para los microorganismos. Por lo tanto, evitar la contaminación y posterior crecimiento de microorganismos mediante un manejo adecuado de la leche es fundamental para obtener un producto de buena calidad. Para la aplicación de las buenas prácticas de ordeño se consideran tres etapas: antes, durante y después del ordeño.

*Buenas prácticas antes del ordeño*. En este punto se deben realizar prácticas que incluyen la preparación del ganado, de la persona que va a ordeñar y de los utensilios que se van a utilizar durante el ordeño, tomando en consideración lo siguiente: limpieza del local de ordeño, preparación y lavado de los utensilios de ordeño, arreado de la vaca, horario fijo de ordeño, inmovilización de la vaca, el lavado de manos y brazos del ordeñador y contar con la ropa adecuada para ordeñar.

*Buenas prácticas durante el ordeño*. Es la parte medular de las buenas prácticas de ordeño relacionada con el manejo y cuidado de las ubres del animal y por supuesto la ordeña de la vaca, por lo tanto, para garantizar la producción de leche de buena calidad se debe tomar en cuenta lo siguiente: Despunte de los pezones, si es necesario la prueba de mastitis, lavado de pezones, secado de pezones, ordeñado de la vaca, sellado de pezones, liberación de la vaca.

*Buenas prácticas después el ordeño*. Una vez obtenida la leche el manejo de esta garantiza la conservación de leche de buena calidad

hasta la llegada al consumidor o proceso para la obtención de productos lácteos además de dejar el área de trabajo disponible y lista para la siguiente jornada, para esto, se debe considerar lo siguiente: colado de la leche recién ordeñada, traslado de la leche, almacenamiento de la leche, registros de producción de leche, lavado de los utensilios de ordeño, limpieza del local de ordeño, destino del estiércol y la orina.

## Buenas Prácticas de ordeño y la calidad sanitaria de la leche en unidades de producción lechera en el sureste de México

Considerando lo anterior se propuso como objetivo, evaluar el efecto de la implementación de las buenas prácticas de ordeño sobre la calidad de la leche en unidades de producción en el sureste de México.

## Metodología

### *Ubicación de las unidades de producción*

El trabajo se llevó a cabo en ranchos de bovinos de doble propósito comerciales en los municipios de Juárez y Ostuacán del estado de Chiapas y Huimanguillo del estado de Tabasco. Con base en una lista proporcionada por La Unión de Productores Lácteos del Norte de Chiapas con el nombre del productor, domicilio y ubicación de su unidad de producción (UP). Se visitó cada una de las UP para determinar las distancias, tiempo de recorrido, así como su ubicación en un mapa de influencia de la planta.

### *Aplicación de encuestas diagnósticas y selección de UP participantes*

Se aplicó a cada productor una encuesta validada diseñada para obtener información relevante del manejo de sus UP, Finalmente, de acuerdo al padrón generado se seleccionaron 40 de 72 UP, considerando la disposición de cooperación de la UP y al estado de la aplicación de las buenas prácticas de ordeño.

### *Implementación de Buenas Prácticas de Ordeño (BPO)*

Para la implementación de las BPO se integró un equipo de trabajo para cada UP integrado por el personal responsable directo de la ordeña (dueño y/o trabajadores) y se realizaron las actividades de

implementación en tres etapas: 1 capacitación sobre calidad de la leche y la importancia de las BPO, 2 Capacitación *in situ* de las BPO, para el modelo de ordeña manual y mecánica y 3 visita de verificación de la implementación de las BPO. Por otro lado, para evaluar el impacto de la implementación de las BPO sobre la calidad de la leche cruda en las UP, se realizó cuenta total en placa de mesófilos aerobios como indicador de la calidad sanitaria de la leche cruda, antes y después de la implementación de las BPO.

*Determinación de la calidad sanitaria de la leche cruda.*

Se midió la calidad sanitaria de la leche por medio de la cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias apoyados de la NOM-243-SSA1-2010 y se clasificó la calidad de la leche de cada una de las UP en cinco clases las cuatro propuestas por la NMX-F-700-2012 que clasifica a la leche con calidad excelente, buena y regular; y la leche que presenta cuentas de bacterias mesofílicas aerobias mayores de 1 200 000 UFC/mL se considerará de mala calidad.

## Resultados

*Análisis de las prácticas de ordeño*

Se presenta la información referente a las prácticas de ordeño más relevantes de las 40 unidades de producción que participaron en la implementación del programa de inocuidad.

*Ordeño*

En el Cuadro 1 se presentan los porcentajes de UP con ordeñas mecánica y manual de las cuarenta UP objeto de estudio y se puede observar que del total de las UP el 67.5 % utiliza la ordeña manual y el 32.5 % ordeña mecánica, es importante mencionar que alrededor del 90 % de las UP son productores con hatos pequenos que osilan entre los 10 y 30 animales. La ordeña manual es la práctica que prevalece en la mayoría de los pequeños productores de leche y principalmente en las ganaderías de doble propósito, y en esta práctica las condiciones de higiene son mínimas y además al no contar con ordeñadores hábiles, se corre el riesgo de obtener leche de mala calidad y bajos

rendimientos. Por otro lado, a la ordeña mecánica se le relaciona con la posibilidad de contar con las condiciones de higiene adecuadas para garantizar la calidad sanitaria de la leche, sin embargo, la dificultad de realizar con la frecuencia adecuada y de la manera correcta la limpieza del equipo de ordeño, también es un riesgo de contaminación, por lo que en ambos sistemas de ordeño se corren riesgos de no obtener la calidad de la leche adecuada (Calderón *et al*., 2012).

**Cuadro 1.** Porcentaje de Ordeño Manual y Mecánico

| **Ordeño** | **% de Unidades de Producción** |
|---|---|
| Ordeño Manual | 67.5% |
| Ordeño Mecánico | 32.5% |

Por otro lado en el análisis de las prácticas de ordeño de pudo observar que durante la ordeña el 40% de los productores no lavaban los pezones, alrededor del 40 % que realiza esta práctica, lo hace de manera incorrecta al usar agua corriente de arroyos, jagüeyes y pozos, y solo aproximada mente el 18% utilizan yodo para desinfectar los pezones y sello para protegerlos. La limpieza del área o sala de ordeño, la realizaban el 30% de los productores raspando con pala para eliminar el exceso de excremento, el 35% lavaba usando solo agua y el 10% raspaban y lavaban con agua, el 17.5 % no se preocupan por esta práctica (Cuadro 2). La nula o escaza implementación de las BPO, pone en riesgo la calidad sanitaria de la leche, lo que podría propiciar, riesgos a la salud de los consumidores, obtención de productos lácteos de baja o mala calidad y bajos precios de compra. La ausencia de un manejo higiénico adecuado en las prácticas de ordeño es un factor decisivo que afectará de manera negativa la calidad de la leche, disminuyendo el ingreso de los productores, generando productos lácteos de mala calidad y exponiendo la salud de los consumidores (IDF-FAO, 2004).

**Cuadro 2.** Prácticas BPO que realizan las unidades de producción

| **Prácticas** | **% de UP que las realizan** |
|---|---|
| No lavan la ubre | 40 |
| Lavar los pezones | 40 |
| Sellado de pezones | 17.5 |
| Limpian la ubre con un trapo | 0.5 |
| No limpian la sala de ordeña | 17.5 |
| Raspado de la sala de ordeña | 30 |
| Lavado de la sala de ordeña | 35 |
| Raspan y lavan la sala de ordeña | 10 |

## Efecto de la Implementación de las buenas prácticas de ordeño sobre la calidad sanitaria de la leche cruda en Unidades de producción del Sureste de México.

En la Figura 1, se presentan las cuentas de bacterias mesófilas aerobias (BMA) en la leche cruda de las UP objeto de este estudio, antes de la implementación de las BPO y se señalan con líneas los límites superiores de UFC/mL para las clases 1, 2, 3 y 4 de leche de acuerdo a la Norma NMX-700-COFOCALEC-2012, que indican la calidad de la leche: excelente (clase 1), buena (clase 2), regular (clases 3 y 4) y mala las que exceden los límites (conteos superiores a 1 200 000 UFC/mL). En la Figura 1, se puede observar como la leche del 35% de las UP se encontraba dentro de la clase uno (excelente), las UP que producen este tipo de leche fueron las que incluían en sus prácticas de ordeño el lavado y sellado de pezones. Para el caso del 20 % de las UP que se encontraban con leche de buena calidad (clase 2), incluían a las UP que únicamente incluían el lavado de pezones en sus prácticas de ordeño. El 10 % de las UP presentaron leche de calidad regular (clases 3 y 4, 5 % en ambos casos) y el 35 % de las UP restantes presentaron leche de mala, en ambos casos las prácticas de ordeño de las UP, eran inadecuadas.

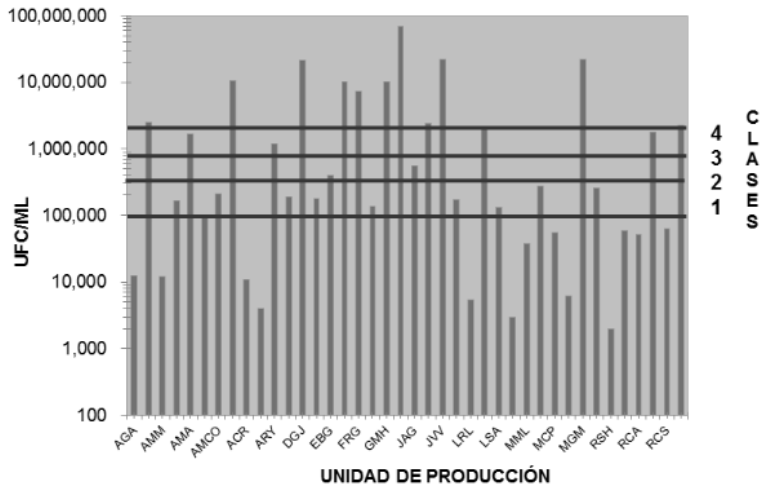



**Figura 1.** Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias en placa antes de la implementación del programa de inocuidad.

La Figura 2 se grafican las cuentas BMA en la leche cruda de las UP después de la implementación de las BPO, con las líneas que indican las clases (1, 2, 3 y 4) de la leche producidas por las UP. Se puede observar que el 45 % y 42% de las UP producen leche de clase 1 (excelente) y clase 2 (buena) respectivamente incrementando considerablemente el número de UP que han mejorado la calidad de leche que producen, debido principalmente a la adopción adecuada de las BPO, también se puede observar que las UP que producen leche de calidad regular (clases 3 y 4, 2.5 % en ambos casos) se ha reducido en un 50 %, pero aún más importante es que las UP que producían leche de mala calidad se has reducido considerablemente al pasar del 35 % al 7 %, lo que representa pasar 14 UP con leche de mala calidad a solo 3, estas UP se propusieron como objetivo a corto plazo realizar las adecuaciones necesarias, para lograr mejorar la calidad de su leche. La mejora de la calidad de la leche en las UP retribuirá un mejor ingreso para los productores, una mejor calidad en los productos lácteos e laborados con esta materia prima mejores parámetros de inocuidad que disminuye los riesgos a la salud de los consumidores (Téllez *et al*., 2002). Según Fernández (2000) una cuenta elevada de BMA en la leche cruda recién ordeñada, es clara evidencia de un proceso inadecuado de

ordeño, principalmente por las condiciones de insalubridad (equipo no higienizado, agua de mala calidad, animales sucios), es decir prácticas que propician contaminaciones cruzadas.

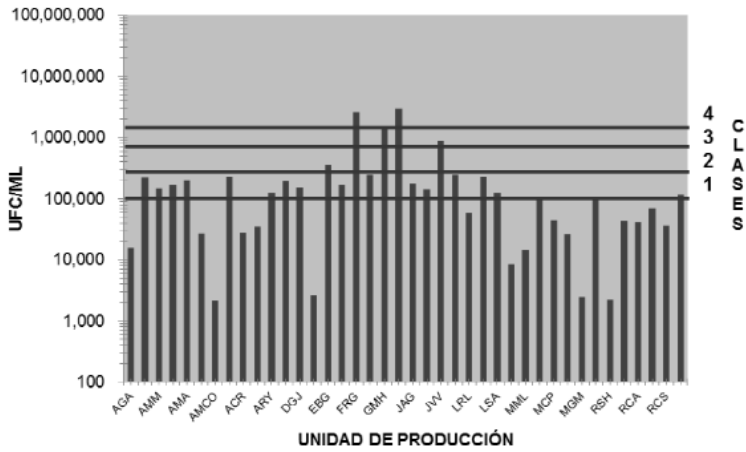



**Figura 2.** Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias en placa después de la implementación del programa de inocuidad.

## Conclusiones

La implementación de las Buenas Prácticas de Ordeño en las Unidades de producción mejora la calidad sanitaria de la leche cruda de acuerdo a los parámetros establecidos por la NMX-700-COFOCALEC-2012.

El productor al mejorar la calidad de la leche (materia prima para la industria láctea), puede entregar su producto a la industria formal, obteniendo a cambio mayor y mejor ganancia por litro y garantizando productos lácteos de mejor calidad. Por otro lado esto disminuye el riesgo a la salud de los consumidores.

## Bibliografía

Calderón, A., Rodríguez, V., Arrieta, G., Martínez, N., & Vergara, O. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica de leches crudas en empresas ganaderas del sistema doble propósito en Montería (Córdoba). Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 15(2), 399-407.

Callieri, C. (2001). Calidad de Leche, su Importancia para la Calidad del Producto Final y para la Salud del Consumidor. Foro Regional de Lechería Tropical. Villahermosa, Tabasco.

FAO. (2011). Serie "Buenas prácticas en el manejo de la leche". Manual 1.- Buenas prácticas de ordeño. Proyecto GCP/GUA/012/SPA II Fase. Guatemala http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/1/13346882217260/fao_manual1_lacteos_rip.pdf

FAO-IDF. (2004). Guía de Buenas Prácticas en Explotaciones Lecheras. Italia. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5224s/y5224s00.pdf.

Fernández, E. (2000). Microbiología e Inocuidad de los Alimentos Industrializados. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Magariños, H. (2000). Producción Higiénica de la Leche Cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Pág. 1-3, 11, 39-43. Producción y Servicios Incorporados S.A. Chile.

Martins, C. E.; Bressan, M.; Cóser, A. C.; Zoccal, R.; Espíndola, H. D. (2002). Tecnología para la producción de leche en los trópicos. Ministerio de Agricultura Pecuaria y Abastecimiento. Ed. Embrapa. Argentina.

NMX-700-F-COFOCALEC-2012. Norma mexicana sistema producto leche-alimento lacteo-leche cruda de vaca- Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.

NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

SAGARPA-SENASICA. (2009). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Leche Bovina. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/95429/Unidades_de_produccion_de_leche_bovina.pdf

Vásquez, J F; Loaiza, E T; Olivera, M. (2012). Calidad higiénica y sanitaria de leche cruda acopiada en diferentes regiones colombianas. Orinoquia, 16() 13-23. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89626049004

**El modelo de *Latte Nobile* otra vía de producción de leche. Pastoreo, antioxidantes una medidad preventiva** fue impreso en Sericolor Diseñadores e Impresores, S.A. de C.V., Ma. Refugio Morales 583, Col. El Porvenir, Colima, Colima, México, en agosto de 2017, el tiraje consta de 100 ejemplares sobre papel Bond ahuesado de 90 g para interiores y cartulina sulfatada de 12 puntos para la portada.

UNIVERSIDAD DE COLIMA

PUERTABIERTA
EDITORES