

2^o CICLO DE CONFERENCIAS LECHERAS

DELICIAS | TORREÓN | AGUASCALIENTES

Introducción

La línea de Ganado Lechero de Grupo Biotecap, por más de una década ha desarrollado productos a base de Biotecnología como una herramienta crucial para maximizar el potencial genético, reducir problemas reproductivos y de salud de la vaca lechera actual. Consiente de las necesidades que diariamente enfrenta el productor lechero, formamos parte de la solución real y queremos seguir trabajando de manera conjunta para lograr sus objetivos. En las memorias del 2° Ciclo de Conferencias Lecheras, que proceden en este compendio, podrá obtener información de su interés.

Departamento Técnico | Grupo Biotecap

Contenido:

Importancia de los Nutráceuticos en la Productividad y Bienestar de la
Vaca Lechera. ¿Mito o Realidad?.....3

Carlos Fernando Arechiga Flores Ph. D.

Minerales y Ganado Lechero: Producción, Reproducción e Inmunidad.....51

Maximino Huerta Bravo, Ph. D.

Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* enriquecido con microminerales y
vitamina E (Bovi 8 Ways™) suplementado en preparto en la preparto
en la producción de leche de vacas en estrés calórico..... 52

Rufino López Ordaz Ph. D.

IMPORTANCIA DE LOS NUTRACÉUTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD Y BIENESTAR DE LA VACA LECHERA

¿MITO Ó REALIDAD?

Aréchiga CF¹, López-Carlos MA¹, Aguilera JI¹, Rincón RM¹, Escobar FJ¹, Lozano
DRR¹, Reyes-Gómez A¹, Sánchez-Estrada T², Padilla-Palomar S³, Vite-Aranda
A³.

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, El Cordovel, Enrique Estrada, Zacatecas, México, 98500.

²Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México.21110.

³Grupo Biotecap S.A. de C.V., Tepatitlán, Jalisco, México.

Autor de correspondencia:

Ph. D. Carlos Fernando Aréchiga-Flores arechiga.carlos@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Un suministro adecuado de nutrientes es uno de los factores fundamentales en cualquier sistema de producción animal. En la actualidad, las vacas lecheras producen hasta un 60% más en su primer lactancia (Norman y Powell, 1992), y

podemos encontrar vacas excepcionales con producciones que alcanzan hasta los 31,000 kg de leche por lactancia (Coppock, 1985) y no es difícil encontrar establos lecheros altamente eficientes con promedios totales de producción de 16,000 kg. por vaca por año.

Sin embargo, conforme se ha ido incrementando la capacidad de producción de leche de las vacas, ha existido una tendencia a disminuir su fertilidad. Así lo demuestra un estudio realizado en Carolina del Norte, E.U. en el que se compararon establos con una producción moderada (n=425) y establos con una alta eficiencia productiva (n=53) y se observó cómo se redujeron las tasas promedio de concepción en un 20% (de 52% a 32%, respectivamente) (Nebel y McGilliard, 1993).

La eficiencia reproductiva de las vacas lecheras se ve influenciada por una gran variedad de factores, pero el estado nutricional de las vacas lecheras y el manejo nutricional del hato en general, son cruciales en cualquier sistema de manejo reproductivo que se desee implementar en una explotación lechera. Lo anterior debido a que los nutrientes que la vaca consume van a ser utilizados en base al siguiente orden jerárquico:

- 1) Manutención de la vaca
- 2) Producción de leche
- 3) Función reproductiva

En otras palabras, la función reproductiva se convierte en una función de lujo en la vaca y una nutrición inadecuada o la presencia de niveles insuficientes o excesivos de ciertos nutrientes influyen en la función reproductiva de ésta (Bauman y Currie, 1980; Smith y Akinbamijo, 2000; Thatcher et al., 2007).

IMPORTANCIA DE LOS NUTRACÉUTICOS EN EL GANADO LECHERO

Los Nutracéuticos son definidos como “alimentos ó nutrientes (o parte de los nutrientes) que provee beneficios médicos ó de salud. El término se deriva de combinar las palabras “Nutrición” y “Farmaceútica”. Sin embargo, el término Nutracéutico es realmente una amplia variedad de productos originados típicamente de fuentes alimenticias. Estos nutraceúticos pueden clasificarse de distintas maneras en base a su origen: derivados de plantas como el tomate, o derivados de los animales como el aceite de pescado. Derivados de microbios como el pro-biótico Lactobacillus o derivados de minerales como el sodio, calcio, selenio, cobre, etc. También pueden clasificarse de acuerdo a los aspectos de salud que favorezcan como por ejemplo la glucosamina en el caso de la Artritis. Los Nutracéuticos utilizados en animales son los mismos que pueden ser utilizados por los humanos: por ejemplo, vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, antioxidantes, probióticos, enzimas y derivados de hierbas medicinales.

- Los Nutraceúticos son productos aislados o purificados a partir de nutrientes (e.g., algunos ácidos grasos, el selenio, el β -caroteno, etc.) que proveen protección contra las enfermedades crónicas o presentan algún beneficio fisiológico.
- Los efectos de las grasas en la dieta de las vacas lecheras en plena lactancia no tienen solo que ver con el aporte energético, sino también se deben a la función de algunos ácidos grasos específicos (e.g. ácido linoleico, ácido eicopentanoico, ácido linoleico conjugado) que interactúan como sustratos de enzimas específicas o interactúan con receptores específicos (receptores proliferadores y activadores del peroxisoma) y que regulan la expresión génica.
- La alimentación de grasas de sobrepaso (by passs) enriquecida con EPA y DHA (sales de calcio de aceite de pescado)[CaSFO] se absorben en el tracto gastrointestinal y encontradas en varios tejidos incluyendo al útero en el cual tiene efectos específicos como inducir una gestación simulada.
- La alimentación de un suplemento graso enriquecido en ácido linoleico conjugado (ALC) disminuye la grasa en leche e incrementa el balance energético en vacas lecheras lactantes expuestas a estrés calórico.
- La alimentación en lugares templados de suplementos con ácido linoleico conjugado (ALC) durante el periparto, disminuye el intervalo a

la primera ovulación, y esto puede generar un mejor balance energético asociado con una depresión de la grasa en leche.

- La alimentación en lugares cálidos con suplementos grasos enriquecidos con ácido linoleico durante el periparto, mejora la salud postparto, las concentraciones plasmáticas de prostaglandinas (PGF₂α) e incrementa las tasas de preñez. Un estudio amplio de campo, que incluía a un suplemento enriquecido con ácido linoleico y ácidos grasos trans monoenoico C18:1 incrementaron las tasas de preñez.
- La alimentación de selenio orgánico como levadura de selenio durante el periodo del periparto en Florida durante el verano, incrementó las concentraciones plasmáticas de selenio (Se), mejoró la respuesta inmune y la función de los neutrófilos, redujo la incidencia de fiebre, mejoró la salud del útero, e incrementó la tasa de gestación al segundo servicio. Sin embargo, varias respuestas fueron diferentes entre vacas multíparas y primíparas.
- Otros antioxidantes, como la suplementación de β-caroteno por periodos prolongados de al menos 90 d postparto, incrementó las tasas de preñez a los 120 d postparto e incrementó la producción de leche.

ESTRÉS CALÓRICO Y REPRODUCCIÓN

La función reproductiva de la vaca moderna se considera subóptima con tasas de preñez de 20% a nivel del hato nacional estadounidense (VanRaden et al., 2004), y de 14.7% en la región sureste de los Estados Unidos de América, incluyendo principalmente a los estados de Florida y Georgia, donde las vacas están expuestas al estrés calórico durante temporadas prolongadas (De Vries y Risco, 2005).

Las explicaciones a este síndrome de infertilidad son consideradas multifactoriales y las temporadas de estrés calórico complican aún más esta situación. Aunado a un incremento considerable en la producción de leche, se han mejorado las instalaciones de alojamiento manejo nutricional y los programas de salud del hato, que requieren combinarse con programas efectivos de manejo reproductivo de manera que permitan incrementar o al menos mantener una función reproductiva aceptable (Thatcher et al., 2010).

El mejoramiento genético logrado en el ganado lechero permite una mayor producción y requiere un gasto metabólico mayor que exige una nutrición efectiva. Los nutrientes que proporcionan energía a la vaca lechera juegan un papel de primordial importancia sobre la función reproductiva, pero los desbalances o deficiencias de proteínas, vitaminas, minerales y/o antioxidantes pueden influir negativamente sobre la función reproductiva de la vaca lechera (Thatcher et al.,

2006; 2007; 2010a,b). Si estos desbalances o deficiencias ocurren en el periodo crítico comprendido entre el momento del parto hasta el momento de la concepción, van a ejercer consecuencias aún mayores.

Una nutrición adecuada durante el periparto tendrá un impacto favorable sobre la eficiencia reproductiva de la vaca lechera. Debemos considerar que durante el último mes de gestación ocurre el crecimiento final del feto, se inicia la lactancia con producción de calostro, y el útero y el feto juntos requieren de una cantidad por encima de las 2,700 Kcal/día al final de la gestación (Bell et al., 1995). Así pues, conforme se aumentan los requerimientos nutricionales de la vaca lechera antes del parto, también se reduce el consumo de materia seca, y ésta situación puede predisponer a una anorexia severa y/o a desbalances nutricionales que originan o provocan la aparición de trastornos metabólicos que predisponen en consecuencia a la aparición del complejo denominado “enfermedades del parto” (Bell et al., 1995). Dichas enfermedades pueden complicarse ocasionando problemas mayores. Por ejemplo, una vaca que padezca de hipocalcemia, estará predispuesta a sufrir de otros trastornos como distocia, retención de membranas fetales (RMF), y cetosis. La distocia y la retención de membranas fetales predisponen a infecciones uterinas postparto que influyen en una menor producción de leche y en periodos prolongados de “días abiertos” y una gran proporción de vacas no gestantes o “vacías” (Markusfeld, 1993). La RMF pudiera estar influenciada por deficiencias de selenio (Se) y vitamina E, ya que la

administración exógena de vitamina E y selenio reduce considerablemente la aparición de este problema (Harrison et al., 1984; Aréchiga et al., 1994a; 1998a,b). También, las deficiencias nutricionales conjuntamente con un metabolismo energético deficiente puede ocasionar un incremento en los niveles circulantes de cuerpos cetónicos, que influyen negativamente en la eficiencia reproductiva al prolongar los intervalos de parto a primer servicio, de parto a la concepción y reduciendo los porcentajes de concepción a primer servicio (Miettinen, 1990).

Las vacas lecheras en plena lactancia requieren de un gasto metabólico mayor para producir altas cantidades de leche. Este metabolismo exagerado, convierte 1 a 2% del oxígeno metabolizado en especies oxigenantes reactivas (Fulbert y Cals, 1992) que requiere de la intervención de procesos bioquímicos existentes en la célula y en los fluidos extracelulares para la remoción de dichas especies oxigenantes reactivas. Los sistemas antioxidantes incluyen a moléculas como el β -caroteno y la vitamina E que participan como antioxidantes a nivel celular ejerciendo un mecanismo de protección (McCay y King, 1980; Di Mascio et al., 1991; Dargel, 1992). Otros procesos enzimáticos participan en la remoción de las especies oxigenantes reactivas o radicales libres, entre ellos, se incluye a la enzima glutatona peroxidasa (GSH-Px) que es una enzima dependiente del selenio que utiliza electrones provenientes de la glutatona (GSH) o de otros tioles

para transformar moléculas de peróxidos (H_2O_2) a moléculas de agua (H_2O) (Flohé y Günzler, 1976).

Un incremento en la generación de radicales libres puede abatir los mecanismos antioxidantes de defensa y comprometer a la función celular (Freeman y Crapo, 1982; Youn et al., 1991; Dargel, 1992; Fulbert y Cal, 1992). La producción excesiva de radicales libres puede llegar a convertirse en una fuente de infertilidad en las especies domésticas debido a que los ovarios (Margolin et al., 1990; Carlson et al., 1993; Young et al., 1995), los espermatozoides (Aitken, 1994) y los embriones en estadios iniciales de su desarrollo (Fujitani et al., 1997) son demasiado sensibles al daño causado por los radicales libres (Hansen y Aréchiga, 1999).

PROTECCIÓN ANTIOXIDANTE

Un incremento exagerado en la generación de radicales libres puede afectar al ADN (ácido desoxirribonucleico) el cual posee la información genética en las células de los seres vivos. Además, puede afectar también a proteínas, carbohidratos, y lípidos. El daño ejercido se conoce como estrés oxidativo y muchos compuestos biológicos juegan un papel importante en limitar ese estrés. Por ejemplo, algunos sistemas enzimáticos como la dismutasa de superóxido (SOD), la peroxidasa de la glutatióna (GSH-Px), las catalasas, etc., que funcionan como enzimas que controlan a los radicales libres. Además varias moléculas

participan como removedores en el metabolismo de radicales libres. Éstas moléculas reaccionan con los radicales libres y los retiran de las células. Por mencionar a algunas existen la glutatona, las vitaminas E y C, el β -caroteno, la taurina, la hipotaurina, el selenio y la peroxidasa de la glutatona. En la presente revisión se hará un mayor énfasis sobre las propiedades antioxidantes del β -caroteno.

Las vitaminas y los minerales han sido asociados con una mejor función reproductiva desde hace muchos años. Estas moléculas, participan en el metabolismo, mantenimiento y crecimiento de las células adquiriendo una importancia vital. También pudieran tener un papel específico y de requerimientos en tejidos del aparato reproductivo, que puede variar de acuerdo al estado fisiológico de los tejidos del tracto o aparato reproductivo durante el ciclo reproductivo y la preñez. Trabajos recientes en ganado lechero sugieren que la amplitud entre una deficiencia nutricional que pudiera manifestarse en una fertilidad baja y la aparición de una sintomatología clínica, es muy estrecha, por ejemplo bajo algunas circunstancias la complementación de β -caroteno en la ración ha incrementado la eficiencia reproductiva, así como la complementación con vitamina E y selenio disminuye la incidencia de placentas retenidas. El reciente interés en β -caroteno se ha generado por información reportada en artículos que muestran un mejor desempeño reproductivo con la complementación de este precursor de la vitamina A, ya que los mejores resultados se han

encontrado cuando los requerimientos de vitamina A para desempeño reproductivo fueron cubiertos con β -caroteno.

En varios estudios, la administración de β -caroteno (Bindas et al., 1984b; Ascarelli et al., 1985; Bonomi et al., 1994; Aréchiga et al., 1998a) o de vitamina E y selenio (Segerson et al., 1977; Aréchiga et al., 1994a; Aréchiga et al., 1998b) han mejorado la fertilidad de las vacas lecheras, mientras que en otros estudios, la administración de niveles altos de antioxidantes no mostro beneficio alguno en la fertilidad de los animales (Gwazdauskas et al., 1979; Schingoethe et al., 1982; Kappel et al., 1984; Bindas et al., 1984a; Rakes et al., 1985; Akordor et al., 1986; Folman et al., 1987; Hidiroglou et al., 1987; Stowe et al., 1988; Ealy et al., 1994).

Existe un enorme interés de identificar el papel específico del β -caroteno sobre la función reproductiva de la vaca lechera. Lo anterior, posiblemente basado en los hallazgos de altas concentraciones de β -caroteno en plasma bovino, fluido folicular y cuerpo lúteo, aunque las reservas en hígado han sido muy bajas. El β -caroteno forma parte integral de la membrana microsomal del cuerpo lúteo donde juega un papel en la integridad de esta membrana. El β -caroteno presente en el citosol pudiera estar asociado con lipoproteínas derivadas del plasma. El retinol ha sido aislado del cuerpo lúteo bovino y en estudios *in vitro* se han demostrado variaciones en la actividad del β -caroteno en el cuerpo lúteo de acuerdo a las diferentes etapas del ciclo estral. El retinol también ha sido

identificado en el cuerpo lúteo bovino en bajas concentraciones. Estas observaciones pudieran sugerir que el β -caroteno presente en el cuerpo lúteo actúa como un almacén local de retinol que es metabolizado cuando así se requiera.

La complementación alimenticia con β -caroteno en vacas lecheras incrementa los niveles de este antioxidante en el cuerpo lúteo, pero aparentemente no altera el contenido de vitamina A en el cuerpo lúteo o el peso del cuerpo lúteo o su estructura o función. El alto contenido de β -caroteno en el cuerpo lúteo pudiera afectar de manera positiva la producción de esteroides ováricos.

Las vacas lecheras que recibieron β -caroteno en su dieta tienden a presentar una mejor secreción de progesterona probablemente debido a la acción del ácido retinoico y del β -caroteno, los cuales pudieran estimular la utilización por las células lúteas y las lipoproteínas de baja densidad para la síntesis de progesterona. Esto ha sido evaluado en estudios realizados con células lúteas cultivadas *in vitro*.

PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL β -CAROTENO

El β -caroteno es un antioxidante originado en las plantas y es reconocido como el precursor de la vitamina A. Es más lipofílico que el α -tocoferol y se asume está presente en el interior de membranas o lipoproteínas, que le permiten recoger radicales libres de los compartimientos lipofílicos de manera más eficiente que el α -tocoferol (Niki et al., 1995). El β -caroteno participa inactivando a especies químicas reactivas, como el oxígeno, y los radicales libres que de lo contrario indicarían reacciones como la peroxidación de los lípidos; es un extinguidor muy potente del oxígeno (Burton e Ingold, 1984).

El β -caroteno se identificó primeramente en el cuerpo lúteo del bovino en el año de 1913, (Escher, 1913). Lotthammer (1978) propuso que el β -caroteno pudiera tener funciones únicas y específicas en la reproducción. Sklan (1983) encontró un incremento en la cantidad de β -caroteno que se originaba en el cuerpo lúteo inmediatamente después de la ovulación, sugiriendo que el β -caroteno ejerce una función en la producción de progesterona. Graves-Hoagland et al. (1988), encontraron que la producción de progesterona *in vitro* por parte de las células lúteas, disminuyó en respuesta a la suplementación del β -caroteno. Las vacas alimentadas con niveles deficientes de β -caroteno en la dieta tuvieron cantidades

menores de progesterona en el cuerpo lúteo (Schultz et al., 1974; Ahlswede y Lotthammer, 1978).

El beta-caroteno se transporta en el torrente circulatorio de los bovinos unido a lipoproteínas de muy alta densidad (HDL) y en el cuerpo lúteo de los bovinos se encuentra en concentraciones relativamente elevadas (Ashes et al., 1982). Incluso se ha propuesto que el β -caroteno pudiera ser el responsable de incrementar los procesos esteroidogénicos en el cuerpo lúteo del ovario (O'Shaughnessy and Wathes, 1988). Además, se ha reportado que el β -caroteno puede inhibir a los efectos adversos de los radicales libres sobre la actividad de la enzima adrenal P450_{scc} (Young et al., 1995), la cual participa en la síntesis de hormonas esteroides. Recientemente, se ha demostrado que niveles plasmáticos bajos de β -caroteno antes del parto, repercuten en falta de ovulación durante la primera oleada folicular durante el posparto (Kawashima et al., 2008).

Los efectos en la suplementación alimenticia del β -caroteno sobre la fertilidad de las vacas lecheras, es muy controversial. Varios autores han encontrado una respuesta benéfica del β -caroteno sobre la función reproductiva de las vacas (Ahlswede y Lotthammer, 1978; Lotthammer et al., 1978; Meyer et al., 1975; Ascarelli et al., 1985; Rakes et al., 1985; Aréchiga et al., 1998a), mientras que otros no (Wang et al., 1982; Bindas et al., 1984a,b; Akordor, et al., 1986; Aréchiga et al., 1998b), e inclusive, existe un reporte de que la suplementación

del β -caroteno tuvo un efecto adverso sobre la fertilidad (Folman et al., 1987). Una explicación a dichas discrepancias, pudiera deberse a la variación entre los estudios en cuanto a número de vacas incluidas en el estudio, nivel de suplementación de los antioxidantes, medio ambiente y prácticas de manejo particulares de cada establo, o estudios realizados con vacas lecheras con un bajo nivel de producción.

Sin embargo, las propiedades antioxidantes del β -caroteno pudieran ejercerse en otras células mediante la reducción de los niveles excesivos de radicales libres. Un efecto adicional del β -caroteno pudiera estar relacionado con su metabolismo al transformarse en vitamina A, porque niveles mayores de vitamina A en el útero así como la acumulación de α -caroteno en las glándulas adrenales y en los cuerpos lúteos reflejan una influencia del α -caroteno sobre el metabolismo de la vitamina A local que pudiera influir positivamente sobre la función reproductiva de la cerda (Schweigert et al., 2001). Aunado a ello, la suplementación de vitamina A incrementó la supervivencia embrionaria en cerdas (Whaley et al., 1997) y el desarrollo de los embriones desde la fertilización hasta el estadio de blastocisto recolectadas en hembras superovuladas previamente (Shaw et al., 1995). Ese efecto positivo se esperaría fuera mayor bajo condiciones de calor y humedad debido a que las altas temperaturas y el estrés calórico que se produce en el animal, pueden incrementar los niveles de radicales libres a nivel celular. Sin embargo, la administración de β -caroteno en los días -6, -3 y 0 en relación al

momento de la inseminación no incrementó los porcentajes de preñez de las vacas lecheras expuestas al estrés calórico, a pesar de que se suponía que la acción del β -caroteno pudiera ser de gran importancia en el periodo preovulatorio, puesto que la inyección de vitamina A el metabolito del β -caroteno, incrementó el desarrollo de los embriones de bovino hasta el estadio de blastocito (Shaw et al., 1995). Además, se supone que la terapia antioxidante pudiera ser benéfica, especialmente en las vacas lecheras expuestas a estrés calórico ya que la exposición de las células y los tejidos a las altas temperaturas pueden incrementar la producción de radicales libres (Loven, 1988). Además, existe la evidencia en vacas lecheras de que el estrés calórico puede ocasionar una reducción en las concentraciones del antioxidante glutatona en las células sanguíneas. Quizás, la terapia antioxidativa con β -caroteno sea más efectiva al administrarse por vía oral y por periodos prolongados, puesto que la suplementación oral de 400 mg/vaca/día de β -caroteno por un periodo no menor a 15 d fue suficiente para incrementar los niveles circulantes de β -caroteno en el plasma sanguíneo de vacas lecheras expuestas a estrés calórico (Aréchiga et al., 1998a).

Además, existen otros estudios similares que han reportado un papel muy importante de la vitamina A o del β -caroteno en mejorar la salud de la glándula mamaria y reducir los conteos de las células somáticas (Daniel et al., 1991; Chew, 1993). Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que el β -caroteno pudiera

inclusive, influir positivamente en el incremento de la producción de leche de las vacas lecheras en plena lactancia (Aréchiga et al., 1998a).

El β -caroteno es un nutriente que también ha sido asociado con una mejor actividad reproductiva. Hemkey y Bremel (1982) reportaron que no existía la evidencia suficiente que permitiera definir que el β -caroteno era importante en la reproducción, tal como sucede con la vitamina A. Sin embargo, se han reportado niveles elevados de β -caroteno en sangre, cuerpo lúteo y fluido folicular, sin embargo, se desconocen los efectos específicos de éste nutriente en la función ovárica (Chew et al., 1984), al igual que otros estudios que no han podido definir claramente la necesidad del β -caroteno en la función reproductiva del bovino (Bindas et al., 1984; Ducker et al., 1984; Rakes et al., 1985; Folman et al., 1987). Sin embargo, existe cierta evidencia de que las vacas lecheras expuestas a condiciones de estrés calórico pudieran incrementar sus porcentajes de preñez en respuesta a la suplementación prolongada de β -caroteno (400 mg/kg/día por más de 90 días), y que el β -caroteno parece ejercer un efecto adicional al incrementar la producción de leche total en un 6 a 10%, independientemente de la exposición o no de las vacas a condiciones de estrés calórico (Aréchiga et al., 1998a).

Si se realiza un análisis de la información obtenida en establos lecheros de los estados de Florida y Georgia de los Estados Unidos de América (De Vries, 2007), se considera una tasa de servicios del 43%, problemas a la concepción en 40% y

disminuye hasta un 26% durante la gestación tardía y las pérdidas fetales se estiman en un 8%. Una preñez cuesta aproximadamente \$550 dls, y una vaquilla de reemplazo cuesta \$1,600 dls., y el servicio cuesta aproximadamente 16 dls.

Los problemas de fertilidad son la causa principal de desecho de vacas altas productoras, debido a un incremento en el intervalo entre partos, lo que conlleva a pérdidas económicas al productor lechero. En rumiantes, como en otros animales, los carotenos, principalmente el β -caroteno son precursores de retinol, es decir vitamina A, uno de las principales funciones del retinol es influenciar la actividad reproductiva, por lo que su deficiencia puede reducir la eficiencia reproductiva en ganado lechero (Noziere, *et al.*, 2006). De igual manera se afecta la actividad ovárica y se incrementa la tasa de abortos. El β -caroteno está presente en altas concentraciones en el cuerpo lúteo, dando al cuerpo lúteo su característica de color amarillo a naranja brillante (similar al de la zanahoria), y es necesario para la óptima producción de hormonas esteroideas. El β -caroteno se transporta normalmente al ovario en el componente lipídico de las proteínas de alta densidad en el bovino (Arikan *et al.*, 2000a).

Actualmente se sabe que el β -caroteno penetra en el folículo ovárico, mejorando su calidad y participando como un precursor de la vitamina A. Sin embargo, su mecanismo de acción parece ser independiente a la vitamina A, mejorando considerablemente la fertilidad, reduciendo el intervalo entre partos, y protegiendo

las mucosas. Se recomienda una complementación alimenticia de 300 a 500 mg/vaca/día en vacas lactantes principalmente desde un mes antes de la fecha esperada de parto hasta que el animal vuelva a quedar gestante. En becerras de recría se recomienda suministrar 100 mg/becerra/día en el sustituto de leche, preferentemente durante el primer mes de vida (Rovimix®). Por todo ello, resulta imperativo evaluar la efectividad del β -caroteno en la mejora de los procesos productivos y reproductivos del ganado lechero y valorar si la complementación alimenticia del β -caroteno en vacas lecheras influye positivamente en algunos parámetros reproductivos como el intervalo entre partos y una reducción en las vacas eliminadas del hato por problemas reproductivos, y determinar el impacto económico de éstas alternativas en el manejo de la vaca lechera y/o en el desarrollo de las becerras de recría y el costo-beneficio que redunde en mayores ingresos para los productores de leche.

β -CAROTENO y/o SELENIO ORGÁNICO

El sistema inmune de la vaca lechera es sometido a un reto enorme durante el periodo inmediatamente posterior al parto (periparto): en ese momento, los sistemas de defensa humoral e innata se ven disminuidos (Goff, 2006). La incidencia de enfermedades y desórdenes puede acentuarse durante el periparto y posteriormente tener un impacto severamente negativo sobre la función reproductiva (Thatcher et al., 2006, 2010a). Es indudable, que el periodo del periparto se ve comprometido aun más si la vaca lechera está expuesta a los

efectos adversos del estrés calórico. Por ejemplo, los pesos al nacimiento de los becerros y la subsecuente producción de leche de la vaca (después del alumbramiento del becerro), se ve disminuida si las vacas no tienen acceso a sombreaderos durante los tres últimos meses de gestación (Collier et al., 2006).

Existe un mayor riesgo de comprometer la gestación si las vacas presentan retención de membranas fetales (RFM), o pierden 1 punto en la calificación de condición corporal (body condition score=BCS) (Loeffler, De Vries y Schukken, 1999). La disminución de las defensas inmunes en el periparto incrementa el riesgo de que se presenten desórdenes de salud y bienestar como RMF, metritis y mastitis. El Selenio (Se), ha sido asociado con una mayor inmunidad. Las vacas lecheras suplementadas con levadura de Se tuvieron un 18% de incremento en Se plasmático en comparación con vacas suplementadas con selenito de sodio inorgánico (Weiss, 2003).

El estado de Florida en los Estados Unidos de América es un área reconocida como deficiente en selenio y las vacas lecheras se exponen a periodos estacionales de estrés calórico que comprometen la salud, la función reproductiva y el bienestar de las vacas lecheras. El estrés calórico incrementa la proporción de radicales libres oxidativos y el Se es un potente antioxidante que pudiera beneficiar directamente a la función reproductiva (Silvestre et al., 2006a, b; 2007; Thatcher et al., 2006; 2007; 2010a,b).

La levadura convierte al selenio en selenoaminoácidos, particularmente en selenometionina, las cuales, no son destruidos por los microbios ruminales y pueden ser incorporados por la vaca en forma de varias selenoproteínas. La suplementación de Se orgánico Se; Se yeast [n = 289] durante el periparto (23 ± 8 d preparto) incrementó los niveles plasmáticos de Se (0.087 vs 0.069 ± .004 µg/ml; P < 0.01) en comparación a la suplementación de selenito de sodio inorgánico [SS; n = 285), suplementado a 0.3 ppm (en base a material seca) por > 81 d PP; (Silvestre et al., 2006a; Silvestre et al., 2006b)].

La producción de leche (35.6 kg/d por 81 d), la proporción de células somáticas en leche (291,618 cels/ml), y la incidencia de retención de membranas fetales (RMF=9.7%), la mastitis (14.4%), la falta de ovulación (17.7%), y la ovulación sincronizadas en respuesta a la Inseminación programada [(Ovsynch; (82.5%)]no se vieron afectados por la dieta, ni por el programa de manejo reproductivo. La dieta proporcionada no alteró la tasa de preñez evaluada a 30 d post-servicio (SY, 24.9% [62/249] vs.SS, 23.6% [62/262]) ó la pérdida de gestación entre ~ 30 y ~ 55 días post AI (SY, 39.3% vs. SS, 37.1%). Estas tasas de preñez bajas y alta mortalidad embrionaria son típicas de vacas lecheras manejadas bajo las condiciones de estrés calórico de la Florida (USA) (Thatcher et al., 2010a,b).

Por otro lado, la dieta si influyó modificando la tasa de preñez al segundo servicio [SY, 17% (34/199) vs. SS, 11.3% (24/211); P < 0.05]. El beneficio que ofrece la

suplementación de Se orgánico en incrementar los porcentajes de preñez al segundo servicio es muy interesante. Posiblemente, las vacas en el grupo SY tuvieron la oportunidad de restablecer adecuadamente su ambiente uterino con la finalidad de llevar a cabo una fertilización exitosa en el segundo servicio y/o inseminación y poder alojar e implantar al embrión en el cuerno uterino correspondiente.

La dieta incremento la frecuencia de vacas multíparas detectadas con al menos 1 evento de fiebre (temperatura rectal > 39.5°C; SY, 13.3% [25/188] vs SS, 25.5% [46/181]; P < 0.05), pero el efecto de la suplementación de SY no se observó en vacas primíparas las cuales presentaron una mayor incidencia de fiebres (40.5%). La calificación de descargas del cervix evaluadas a 5 y 10 d PP fueron mejores en el grupo SY vs. SS. La frecuencia de vacas con descargas fétidas y purulentas se redujo y la proporción de vacas con descargas uterinas limpias se incrementó. La inmunidad innata (función de los neutrófilos) fue determinada por la capacidad oxidativa y de acción explosiva de los neutrófilos en sangre utilizando un citómetro dual de flujo colorimétrico.

La suplementación de Se orgánico (Se-yeast), iniciando 26 d parto, elevó las concentraciones plasmáticas de Se, incrementó la función de los neutrófilos al momento del parto, mejoró la respuesta inmune en las vacas multíparas, mejoró la salud uterina e incrementó las tasas de preñez al segundo servicio durante el estrés calórico en un medioambiente considerado deficiente en Se.

La vitamina E y el selenio, en la presentación de Mu-Se®, que contiene selenio inorgánico (50 mg) y Vitamina E (500 mg), incrementa la tasa de preñez al 2º Servicio (i.e., sin efecto al primer servicio), redujo los servicios por concepción y el intervalo parto a concepción (Arechiga et al., 1998b). Esto es relativamente similar a los resultados obtenidos con el selenio orgánico; en los que en la fertilidad se incrementó en las vacas que no resultaron gestantes al primer servicio. Otros trabajos de nuestro grupo utilizando el MuSe®, han permitido incrementar la supervivencia y el desarrollo de embriones de 7 d de edad (mórula y blastocistos) obtenidos de vacas Holstein superovuladas, mejorar la función reproductiva y reducir los conteos de células somáticas (Padilla-Palomar, 2006).

El nutracéutico β -caroteno ha sido suministrado en el alimento dos veces por día como un antioxidante durante el periodo de estrés calórico del verano (Aréchiga et al., 1998a). El β -carotene se adicionó a la ración totalmente mezclada (RTM) como parte de la premezcla de vitaminas de la alimentación matutina (a.m.). La premezcla de β -caroteno fue formulada para contener 880 mg de β -caroteno/kg y fue suministrada en una proporción de 0.45 kg/d/vaca (400 mg de β -caroteno/día/vaca. En las vacas que recibieron la suplementación de β -caroteno iniciando en los días 10-15 postparto (PP) y continuaron por al menos 90 d del periodo postparto, se incrementó el porcentaje de preñez a 120 d PP (35.4% > 21.1%; ;P< 0.05).

Además, la suplementación del β -carotenoincrementó la producción de leche bajo condiciones de estrés calórico. El β -caroteno no solamente funciona como un potente antioxidante, también está compuesto de dos moléculas de retinol y su factor de transcripción PPAR heterodimeriza con la proteína fijadora del retinol. El retinol es un ligando para la proteína fijadora de retinol. Por ello, la molécula de β -carotenoparticipa activamente con ligandos de los ácidos grasos en la regulación de varios procesos intracelulares a nivel del endometrio y otros tejidos uterinos.

NUTRACÉUTICOS Y ESTRÉS CALÓRICO

La implementación de programas para mejorar la función reproductiva bajo condiciones de estrés calórico representa un reto enorme. El manejo del estrés calórico es muy complicado y poco redituable porque los incrementos en la temperatura corporal pueden ser devastadores para los procesos reproductivos asociados con la función ovocitaria, la fertilización de los gametos, y los estadios de desarrollo temprano del embrión. La implementación de sistemas para disminuir el estrés calórico ha mejorado contundentemente el consumo de materia seca y la producción láctea. Sin embargo, el detectar efectos de tratamiento debido a nutrición, alojamiento, es más difícil puesto que la función reproductiva se evalúa una vez por cada mes. Además se requiere experimentar con una gran cantidad de animales para obtener diferencias del 5 al 10% entre los tratamientos (Thatcher et al., 2006; 2007; 2010a,b).

Varios nutracéuticos parecen prometedores en mejorar varios aspectos de la función reproductiva de las vacas lecheras en plena lactancia. Los ácidos grasos como el EPA y el DHA presentes en el aceite de pescado modifican la expresión genética en el útero que de alguna manera “imitan” la respuesta inducida durante la gestación. Es incierto, si la suplementación de estos ácidos grasos específicos durante los periodos de inseminación bajo condiciones de estrés calórico pudiera mejorar las tasas de gestación. Sin embargo, la suplementación con grasas de sobrepaso (By-pass fats) enriquecidas con ácido linoleico o ácidos linoleicos trans C18:1 a las vacas lecheras cercanas al parto, si mejora las tasas de preñez después de la primera inseminación. Ello pudiera deberse a que coadyuva a mejorar de alguna manera la salud del útero y/o la función reproductiva de la vaca durante el postparto (Ziggers, 2005).

La suplementación de levadura de selenio mejoró las concentraciones plasmáticas de selenio, la función de los neutrófilos, la respuesta inmunitaria, disminuyó la incidencia de estados febriles (fiebres), mejoró la salud del útero e incrementó las tasas de preñez al segundo servicio. El incremento en las tasas de preñez al 2o. o más servicios también ha sido reportado utilizando el antioxidante β -caroteno.

La suplementación de 15g/día de un producto a base de *Saccharomyces cerevisiae* y algunos otros nutracéuticos denominado (Bovi-8-Ways®) durante el

periparto (21d antes y 30 d después del parto) de las vacas lecheras expuestas al estrés calórico de la Comarca Lagunera (México), mejoraron significativamente, la producción de leche y sus componentes (grasa, proteína, relación grasa:leche) y se redujo la incidencia de cetosis subclínica. Además, las vacas en plena lactancia presentaron mejor condición corporal al perder menos peso vivo después del parto (Ponce-Candelario, 2011; Aréchiga et al., 2013, en impresión).

CONSIDERACIONES Y REFLEXIONES

El estado nutricional de los animales afecta a la función reproductiva. El problema radica en saber cómo y en qué niveles de nutrición se altera la función reproductiva de las vacas altamente productoras de leche. Una mala nutrición puede deberse a una inadecuada densidad de nutrientes en la dieta, una inadecuada cantidad en el suministro de la dieta, y/o a un acceso insuficiente del animal a la dieta.

Los desórdenes metabólicos antes del parto, tienen un efecto residual que impiden la función reproductiva debido a que las vacas sufrieron previamente un balance energético negativo severo. Por lo tanto es necesario mantener un buen manejo nutricional, así como de un buen manejo del hato en general si queremos tener un buen manejo reproductivo. Este aspecto del manejo de los establos se ha ido convirtiendo en un aspecto crítico conforme el valor genético existente en una

población de vacas lecheras se incrementa. En otras palabras, existe un potencial de producción enorme en la base genética del ganado lechero, pero el reto a largo plazo consistirá en manejar adecuadamente y a su máxima expresión dichos hatos lecheros sin dejar de tomar en cuenta el potencial genético de las vacas lecheras de cada hato en particular y sin olvidar que la producción lechera es importante y por lo mismo los animales deberán gestarse en el momento requerido para que sigan produciendo leche en la lactancia siguiente. Los antioxidantes pudieran ser una alternativa nutricional que pudiera influir en incrementar la función reproductiva. Sin embargo, existe mucha variabilidad en los resultados de los estudios realizados y en los productos comerciales para ofrecer terapias antioxidantes.

Debemos de tomar en cuenta que muchos de estos estudios fueron realizados en condiciones de insuficiencia alimenticia del animal o que fueron realizados con vacas lecheras en las que la producción de leche no alcanzaba los niveles actuales de producción. Una mayor producción de leche, va a requerir de un mayor gasto metabólico y una mayor producción de radicales libres que pudieran indicar que es necesaria la inclusión de niveles mayores de suplementación de antioxidantes en la dieta de las vacas lecheras, especialmente si las vacas se encuentran experimentando estrés calórico.

Un nutracéutico se define como un producto aislado o purificado de algún nutriente que ha demostrado tener un efecto benéfico de proveer protección contra las enfermedades crónicas. Existen varios nutracéuticos como los ácidos grasos, algunos minerales y vitaminas, que parecen tener efectos benéficos sobre la producción (i.e., la producción de leche y la reproducción) y generan una mejor salud y bienestar de la vaca lechera.

Actualmente se buscan estrategias nutricionales para mejorar la salud animal y la función reproductiva de las vacas lecheras mediante la alimentación de nutracéuticos específicos y la posible utilización de estos durante los periodos críticos de estrés calórico en la vaca lechera.

Se requiere de un mayor énfasis en la investigación para definir el efecto benéfico de los antioxidantes en la dieta, vías óptimas de administración y su función en las vacas altamente productoras y que reciben la aplicación de compuestos que estimulan un mayor gasto metabólico para una mayor producción de leche, como sería el caso de la somatotropina bovina (STB), o la explotación de las vacas lecheras en medio ambientes de menor confort para el animal como serían los lugares tropicales o áridos y que cada vez más se incrementa esta tendencia, trasladando a los establos a climas calurosos y/o húmedos que originan el estrés calórico en las vacas lecheras a temperaturas climáticas superiores a los 25° C, y

por consecuencia originan un mayor gasto metabólico para disipar ese calor corporal y una mayor producción de agentes oxidantes y radicales libres.

En conclusión, una adecuada terapia de nutraceuticos y/o antioxidantes como el β -caroteno, vitamina E y/o selenio, glutaniona, o taurinapudieran ser una alternativa para incrementar la fertilidad, la salud y el bienestar del ganado lechero. Sin embargo, es importante valorar el costo-beneficio efectivo en la implementación de dichas terapias en el ganado lechero, y su impacto sobre el bienestar y longevidad de la vaca lechera.

Se requiere mayor investigación para dilucidar los efectos potenciales de algunos nutraceuticos específicos en mejorar la salud, la función reproductiva y el bienestar de las vacas lecheras. Por otro lado, una ventaja adicional de estos nutraceuticos, radicaría en el hecho que estas estrategias nutricionales combinadas con un efectivo manejo reproductivo de los animales, deberán ser altamente adaptadas por los productores, y aceptadas por los consumidores finales y por la sociedad, en general.

REFERENCIAS

Agarwal A, Gupta S, Sharma RK. 2005. Role of oxidative stress in female reproduction. Review. Reproductive Biology and Endocrinology Bio Med Central 1-21.

Ahlswede L, Lotthammer KH. 1978. Untersuchungen über eine spezifische Vitamin-A-unabhängige Wirkung des β -carotins auf die Fertilität des Rindes. 5. Mitt.: Organuntersuchungen-gewichts- und gehaltsbestimmungen. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 85:7.

Aitken RJ. 1994. A free radical theory of male infertility. *Reprod. Fertil. Dev.* 6:19.

Akordor FY, Stone JB, Walton JS, Leslie KE, Buchanan-Smith JG. 1986. Reproductive performance of lactating Holstein cows fed supplemental β -carotene. *J. Dairy Sci.* 69:2173.

Alvarez JG, Storey BT. 1989. Role of glutathione peroxidase in protecting mammalian spermatozoa from loss of motility caused by spontaneous lipid peroxidation. *Gamete Res.* 23:77.

Arechiga CF, Padilla-Palomar, S. Roldan-Monetiel JD, y Vite-Aranda, A. 2013. Efecto de Minerales traza en parto y periodo fresco de vacas Holstein, sobre reproducción y producción. En Prensa.

Aréchiga CF, Ealy AD, Hansen PJ. 1994a. Efficacy of vitamin E and glutathione for thermotolerance of murine morulae. *Theriogenology* 41:1545.

Aréchiga CF, Ealy AD, Hansen PJ. 1995. Evidence that glutathione is involved in thermotolerance of preimplantation murine embryos. *Biol. Reprod.* 52:1296.

Aréchiga CF, Hansen PJ. 1998. Response of preimplantation murine embryos to heat shock as modified by developmental stage and glutathione status. *In Vitro Cellular Developmental Biology* 34:655.

Aréchiga CF, Ortiz O, Hansen PJ. 1994b. Effect of prepartum injection of vitamin E and selenium on postpartum reproductive function of dairy cattle. *Theriogenology* 41:1251.

Aréchiga CF, Staples CR, McDowell LR, Hansen PJ. 1998a. Effects of timed insemination and supplemental β -carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *Journal of Dairy Science* 81:390.

Aréchiga CF, Vázquez-Flores S, Ortiz O, Hernández-Cerón J, Porras A, McDowell LR, Hansen PJ. 1998b. Effect of injection of β -carotene or vitamin E on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 50:65.

Arias IM, Jakoby WB. 1976. (eds.), *Glutathione: Metabolism and Function*. New York: Raven Press.

Arikan S, Rodway RG. 2000a. Effects of high density lipoprotein containing high or low β -carotene concentrations on progesterone production and β -carotene uptake and depletion by bovine luteal cells. *Anim Reprod Sci.* 62:253-263.

Arikan S, Rodway RG. 2000b. Effect of cyclodextrin-encapsulated β -carotene on progesterone production by bovine luteal cells. *Anim Reprod Sci.* 64:149-160.

Arikan S, Sands HS, Rodway RG, Batchelder DN. 2002. Raman spectroscopy and imaging of β -carotene in live corpus luteum cells. *Anim Reprod. Sci.* 71:249-266.

Ascarelli I, Edelman Z, Rosenberg M, Folman Y. 1985. Effect of dietary carotene on fertility of high-yielding dairy cows. *Anim. Prod.* 40:195.

Ashes JR, Burley RW, Davenport JB, Sidhu GS. 1982. Effect of dietary supplements of protected lipids on the concentration and transport of β -carotene and cholesterol in bovine blood and milk: unusual chromatographic behaviour of the high density lipoproteins with high levels of β -carotene. *J Dairy Sci* 49:39-49.

Bauman DE, Currie WB. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 63:1514.

Bell AW, Slepetic R, Ehrhardt RA. 1995. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. *J Dairy Sci* 78:1954.

Bendich A. 1989. Carotenoids and the immune response. *The Journal of Nutrition*.112-115.

Bendich A. 1989. Symposium conclusions: biological actions of carotenoids. *The Journal of Nutrition*.135-136.

Bernal-Santos G, Perfield II JW, Barbano DM, Bauman DE, Overton TR.2003.Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation. *J. Dairy Sci.* 86:3218–3228.

Bilby TR, Guzeloglu A, MacLaren LA, Staples CR, Thatcher WW. 2006.Pregnancy, bST and omega-3 fatty acids in lactating dairy cows: II. Gene expression related to maintenance of pregnancy. *J. Dairy Sci.*89: 3375–3385.

Bilby TR, Jenkins T, Staples CR, Thatcher WW. 2006. Pregnancy, bST and omega-3 fatty acids in lactating dairy cows: III. Fatty acid distribution. *J. Dairy Sci.*89:3386–3399.

Bilby TR, Sozzi A, Lopez MM, Silvestre F, Ealy AD, Staples CR, Thatcher WW. 2006. Pregnancy, bST and omega-3 fatty acids in lactating dairy cows: I.ovarian, conceptus and growth hormone – IGF system response. *J. Dairy Sci.* 89: 3360–3374.

Bilby TR, Baumgard LH, Collier RJ, Zimbelman RB, Rhoads ML. Heat Stress Effects on Fertility: Consequences and Possible Solutions. University of Arizona. Department of Animal Sciences. 22nd Annual Southwest Nutrition & Management Conference, Tempe, AZ. February 22-23. Pp.1-18.

Bindas EM, Gwazdauskas FC, Aiello RJ, Herbein JH, McGilliard ML, Polan CE. 1984a. Reproductive and metabolic characteristics of dairy cattle supplemented with β -carotene. J. Dairy Sci. 67:1249.

Bindas EM, Gwazdauskas FC, McGilliard ML, Polan CE. 1984b. Progesterone responses to human chorionic gonadotropin in dairy cattle supplemented with β -carotene. J. Dairy Sci. 67:2978.

Bonomi A, Quarantelli A, Sabbioni A, Superchi P. 1994. L'integrazione delle razioni per le bovine da latte con β -carotene in forma rumino-protetta. Effetti sull'efficienza produttiva e riproduttiva: contributo sperimentale. Riv. Soc. Ital. Sci. Aliment. 23:233.

Burton and Ingold, 1984. Beta-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. Science 224:569.

Carlson JC, Wu XM, Sawada M. 1993. Oxygen radicals and the control of ovarian corpus luteum function. Free Rad. Biol. Med. 14:79.

Castaneda-Gutierrez E, Overton TR, Butler WR, Bauman DE. 2005. Dietary supplements of two doses of calcium salts of conjugated linoleic acid during the transition period and early lactation. J. Dairy Sci. 88:1078–1089.

Chew BP. 1993. Role of carotenoids in the immune response. J. Dairy Sci. 76:2804.

Chew BP, Maier LC, Hillers JK, Hodgson AS. 1981. Relationship between calf birth weight and dam's subsequent 200- and 305- day yields of milk, fat, and total solids in Holsteins. J. Dairy Sci. 64:2401.

Chew BP, Holpuch DM, O'Fallon JV. 1984. Vitamin A and beta-carotene in bovine and porcine plasma, liver, corpora lutea, and follicular fluid. J Dairy Sci 67:1316.

Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle . J. Dairy Sci. 89:1244–1253.

Coppock CE. 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. J Dairy Sci 68:3403.

Cullens FM, Staples CR, Bilby TR, Silvestre F, Bartolome J, Sozzi A, Badinga L, Thatcher WW, Arthington JD. 2004. Effect of timing of initiation of fatsupplementation on milk production, plasma hormones and metabolites, and conception rates of Holstein cows in summer. J. Dairy Sci. 86: Suppl. 1, 308.

Cupps PT. 1973. Uterine changes associated with impaired fertility in the dairy cow. J. Dairy Sci. 56:878-884.

Daniel LR, Chew BP, Tanaka TS, Tjoelker LW. 1991. In vitro effects of beta-carotene and vitamin A on peripartum bovine peripheral blood mononuclear cell proliferation. J. Dairy Sci. 74:911.

Dargel R. 1992. Lipid peroxidation - a common pathogenetic mechanism. Exp. Toxicol. Pathol.44:169.

De Vries A. 2007. The Economic value of reproduction in dairy cattle. Western Dairy Management Conference. Reno NV.

De Vries A, Risco CA. 2005. Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. *J. Dairy Sci.* 88:3155–3165.

Dian PHM, Chauveau B, Prado IN, Prache S. 2007. A dose-response study relating the concentration of carotenoid pigments in blood and fat reflectance spectrum characteristics to carotenoid intake level in sheep. *J. Anim. Sci.* doi:10.2527/jas.2006-477.

Di Mascio P, Murphy ME, Sies H. 1991. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols and thiols. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:194S.

Ducker MJ, Yarrow NH, Bloomfield GA et al. 1984. The effect of beta-carotene on the fertility of dairy heifers receiving maize silage. *Anim. Prod.* 39:9.

Ducker, W.A., Xu, Z., Israelachvili, J.N., 1994. Measurements of hydrophobic and DLVO forces in bubble–surface interactions in aqueous solutions. *Langmuir* 10, 3279–3289.

Ealy AD, Aréchiga CF, Bray DR, Risco CA, Hansen PJ. 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:3601.

Ealy AD, Hansen PJ. 1994. Induced thermotolerance during early development of murine and bovine embryos. *J. Cell. Physiol.* 160:463.

Ealy AD, Howell JL, Monterroso VH, Aréchiga CF, Hansen PJ. 1995. Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. *J. Anim. Sci.* 73:1401.

Ealy AD, Drost M, Barros CM, Hansen PJ. 1992. Thermoprotection of preimplantation bovine embryos from heat shock by glutathione and taurine. *Cell Biol. Int. Rept.* 16:125.

Edwards JL, Hansen PJ. 1997. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46:138.

Eicher SD, Morrill JL, Blecha F. 1994. Vitamin concentration and function of leukocytes from dairy calves supplemented with vitamin A, vitamin E, and beta-carotene in vitro. *J. Dairy Sci.*77:560.

Escher HH. 1913. Uber den Farbstoff des Corpus luteum. *Z. Physiol. Chem.* 83:198.

Estrada-Angulo A, Valdés YS, Carrillo-Muro O, Castro-Perez BI, Barreras A, López-Soto MA, Plascencia A, Dávila-Ramos H, Rios FG, Zinn RA. 2013. Effects of feeding different levels of chromium-enriched live yeast in hairy lambs fed a corn-based diet: effects on growth performance, dietary energetics, carcass traits and visceral organ mass.

Animal Production Science. <http://dx.doi.org/10.1071/AN12192>

Feugang JM, Moens A, Bernard S, Dessy F, Donnay I. 2000. Induction of degeneration and apoptosis in in vitro-produced bovine embryos by pro-oxidant agents. *Theriogenology* 53:352.

Flohé L, Günzler WA. 1976. Glutathione-dependent enzymatic oxidoreduction reactions. In: Arias IM, Jakoby WB. (eds.), *Glutathione: Metabolism and Function*. New York: Raven Press; p. 17.

Folman Y, Ascarelli I, Kraus D, Barash H. 1987. Adverse effect of β -carotene in diet on fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70:357.

Folman Y, Rosenberg M, Ascarelli I, Kaim M, Herz Z. 1983. The effect of dietary and climatic factors on fertility, and on plasma progesterone and estradiol-17 β levels in dairy cows. *J. Steroid Biochem.* 19:863.

Freeman BA, Crapo JD. 1982. Biology of disease. Free radicals and tissue injury. *Lab. Invest.* 47:412.

Fujii J, Iuchi Y, Okada F. 2005. Fundamental roles of reactive oxygen species and protective mechanisms in the female reproductive systems. *Bio Med Central* 1-10.

Fujitani Y, Kasai K, Ohtani S, Nishimura K, Yamada M, Utsumi K. 1997. Effect of oxygen concentration and free radicals on in vitro development of in vitro-produced bovine embryos. *J. Anim. Sci.* 75:483.

Fulbert JC, Cals M-J. 1992. Les radicaux libres en biologie clinique: origine, rôle pathogène et moyens de défense. *Pathol.Biol.* 40:66.

Goff JP. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *J. Dairy Sci.* 89: 1292–1301.

Grasso PJ, Scholz RW, Erskine RJ, Eberhart RJ. 1990. Phagocytosis, bactericidal activity, and oxidative metabolism of mammary neutrophils from dairy cows fed selenium-adequate and selenium-deficient diets. *Am. J. Vet. Res.* 51:269–274.

Graves-Hoagland RL, Hoagland TA, Woody CO. 1988. Effect of β -carotene and vitamin A on progesterone production by bovine luteal cells. *J. Dairy Sci.* 71:1058.

Gunter SA, Beck PA, Phillips JM. 2003. Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.* 81: 856–864.

Gutteridge JMC. 1986. Iron promoters of the Fenton reaction and lipid peroxidation can be released from haemoglobin by peroxides. *FEBS Lett.* 201:291.

Gwazdauskas FC, Bibb TL, McGilliard ML, Lineweaver JA. 1979. Effect of prepartum selenium-vitamin E injection on time for placenta to pass and on productive functions. *J. Dairy Sci.* 62:978.

Gwazdauskas, F.C., T.L. Bibb, M.L. McGilliard, and J.A. Lineweaver. 1979. Effect of prepartum selenium-vitamin E injection on time for placenta to pass and on productive functions. *J. Dairy Sci.* 62:978.

Halliwell B, Gutteridge JMC. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem. J.* 219:1.

Hansen PJ, Aréchiga CF. 1999. Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow. *J. Anim. Sci.* 77:36-50

http://www.journalofanimalscience.org/content/77/E-Suppl_2/36

Harris C, Juchau MR, Mirkes PE. 1991. Role of glutathione and Hsp 70 in the acquisition of thermotolerance in postimplantation rat embryos. *Teratology* 43:229.

Harrison JH, Conrad HR. 1984. Selenium content and glutathione peroxidase activity in tissues of the dairy cow after short-term feeding. *J. Dairy Sci.* 67:2464

Harrison JH, Hancock DD, Conrad HR. 1984. Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67:123.

Harrison JH, Hancock DD, Saint Pierre N, Conrad HR, Harvey WR. 1986. Effect of prepartum selenium treatment on uterine involution in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 69:1421.

Hemken RW, Bremel DH. 1982. Possible role of beta-carotene in improving fertility in dairy cattle. *J Dairy Sci* 65:1069.

Hidiroglou M, McAllister AJ, Williams CJ. 1987. Prepartum supplementation of selenium and vitamin E to dairy cows: assessment of selenium status and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 70:1281.

Hogan JS, Smith KL, Weiss WP, Todhunter DA, Shockey WL. 1990. Relationships among vitamin E, selenium, and bovine blood neutrophils. *J. Dairy Sci.* 73: 2372–2378.

Ishak MA, Larson LL, Owen FG, Lowry SR, Erickson ED. 1983. Effects of selenium, vitamins, and ration fiber on placental retention and performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:99.

Juchem SO, Cerri RLA, Bruno R, Galvao KN, Lemos EW, Villasenor M, Coscioni AC, Rutigliano HM, Thatcher WW, Luchini D, Santos JEP. 2004. Effect of feeding Ca salts of palm oil (PO) or a blend of linoleic and monoenoic trans fatty acids (LTFA) on uterine involution and reproductive performance in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87: Suppl. 1, 310.

Julien WE, Conrad HR, Jones JE, et al., 1976. Selenium and vitamin E and incidence of retained placenta in parturient dairy cows. *J Dairy Sci* 59:1954.

Kanno T, Utsumi T, Takehara Y, Ide A, Akiyama J, Yoshioka T, Horton AA, Utsumi K. 1996. Inhibition of neutrophil-superoxide generation by alpha-tocopherol and coenzyme Q. *Free Radic. Res.* 24:281.

Kappel LC, Ingraham RH, Morgan EB, Dixon JM, Zeringue L, Wilson D, Babcock DK. 1984. Selenium concentrations in feeds and effects of treating pregnant Holstein cows with selenium and vitamin E on blood selenium values and reproductive performance. *Am. J. Vet. Res.* 45:691.

Kawashima C, Kida K, Schweigert FJ, Miyamoto A. 2008. Relationship between plasma α -carotene concentrations during the peripartum period and ovulation in the first follicular wave postpartum in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* doi:10.1016/j.anireprosci. 2008.02.008.

Kosower EM. 1976. Chemical properties of glutathione. In: Arias IM and Jakoby WB (eds.), *Glutathione: Metabolism and Function*. New York: Raven Press; p.1.

Loeffler SH, De Vries MJ, Schukken YH. 1999. The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 2589-2604.

Lohrke B, Viergutz T, Kanitz W, Losand B, Weiss DG, Simko M. 2005. Short communication: Hydroperoxides in circulating lipids from dairy cows: implication for bioactivity of endogenous-oxidized. *J. Dairy Sci.* 88:1708-1710.

Lotthammer KH, Schams D, Scholtz H. 1978. Untersuchungen über eine spezifische, vitamin-A-unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fruchtbarkeit von laktierenden Kühen. Zuchtgiene 13:76.

Loven DP. 1988. A role for reduced oxygen species in heat induced cell killing and the induction of thermotolerance. Med. Hypotheses 26:39.

Margolin Y, Aten RF, Behrman HR. 1990. Antigonadotropic and antisteroidogenic actions of peroxide in rat granulosa cells. Endocrinology 127:245.

Markusfeld O. 1993. Parturition disease complex of the high yielding dairy cow. Acta Vet Scand 89:9.

Mattos R, Guzeloglu A, Badinga L, Staples CR, Thatcher WW. 2003. Polyunsaturated fatty acids and bovine interferon- τ modify phorbol ester-induced secretion of prostaglandinF2 α and expression of prostaglandin endoperoxide synthase-2 and phospholipase-A2 in bovine endometrial cells. Biol. Reprod 69: 780-787.

Mattos R, Staples CR, Thatcher WW. 1999. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. Rev. Reprod. 5:38-45.

McCay PB, King MM. 1980. Vitamin E: its role as a biologic free radical scavenger and its relationship to the microsomal mixed-function oxidase system. In: Machlin LJ (ed.), Vitamin E: A Comprehensive Treatise. New York: Marcel Dekker Inc.; p. 289.

Meister A. 1985a. Methods for the selective modification of glutathione metabolism and study of glutathione transport. Meth.Enzymol.113:571.

Meister A. 1985b. Selective modification of glutathione metabolism. Science 220:472.

Meyer H, Ahlswede L, Lothammer KH. 1975. Studies on a specific, vitamin A-unrelated effect of α -carotene on the fertility of cattle. I. Methods, body development and ovary function. *Deutsche Tierarz. Wochens.*82:444.

Mezzetti A, Di Ilio C, Calafiore AM, Aceto A, Marzio L, G. Frederici, G, Cuccurullo F. 1990. Glutathione peroxidase, glutathione reductase and glutathionetransferase activities in the human artery, vein and heart. *J. Mol. Cardiol.* 22:935-938.

Michal JJ, Heirman LR, Wong TS, Chew BP, Frigg M, Volker L. 1994. Modulatory effects of dietary α -carotene on blood and mammary leukocyte function in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.* 77:1408-1421.

Miettinen PVA. 1990. Metabolic balance and reproductive performance in Finnish dairy cows. *J Vet Med Series A.* 37:417.

Mitchell JB, Russo A. 1983. Thiols, thiol depletion, and thermosensitivity. *Radiat. Res.* 95:471.

Mitchell JB, Russo A, Kinsella TJ, Glatstein E. 1983. Glutathione elevation during thermotolerance induction and thermosensitization by glutathione depletion. *Cancer Res.* 43:987.

Mohan M, Thirumalapura NR, Malayer J. 2003. Bovine cumulus-granulosa cells contain biologically active retinoid receptors that can respond to retinoic acid. *Reproductive Biology and Endocrinology.* Bio Med Central 1-9.

Molenaar I, Hulstare CE, Hardonk MJ. 1980. Role in function and ultrastructure of cellular membranes. In: Machlin LJ (ed.), *Vitamin E: A Comprehensive Treatise.* New York: Marcel Dekker Inc.; pp. 372.

Moore CE, Kay JK, Collier RJ, VanBaale MJ, Baumgard LH. 2005. Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed Brown Swiss and Holstein Cows. *Dairy Sci.* 88:1732–1740.

Nasr-Esfahani MH, Johnson MH. 1992a. Quantitative analysis of cellular glutathione in early preimplantation mouse embryos developing *in vivo* and *in vitro*. Human Reprod.7:1281.

Nebel RL, McGilliard ML. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. J Dairy Sci 76:3257.

Ndiweni N, Finch JM. 1996. Effects of *in vitro* supplementation with alpha-tocopherol and selenium on bovine neutrophil functions: implications for resistance to mastitis. Vet. Immunol.Immunopathol.51:67.

Niki E, Noguchi N, Tsuchihashi H, Gotoh N. 1995. Interaction among vitamin C, vitamin E, and beta-carotene. Am. J. Clin. Nutr. 62:1322S.

Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. 2000. Mechanisms controlling function and life span of the corpus luteum. Physiological Reviews. 80:1-29.

Norman HD, Powell LR. 1992. Genetic change attained and possible. In Van Horn HH, Wilcox CJ (eds): Large dairy Herd Management, p59. Champaign IL: ADSA. P. 59

Noziere, B., Esteve, W., 2006. Light-absorbing aldol condensation products in acidic aerosols: spectra, kinetics, and contribution to the absorption index. Atmospheric Environment. doi:10.1016/j.atmosenv.2006.10.001.

Olson JA. 1989. Biological actions of carotenoids. The Journal of Nutrition.94-95.

Olson JA. 1989. Provitamin A function of carotenoids: the conversion of β -carotene into vitamin A. The Journal of Nutrition.105-108.

O'Shaughnessy PJ, Wathes DC. 1988. Bovine luteal cell activity in culture. Maintenance of steroidogenesis by high density lipoprotein containing high or low beta-carotene concentrations. Anim Reprod Sci. 17:165-176.

Padilla- Palomar, S. 2006. Efecto de la somatotropina bovina sobre la calidad de los embriones recolectados de vacas Holstein superovuladas y expuestas a una terapia antioxidante con vitamina E y Selenio. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria - Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Politis I, Hidiroglou N, Batra TR, Gilmore JA, Gorewit RC, Scherf H. 1995. Effects of vitamin E on immune function of dairy cows. Am. J. Vet. Res. 56:179.

Politis I, Hidiroglou N, White JH, Gilmore JA, Williams SN, Scherf H, Frigg M. 1996. Effects of vitamin E on mammary and blood leukocyte function, with emphasis on chemotaxis, in periparturient dairy cows. Am. J. Vet. Res. 57:468.

Ponce-Candelario I. 2011. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción y calidad de leche de vacas Holstein-Friesian en condiciones de estrés calórico. Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera. López-Ordaz R. (Asesor). Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México, México.

Rakes AH, Owens MP, Britt JH, Whitlow LW. 1985. Effects of adding beta-carotene to rations of lactating cows consuming different forages. J. Dairy Sci. 68:1732.

Ross SA, McCaffery PJ, Drager UC, De Luca LM. 2000. Retinoids in embryonal development. Physiological Reviews. 80:1021-1054.

Rotruck JT, Pope AL, Ganther HE, Swanson AB, Hafeman DG, Hoekstra WG. 1973. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. Science 179:588.

Russo A, Mitchell JB, McPherson S. 1984. The effects of glutathione depletion on thermotolerance and heat stress protein synthesis. Br. J. Cancer 49:753.

Rutigliano HM, Lima FS, Cerri RLA, Greco LF, Vilela JM, Magalhães V, Hillegass J, Thatcher WW, Santos JEP. 2006. Effects of source of supplemental Se and

method of presynchronization on reproduction and lactation of dairy cows. J. Dairy Sci. 89 (Suppl. 1): 207 (Abstr.).

Schingoethe DJ, Kirkbride CA, Palmer IS, Owens MJ, Tucker WL. 1982. Response of cows consuming adequate selenium to vitamin E and selenium supplementation prepartum. J. Dairy Sci. 65:2338.

Schultz G, Hortsman G, Anwandter C, Grunert E. 1974. β -carotin und Progesteron Gehalt der Corpora lutea des Rindes nach Weide- und Stallfütterung. Zeitschr. Tierphysiol. Tiernahrung Futtermittelk. 33:214.

Schweigert FJ, Buchholz I, Schuhmacher A, Gropp J. 2001. Effect of dietary β -carotene on the accumulation of β -carotene and vitamin A in plasma and tissues of gilts. Reprod. Nutr. Dev. 41:47-55.

Scott ML. 1980. Advances in our understanding of vitamin E. Fed. Proc. 39:2736.

Segerson EC, Ganapathy SN. 1981. Fertilization of ova in selenium/vitamin E-treated ewes maintained under two planes of nutrition. J. Anim. Sci. 51:386.

Segerson EC Jr, Murray FA, Moxon AL, Redman DR, Conrad HR. 1977. Selenium/vitamin E: role in fertilization of bovine ova. J. Dairy Sci. 60:1001.

Shaw DW, Farin PW, Washburn SP, Britt JH. 1995. Effect of retinol palmitate on superovulation rate and embryo quality in superovulated cattle. Theriogenology 44:51.

Shrieve DC, Li GC, Astromoff A, Harris JW. 1986. Cellular glutathione, thermal sensitivity, and thermotolerance in chinese hamster fibroblasts and their heat-resistant variants. Cancer Res. 46:1684.

Silvestre FT, Rutigliano HM, Thatcher WW, Santos JEP, Staples CR. 2007. Effect of selenium source on production, reproduction and immunity of lactating dairy cows in Florida and California. Engormix (Dairy Cattle).

Silvestre FT, Rutigliano HM, Thatcher WW, Santos JEP, Staples CR. 2007. Effect of selenium source on production, reproduction, and immunity of lactating dairy cows. Florida Ruminant Nutrition Symposium, January 30-31, 2007, Best Western Gateway Grand, Gainesville, FL. USA.

Silvestre FT, Silvestre DT, Crawford C, Santos JEP, Staples CR, Thatcher WW. 2006a. Effect of selenium (Se) source on innate and adaptive immunity of periparturient dairy cows. Biol. Repro. 39th Annual Meeting. Special Issue. P.132.

Silvestre FT, Silvestre DT, Santos JEP, Risco CA, Staples CR, Thatcher WW. 2006b. Effects of selenium (Se) sources on dairy cows. J. Anim. Sci. 89: (Suppl 1.) 52.

Sklan D. 1983. Carotene cleavage activity in the corpus luteum of cattle. Int. J. Vit. Nutr. Res. 53:23.

Smith OB, Akinbamijo OO. 2000. Micronutrients and reproduction in farm animals. Anim Reprod Sci. 60-61:549-560.

Schweigert, N., Alexander J. B. Zehnder and Rik I. L. Eggen. 2001. Chemical properties of catechols and their molecular modes of toxic action in cells, from microorganisms to mammals. Environt Micr. 3(2), 81±91

Smith PJ, Tappel AL, Chow CK. 1974. Glutathione peroxidase activity as a function of dietary selenomethionine. Nature 247:392.

Stowe HD, Thomas JW, Johnson T, Marteniuk JV, Morrow DA, Ullrey DE. 1988. Responses of dairy cattle to long-term and short-term supplementation with oral selenium and vitamin E. J. Dairy Sci. 71:1830.

Thatcher WW, Bilby TR, Bartolome JA, Silvestre FT, Staples CR, Santos JEP. 2006.

Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. *Theriogenology* 65:30-44.

Thatcher WW, Santos JEP, Silvestre FT, Kim IH, Staples CR. 2010a. Perspective on physiological/endocrine and nutritional factors influencing fertility in post-partum dairy cows. *Reprod. Domest. Anim.* (Special Issue: 14th Annual Conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction; ESDAR). 45:2-14. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2010.01664.x

Thatcher WW, Silvestre FT, Bilby TR, Staples CR. 2007. Nutraceutical regulation of reproductive function in lactating dairy cows during heat stress. 22nd Annual Southwest Nutrition & Management Conference, Tempe, AZ. February 22-23. Pp.137.

Thatcher WW, Silvestre FT, Santos JEP, Ribeiro ES, Staples CR, Risco C, Rabaglino MB. Interactions between nutrition, heat stress, and reproduction in cattle within tropical/subtropical environments. 2010b. Interactions between nutrition, heat stress, and reproduction in cattle within tropical/subtropical environments. Odongo NE, Garcia M, Viljoen GJ. (eds.) Sustainable Improvement of Animal Production and Health. Food Agricultural Organization of the United Nations, Rome. P. 23-31.

Trinder N, Woodhouse CD, Ranton CP. 1969. The effect of vitamin E and selenium on the incidence of retained placentae in dairy cows. *Vet Rec* 85:550.

Trout JP, McDowell LR, Hansen PJ. 1998. Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status in lactating Holstein cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.* submitted.

Ullrey DE. 1972. Biological availability of fat-soluble vitamins: vitamin A and carotene. *J. Anim. Sci.* 35:648.

Ullrey DE. 1981. Vitamin E for swine. *J. Animal Sci.* 53:1039.

Van Vleet JF. 1987. Pathology of selenium and vitamin E deficiency in animals. In: Combs JF Jr, Spallholz JE, Levander OA, Oldfield JE. (eds.), Selenium in Biology and Medicine. New York: AVI Publ. Co.; p. 715.

Valdés-García YS, Aguilera-Soto JI, Barreras A, Estrada-Angulo A, Gómez-Vázquez A, Plascencia A, Ríos FG, Reyes JJ, Stuart J, Torrentera NG. 2011. Growth performance and carcass characteristics in finishing feedlot heifers fed different levels of chromium-enriched live yeast or fed zilpaterol hydrochloride. Cuban Journal of Agricultural Science, 45:361-368.

VanRaden PM, Sanders AH, Tooker ME, Miller RH, Norman HD, Kuhn MT, Wiggans GR. 2004. Development of a national genetic evaluation for cow fertility. J Dairy Sci. 87:2285–2292.

Wang JY, Larson LL, Owen FG. 1982. Effect of beta-carotene supplementation on reproductive performance of dairy heifers. Theriogenology 18:461-473.

Weiss WP. 2003. Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms. Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Lyons TP and Jacques KA (Eds), Nottingham University Press, UK. Nottingham University Press; p.333-343.

Whaley SL, Hedgpeth VS, Britt JH. 1997. Evidence that injection of vitamin A before mating may improve embryo survival in gilts fed normal or high-energy diets. J. Anim. Sci. 75:1071.

Wolfenson D, Bartol FF, Badinga L, Barros CM, Marple DN, Cummins K, Wolf D, Lucy MC, Spencer TE, Thatcher WW. 1993. Secretion of PGF₂α and oxytocin during hyperthermia in cyclic and pregnant heifers. Theriogenology 39:1129-1141.

Youn YK, La Londe C, Demling R. 1991. Use of antioxidant therapy in shock and trauma. Circ. Shock 35:245.

Young FM, Luderer WB, Rodger RJ. 1995. The antioxidant \cdot -carotene prevents covalent cross-linking between cholesterol side-chain cleavage cytochrome P₄₅₀ and its electron donor, adrenodoxin, in bovine luteal cells. Mol. Cell. Endocrinol.109:113.

Ziggers D. 2005.Oils and fats indispensable in feed. Feed Tech9.3:16-19.
www.AgriWorld.nl.

MINERALES Y GANADO LECHERO: PRODUCCIÓN, REPRODUCCIÓN E INMUNIDAD

Los minerales son importantes porque son necesarios para aprovechar la energía y proteína de la dieta, y por lo mismo, afectan todas funciones del animal como producción de leche, reproducción e inmunidad. La intensificación y masificación de la producción ha generado que se apliquen cantidades altas de excretas a los campos de cultivo, que modifican la composición mineral del suelo y los forrajes cultivados en ellos. Esto también genera que las fuentes de agua sean contaminadas y que la depresión de los mantos freáticos incremente la concentración de algunos minerales como sodio, azufre y arsénico que son potencialmente tóxicos. La determinación de minerales en los ingredientes, alimentos y agua es poco común debido a la poca disponibilidad de laboratorios y alto costo de los análisis. Esto conlleva que los suplementos minerales sean genéricos y que en muchos casos no sean los más apropiados. El análisis de la dieta en 11 establos lecheros permite identificar que las deficiencias más

importantes corresponden a selenio (100%), sodio (91%), yodo (88%), cobalto (63%) y zinc (45%). En menor grado se encuentran fósforo (36%), cobre (27%), calcio (18%), azufre (18%), magnesio, cloro y manganeso con 9%. Asimismo, hierro y azufre se encuentran en exceso en el 55 y 18% de las dietas, respetivamente. El exceso de hierro puede provocar deficiencia de cobre, mientras que el exceso de azufre puede provocar deficiencia de selenio. Los minerales cuya deficiencia provoca mayores problemas de salud incluyen a zinc, hierro, cobre y selenio. Asimismo, las deficiencias de los elementos selenio, yodo, cobalto, zinc, fósforo, cobre y manganeso son responsables de problemas reproductivos. Los minerales pesados como cadmio, plomo, mercurio, cromo y arsénico en exceso también pueden ocasionar problemas reproductivos en hembras y machos.

***EFFECTO DE *Saccharomyces cerevisiae* ENRIQUECIDO CON
MICROMINERALES Y VITAMINA E (BOVI-8-WAYS™) SUPLEMENTADO EN
PREPARTO EN LA PRODUCCION DE LECHE DE VACAS EN ESTRÉS
CALÓRICO***

Introducción

La producción de leche (PL) al inicio de la lactancia y la salud de la vaca dependen de la alimentación y el manejo durante el periodo seco. Durante este tiempo se requiere cubrir las necesidades del animal y proveer nutrimentos extra para apoyar los requerimientos del ambiente uterino que contiene un feto, placenta y fluidos fetales, y para regenerar reservas corporales que se usarán rápidamente en la lactancia inmediata (Bell, 1995; Ingvartsen y Anderson, 2000; Litherland et al., 2011).

La vaca no consume suficiente alimento durante el periodo de transición, por lo que, comúnmente, entra en un periodo de imbalance de nutrientes, que es conocido como balance negativo de energía (BNE; Garnsworthy y Topps, 1982; Wathes et al., 2007a); durante el desbalance, el animal reduce su habilidad para activar la respuesta del sistema inmune; convirtiéndose en un sujeto susceptible al ataque de microorganismos patógenos que invaden el ambiente uterino; como consecuencia, contrae enfermedades como retención de placenta (REPL) y metritis (MET) y trastornos metabólicos como cetosis subclínicas (CET; Wathes et al., 2007b). En aras de neutralizar el impacto del BNE en el comportamiento del animal se han estudiado varias alternativas; una de las más populares es usar probióticos como *Saccharomyces cerevisiae* (SCE; Hippen et al., 2010; Nocek et al., 2011) y recientemente, el uso de SCE enriquecido con

R. López-Ordaz*,
A. Vite-Aranda§
I. Ponce-Candelario*,
A. Ruiz-Flores*,
J. Jaimes- Jaimes**,
J. de Dios Roldan-Montiel§,
I. Tovar-Luna***

*Posgrado en Innovación Ganadera,
Departamento de Zootecnia,
Universidad Autónoma Chapingo,
Km 38.5 Carretera México-Texcoco,
Edo de México, CP 56230.

§Grupo Biotecap, S. A. de C. V.
Av. La Puerta No. 242.
Frac. Industrial La Puerta,
Tepatitlán, Jalisco. CP.47600.
Tel: 018008311220.
www.biotecap.com.

**Coop. Agrop. y Forestal Chapingo,
S.C. de R.L.
Chapingo, Km 38.5 Carretera
México-Texcoco,
Chapingo, Estado de México, CP.
56230.

***Unidad Regional Universitaria de
Zonas Áridas,
Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera Gómez Palacio-Cd Juárez.
Bermejillo, Durango, CP. 35230.

microminerales y vitamina E (*Bovi-8-Ways™*, Grupo Biotecap, S. A. de C. V., Jalisco, México).

Los microminerales como Se, Zn, I, Co, Cr, Cu, Fe, y Mn, y antioxidantes como la vitamina E envueltos en SCE tienen impactos positivos en PL, reproducción y salud de la vaca en transición (Nocek et al., 2006; LeBlanc, 2008; Spears y Weiss, 2008). *Saccharomyces cerevisiae* altera la fermentación ruminal y mejora la digestión del alimento (Allen y Ying, 2012). La idea de enriquecerlo con microminerales y vitamina E es para facilitar la absorción de minerales y otros metabolitos con el fin de incrementar la PL, así mismo reducir las enfermedades más frecuentes del periodo periparturiente. Algunos estudios han reportado beneficios potenciales de la suplementación de SCE con uno o varios microminerales o vitamina E (Bourne et al., 2007; Wang et al., 2009; Ibeagha et al., 2009; Ponce-Candelario, 2011). Wang et al. (2009) indicaron que la suplementación con SCE enriquecido con Se incrementó la PL al inicio de la lactancia, mejoró la fermentación ruminal y la digestibilidad del alimento.

El parto puede reducir la incidencia de REPL en vacas lecheras (Allison y Laven, 2000). Zinc, Mn, Cu y Co son requeridos en la formación de numerosas proteínas estructurales, enzimas, metabolismo de vitaminas, formación de tejido conectivo y activación del sistema inmune (NRC, 2001; Nocek et al., 2006; Siciliano-Jones et al., 2008). La adición de Cr a las dietas de vacas lecheras incrementa el consumo de materia seca (CMS), la PL (Smith et al., 2005) y reduce la REPL (Hayirli et al., 2001). En otro estudio, Khalili et al. (2011) indicaron que la complementación con Cr incrementó la PL y redujo la concentración de cortisol; dicha hormona tiene efectos directos con el estrés alrededor del parto. Sin embargo, pocos estudios han investigado el efecto de los probióticos en la reducción de enfermedades uterinas posparto como REPL o disfunciones metabólicas como CET. Con base en lo anterior, los objetivos del presente documento es discutir los conocimientos recientes de la complementación de *Bovi8W* previo al parto en el CMS posparto, PL y la incidencia en enfermedades uterinas como REPL y MET y trastornos metabólicos como CET en vacas Holstein–Friesian en el periodo periparturiente.

Efectos de Bovi 8 Ways en el consumo y la digestión de los alimentos

Bovi8W se adicionó en la dieta de la vaca lechera para mejorar el CMS, PL, reproducción y la salud. En varias publicaciones se ha encontrado que hay un incremento neto en el CMS por la adición de SCE sólo ó enriquecido como en *Bovi8W* (Ponce-Candelario, 2011; Lopez et al., 2013); sin embargo, los mecanismos de acción del *Bovi8W* no están claramente establecidos. La hipótesis que se aproxima a la explicación del incremento en el CMS incluye: 1) los efectos en la digestión de la fibra debido al incremento en número y actividad de las bacterias fibrolíticas. Uno de los factores principales que puede explicar el efecto benéfico del *Bovi8W* en las bacterias fibrolíticas es la capacidad del SCE para capturar oxígeno; 2) el estímulo en el crecimiento de bacterias consumidoras de lactato como *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*, lo que interfiere con la producción de bacterias generadoras de lactato como *Streptococcus bovis*; el balance entre poblaciones bacterianas permite estabilizar el pH ruminal, evitando la acumulación de ácido láctico y una marcada caída del pH ruminal postprandial, y 3) el incremento en la cantidad proteína microbiana que fluye al duodeno; debido a que SCE puede influir en el crecimiento y la actividad de las bacterias proteolíticas del rumen limitando su acción en las proteínas y péptidos y también por un efecto inhibitorio directo de péptidos pequeños de SCE en péptidasas específicas.

En un estudio realizado en el Establo '18 de Julio' en la Comarca Lagunera, México, Ponce-Candelario (2011) observó que las vacas que recibieron 10 ó 20 g por animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* mostraron un CMS similar con el grupo control, de la semana - 4 al parto, también conocido como periodo de reto (Cuadro 1). Sin embargo, del parto a la semana 11, el CMS fue 1.0 kg más alto para las vacas complementadas con 10 y 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W*. Resultados similares a los del presente estudio también fueron observados en otros. Robinson (1997) indicó que el CMS en el periodo de reto de 14 d, no fue diferente de las vacas que consumieron 56 g de SCE animal⁻¹ d⁻¹ con respecto al control. Sin embargo, en los

primeros 28 días postparto, el CMS fue superior para los animales que recibieron SCE con respecto al grupo testigo. La falta de respuesta en el periodo final, posiblemente, esté asociada con una reducción en el CMS del animal debido a los ajustes metabólicos propiciados por el feto y condiciones relacionadas con el parto. El periodo completo de prueba de la semana -4 al parto y de la 1 a la 15 de lactancia mostró que los animales complementados con 10 ó 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* tuvieron CMS 5.0% más altos que el control (Cuadro 1).

El efecto de la adición de la levadura a las dietas de las vacas es como estimulante del consumo. Muchos factores influyen en el consumo de alimento incluyendo palatabilidad, digestibilidad de la fibra, velocidad de flujo de la digesta y nivel de proteína. Las levaduras tienen un olor agradable y la habilidad para producir ácido glutámico que mejora el sabor de los alimentos complementados durante el periodo de estrés calórico, lo que potencialmente, puede mejorar el apetito por el alimento y de esa forma, incrementa el CMS después del parto y durante los meses más calientes del año.

Efectos de *Bovi 8Ways* en la respuesta en producción y calidad de la leche

La transición de la vaca lechera del secado, parto e inicio de la lactancia influye significativamente en la salud y la PL en la lactancia completa. Un manejo nutricional apropiado puede aliviar parte del estrés en ese tiempo mientras mejora la PL. En adición a esto, existe una demanda globalizada por incrementar la PL con insumos naturales, lo que permitió la aparición de probióticos y posteriormente, el surgimiento del *Bovi8W*. Este último es un alimento aditivo que además, de las particularidades discutidas anteriormente, incrementa el rendimiento lechero de las vacas. Dawson y Tricarico (2002) analizaron los resultados de 22 estudios con *Yea-Sacc®1026* (un aditivo natural conteniendo SCE metabólicamente activo), donde se involucraron más de 9,039 vacas lecheras; los resultados mostraron incrementos del 7.3% en PL de animales complementados. La respuesta a la complementación varió de 2 a 30%.

En un estudio realizado con 1,523 vacas en el periodo de transición en cinco explotaciones lecheras de la Comarca Lagunera, México, Lopez et al. (2013) observaron que los animales complementados con 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ con *Bovi8W*, durante los últimos 18 d antes de parto produjeron más leche que los tratados por 14, 21 y 28 d y el grupo control. En la segunda semana, los complementados por 18 d mostraron PL similar al control; después de la tercera semana, las vacas complementadas por 18 d produjeron 3.0 kg más de leche animal⁻¹ d⁻¹ durante las 12 semanas restantes del estudio. La respuesta en PL se explicó por un incremento en el CMS como respuesta de *Bovi8W* a la dieta (Cuadro 2). Los resultados obtenidos por Lopez et al. (2013) son similares a los observados por otros investigadores. Moallen et al. (2009) indicaron que la adición de 1.0 g de SCE (1.0 x 10⁶ UFC/g de levadura) por 4.0 kg de MS incrementó la PL en 4.0% en comparación con el grupo testigo (37.8 vs. 36.3 kg, respectivamente). Este incremento de 1.5 kg animal⁻¹ d⁻¹ se explicó por un aumento de 2.5% en el CMS comparado con el testigo (24.7 y 24.1 kg, respectivamente).

La respuesta mayor indicada por Lopez et al. (2013) de aproximadamente 10.0% comparado con el 4.0% observado en el estudio de Moallen et al. (2009) se explica por dos razones: 1) la proporción de SCE fue cuatro veces más alta que la usada por Moallen et al., y 2) la adición de Se, Zn, I, Co, Cr, Cu, Fe y Mn, y 50 UI/kg de vitamina E en el presente estudio. Desnoyers et al. (2009) revisaron los resultados de más de 150 estudios de vacas en periodo de transición complementadas con SCE y concluyeron que el incremento en la dosis de SCE aumenta el CMS (aproximadamente 0.44 g kg⁻¹PV), PL (1.2 g kg⁻¹PV) y una tendencia a incrementar la grasa de la leche en 0.05%.

Los resultados obtenidos por Lopez et al. (2013) son contradictorios con los observados por Ponce-Candelario (2011), quien indicó que la complementación con 10 ó 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* no afectó PL, PL kg⁻¹PV, PL kg/PV^{0.75} ni la eficiencia lechera comparados con el control (Cuadro 3). La producción de grasa disminuyó 27.0% con 10 g de *Bovi8W* respecto al control; por el contrario, la

grasaincrementó 30.0% cuando las vacas consumieron 20.0 g de *Bovi8W*. La producción de proteína incrementó lineal y positivamente por la inclusión de *Bovi8W*. La diferencia entre 20.0 g y el control fue aproximadamente 11.0%. Ponce-Candelario (2011) no observó efecto alguno en el contenido de lactosa, y el conteo de células somáticas; mientras que la concentración de urea en la leche tuvo un efecto cuadrático (Cuadro 4). Hippen et al. (2010) indicaron un incremento de 4.4% en la producción de proteína cuando se complementaron con 14 g/d de SCE sin la adición de microminerales y vitamina E como en el estudio de Ponce-Candelario, (2011).

En general, varios informes coinciden que la mayor PL como respuesta a la complementación con SCE fue acompañada por incrementos en el CMS (Stella et al., 2007; Nocek et al., 2011; Poppy et al., 2012). Sin embargo, otros investigadores reportaron poca o nula respuesta en PL (Soder y Holden, 1999; Alibrahim et al., 2010; Allen y Ying, 2012; Ferraretto et al., 2012) cuando se aumenta la dosis de SCE en las dietas. El aumento en PL por la adición de Zn, Mn, Co, Cu y vitamina E (50 UI/kg de MS) también fue observado en otros estudios. Siciliano-Jones et al. (2008) indicaron que la complementación a las vacas lecheras tres semanas antes del parto con 360.0, 200.0, 125.0 y 12.0 mg/kg de MS de Zn, Mn, Co y Cu, respectivamente, incrementa la PL (37.8 vs. 36.7 ± 0.5 kg/d), la energía de la leche (37.8 vs. 36.6 ± 0.5 kg/d) y la proteína (1.11 vs $1.06 \pm$ kg/d). El incremento en PL se explica por la mayor disponibilidad de microminerales y el exceso de vitamina E. Nocek et al. (2006) indicaron que Zn, Mn, Co y Cu tienen papeles importantes en la síntesis de proteínas, metabolismo de vitaminas, la formación de tejido conectivo, y la activación del sistema inmunológico (NRC, 2001), mientras que otros (Campbell et al., 1999; Uchida et al., 2001) no encontraron efectos de la complementación con los mismos minerales.

Otros minerales como Cr también influyen en la PL. Targhibi et al. (2012) indicaron que las vacas en transición complementadas con 8.0 mg Cr-Met animal⁻¹ d⁻¹, 21 d

antes y 21 d después del parto, incrementaron la PL (33.13 vs. 30.44 kg animal⁻¹ d⁻¹), proteína de la leche (1.12 vs. 1.02 kg animal⁻¹ d⁻¹) y lactosa (1.58 vs. 1.35 kg animal⁻¹ d⁻¹) en comparación con el grupo control. El incremento en PL se atribuyó al incremento en el CMS posparto; aparentemente, el incremento en el CMS aumenta significativamente la PL, esto reduce la movilización de reservas corporales (determinada por la reducción sanguínea de los ácidos grasos no esterificados) con la complementación de Cr(NRC, 2001); lo que permite una mayor disponibilidad de nutrimentos para síntesis de leche.

Efectos de Bovi 8 Ways en la activación del sistema inmune

Varios reportes (LeBlanc, 2008; Spears y Weiss, 2008; Hossein-Zadeh y Ardalan, 2011) indicaron que tanto REPL como MET están relacionadas con alteraciones en el sistema inmune durante el periodo de transición, que comprende tres semanas antes y tres semanas después del parto. Una forma eficiente de prevenir REPL y MET es estimulando el CMS durante el periodo de transición; lo que generó la necesidad de redoblar esfuerzos en investigación de productos nuevos en aras de mejorar el ambiente ruminal de la vaca. Los probióticos se generaron para cubrir esa necesidad y actualmente, se está investigado la asociación de probióticos con minerales y vitaminas. El *Bovi8W* se generó con la finalidad de mejorar la PL y la salud de la vaca en el periodo periparturiento

La hipótesis inicial fue que *Bovi8W* no solamente incrementa el rendimiento en leche sino también mejora el sistema inmunológico cuando se complementa a las vacas antes del parto. En el mismo estudio realizado con 1,523 vacas por Lopez et al. (2013) se observó que la complementación con 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* por 21 y 28 d redujo la incidencia de REPL y MET a menos del 1.0%, y no afectó significativamente la incidencia de KET (Cuadro 5). La respuesta en reducción de la incidencia puede estar potencialmente relacionada con dos hechos: primero, la pared celular de SCE contiene aproximadamente 35.0% de mananos-oligosacáridos y 30.0% de glucanos (Sato et al., 2003; Chen y Seviour, 2007), los

cuales están relacionados con la actividad del sistema inmune; y segundo, conforme los días de complementación del *Bovivivo* incrementan de 14 a 28, una mayor cantidad de minerales se acumulan en hígado y riñones de la vaca, y posteriormente, se ponen disponibles para cubrir las necesidades más apremiantes del animal en el inicio de la lactancia; y potencialmente, una parte de ellos se usan para combatir a los microorganismos relacionados con las infecciones del útero posparto (Abdelrahman y Kincaid, 1993).

Los resultados obtenidos por Lopez et al. (2013) fueron similares a los observados por Ibeagha et al. (2009) quienes indicaron que 0.5 mg/kg de MS de Se orgánico mejoró la actividad de los neutrófilos en las primeras semanas postparto. Sin embargo, la asimilación del Se orgánico en selenoproteínas, y sus efectos en las funciones de los neutrófilos y la inmunidad celular bovina requiere mayor investigación. *Bovivivo* solamente contiene Se, sino también contiene Zn, I, Co, Cr, Cu, Fe y Mn, y vitamina E.

Otros minerales como Co, Cu, Mn y Zn tienen funciones importantes en la salud de las vacas en transición. En un estudio con vacas de tres semanas antes del parto y 35 d después del parto, Siciliano-Jones et al. (2008) observaron que la alimentación con 360, 200, 125 y 12,0 mg/kg de MS de Zn, Mn, Cu y Co, respectivamente, provenientes de sulfato ó de forma orgánica redujeron la incidencia de úlceras de la pezuña y tendieron a reducir la dermatitis interdigital; en el mismo estudio se observó que la gravedad de la erosión del talón se redujo; lo que sugiere que Co, Cu, Mn, y Zn activan el sistema inmune. Una diferencia entre los estudios de Siciliano-Jones et al. (2008) y Lopez et al. (2013) fue la concentración de minerales utilizada; las dosis utilizadas por Siciliano-Jones et al. (2008) fueron cercana a dos veces el mínimo sugerido por el NRC (NRC, 2001), mientras que Lopez et al. (2013) utilizaron concentraciones más altas que las sugeridas por el NRC, y también se complementó con otros minerales contenidos en el *Bovivivo* como Se, Fe, Cr, I y Vitamina E (Cuadro 5).

Villalobos et al. (1997) indicaron que 3.5 mg Cr animal⁻¹ d⁻¹ redujo la incidencia de REPL de 56.0 a 16.0% en comparación con el grupo control cuando se adicionó a vacas en transición nueve semanas antes del parto. La reducción de la incidencia se atribuyó al Cr debido a su efecto en la reducción en la síntesis de cortisol en vacas con estrés alrededor del parto. El mismo estudio sugiere que la producción de cortisol puede estar correlacionada con alteraciones en la función de los neutrófilos en vacas con REPL.

Los resultados observados por Lopez et al. (2013) son contrarios con los observados por Formigoni et al. (2011), quienes indicaron que la complementación con 500 mg/kg de Cu, Zn, y Mn suministrado como sulfato y 500 mg/kg como complejos orgánicos no influyen en la incidencia de MET en vaquillas (23.1 vs. 37.3%; P = 0.16) y vacas adultas (17.8 vs. 17.9%; P = 0.86) comparados con el control, durante el periodo seco. Además, no se observaron efectos de la complementación en la incidencia de REPL en vaquillas (9.6% vs. 10.2; P = 0.83) ó vacas adultas (18.9 vs. 22.2; P = 0.71) comparadas con el control.

Conclusiones

La complementación con 10.0 ó 15.0 g animal d *de BovisW* tres ó cuatro semanas antes de parto incrementan la producción de leche en 3.0 kg por animal⁻¹ d⁻¹ durante las primeras 15 semanas de lactancia.

La adición de 15 g animal⁻¹ d⁻¹ de *BovisW* durante las últimas semanas de gestación redujo la incidencia de retenciones placentarias y metritis en el posparto.

Referencias

- Abdelrahman, M. M., and R. L. Kincaid. 1993. Deposition of Copper, Manganese, Zinc and Selenium on bovine fetal tissue at different stages of gestation. J. Dairy Sci. 76:3588-3593.
- Allbrahim, R. M., M. A. Crowe, P. Duffy, L. O'Grady, M. E. Beltman, and F. J. Mulligan. 2010. The effect of body condition at calving and supplementation of *Saccharomyces cerevisiae* on energy status and some

reproductive parameters in early lactation dairy cows. Anim. Rep. Sci. 121: 63-71.

- Allison, R. D., and R. A. Laven. 2000. Effect on vitamin E supplementation on the health and fertility of dairy cows. Vet. Rec. 147(25): 703-708.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. J. Anim. Sci. 73:2804-2819.
- Allen, M. S., and Y. Ying. 2012. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal starch digestion are dependent upon dry matter intake for lactating cows. J. Dairy Sci. 95: 6591-6605.
- Campbell, M. H., and J. K. Miller. 1999. Effect of supplemental dietary vitamin E and Zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed in excess iron. J. Dairy Sci. 81:2693-2699.
- Bourne, N., D. C. Wathes, M. R. McGowan, and R. Laven. 2007. A comparison of the effects of parenteral and oral administration of supplementary vitamin E on plasma vitamin E concentrations in dairy cows at different stages of lactation. Livest. Sci. 106:57-64.
- Dawson, K. A., and J. Tricarico. 2002. The evolution of yeast cultures-20 years of research. Proceedings of the 16 Annual Alltech's European Middle Eastern and African Lecture Tour. October 20, 2011. Altech, UK. Pp. 26-43.
- Desnoyers, R., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Porter, and D. Sauvant. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. J. Dairy Sci. 92:1620-1632.
- Ferreratto, L. F., R. D. Shaver, and S. J. Bertics. 2012. Effect of dietary supplementation with live-cell yeast at two dosages on lactation performance, ruminal fermentation, and total-tract nutrients digestibility in dairy cows. J. Dairy Sci. 95:4014-4025.
- Formigoni, A., M. Fustini, L. Archetti, S. Emanuelle, C. Sniffen, and G. Biagi. 2011. Effects of an inorganic source of copper, manganese, and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility. Anim. Feed Sci. Techn. 164:191-198.

- Garnsworthy, P. C., and J. H. Topps. 1982. The effect of body condition of dairy cows at calving on their feed intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35:113-119.
- Hayirli, A., D. R. Bremmer, S. J. Bertics, M. T. Socha, and R. R. Grummer. 2001. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1218-1230.
- Hippen, A. R., D. J. Shingoethe, K. F. Kalcheur, P. L. Lincke, D. R. Rennich and M. M. Abdelgader. 2010. *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products in dairy cow diets containing dried distiller's grain plus soluble. *J. Dairy Sci.* 93:2661-2669.
- Houssein-Zadeh, N., and M. Ardalan. 2011. Cow-specific risk factors for retained placenta, metritis and clinical mastitis in Holstein cows. *Vet. Res. Commun.* 35:345-354.
- Ibeagha, A. E., E. M. Ibeagha-Awemu, E. M., J. Mehrzad, B. Baurhoo, P. Kgwatala, and X. Zhao. 2009. The effect of selenium sources and supplementation on neutrophil functions in dairy cows. *Animal.* 7:1037-1043.
- Litherland, N. B., H. M. Dann, and J. K. Drackley. 2011. Prepartum nutrient intake alters palmitate metabolism by liver slices from periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94:1928-1940.
- Khalili, M., A. D. Foroozandeh, and M. Toghyani. 2011. Lactation performance and serum biochemistry of dairy cows fed supplemental chromium in the transition period. *African J. Biotech.* 10:10304-10310.
- Ingvarlsen, L. K., and J. B. Andersen. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83:1575-1597.
- LeBlanc, S. J. 2008. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: A review. *Vet. J.* 176:102-114.
- Lopez, O. R., A. Vite-Aranda, A. Ruiz-Flores, S. Soto-Navarro, I. Tovar-Luna, J. De D. Roldan-Montiel. 2013. Effect of *Boviviprepartum* on milk production and health of dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* (In revision).

- Moallen, U., H. Lehrer, L. Livshitz, M. Zaunut, and S. Yakoby. 2009. The effects of yeast live supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency and digestibility. *J. Dairy Sci.* 92:343-351.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrients Requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed. National Academy Press. Washington, D. C. 381 pp.
- Nocek, E. J., M. G. Holt, and J. Oppy. 2011. Effect of supplementation with yeast culture enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94:4046-4056.
- Nocek, E. J., M. T. Socha, and D. J. Tomlinson. 2006. The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:2679-2693.
- Poppy, G. P., A. R. Rabiee, I. J. Lean, W. K. Sanchez, K. L. Dorton, and P. S. Morley. 2012. A meta-analysis of the effects yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:6026-6041.
- Robinson, P. H. 1997. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to diets postpartum. *J. Dairy Sci.* 80:1119-1125.
- Ponce-Candelario, I. 2011. Efecto del *Saccharomyces cerevisiae* en la producción y calidad de la leche de vacas Holstein-Friesian en condiciones de estrés calórico. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 69 p.
- Sato, M., H. Sano, D. Iwaki, K. Kudo, M. Konishi, H. Takahashi, H. Imaizumi, Y. Asai, and Y. Kuroki. 2003. Direct binding of Toll-like a receptor 2 to zymosan, and zymosan-induced NF-kappa B activation and TNF- α secretion are down regulated by lung collecting surfactant protein A. *J. Immunology.* 171:417-425.
- Siciliano-Jones, J. L., M. T. Socha, D. J. Tomlinson, and J. M. Defrain. 2008. Effect of trace mineral on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:1982-1995.
- Smith, K. L., M. R. Waldron, J. K. Drackley, M. T. Socha, and T. R. Overton. 2005. Performance of dairy cows as affected by prepartum dietary

carbohydrate source and supplementation with chromium throughout the transition period. J. Dairy Sci. 88:255-263.

- Spears, W. J., and W. P. Weiss. 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. Vet. J. 176:70-76.
- Stella, A. V., R. Paratte, L. Valnegri, G. Cigalino, G. Soncini, E. Chavaux, V. Dell'Orto, and G. Savoini. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces* on milk production, milk composition, blood metabolites, in fecal flora in early lactation dairy goats. Small Rumin. Res. 67:7-13.
- Soder, K. J., and L. A. Holden. 1999. Dry matter intake and milk yield composition of cows fed yeast prepartum and postpartum. J. Dairy Sci. 82:605-610.
- Targhibi, M. R., H. KaramiShabankareh, and F. Kafilzadeh. 2012. Effects of supplemental chromium on lactation and some blood parameters of dairy cows in late gestation and early lactation. Asian J. Anim. Vet. Adv. 7:1205-1211.
- Uchida, K. C., P. Mandebvu, C. S. Ballard, C. J. Sniffen, and M. P. Carter. 2001. Effect of feeding a combination of zinc, manganese, and copper amino complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 93:193-203.
- Villalobos-F., J. A., C. Romero-R., M. R. Tarrago-C., and A. Rosado. 1997. Supplementation with chromium picolinate reduces the incidence of placental retention in dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 77:329-330.
- Wang, C., Q. Liu, W. Z. Yang, Q. Dong, X. M. Yang, D. C. He, P. Zhang, K. H. Dong, and Y. X. Hung. 2009. Effect of selenium yeast on rumen fermentation, lactation performance and feed digestibility in lactating dairy cows. Livest. Sci. 126:239-244.
- Wathes, D. C., N. Bourne, Z. Chen, G. E. Mann, V. J. Taylor, and M. P. Coffey. 2007a. Multiple correlation analyses of metabolic and endocrine profiles with fertility in primiparous and multiparous cows. J. Dairy Sci. 90:1310-1325.

- Wathes, D. C., M. Fenwick, Z. Cheng, N. Bourne, S. Llewelyn, D. G. Morris, D. Kenny, J. Murphy, R. Fitzpatrick. 2007b. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cows. *Theriogenology*. 68:S232-S241.

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados (\pm EE) de consumo de materia seca en diferentes periodos y transición completa de vacas alimentadas con dietas completas y suplementadas con 10 y 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* durante 19 semanas

Semanas con relación a parto	Tratamientos			<i>P</i> ³
	Dieta completa ¹	Dieta completa mas 10 g de <i>Bovi8W</i> ²	Dieta completa mas 20 g de <i>Bovi8W</i>	
-----CMS, kg-----				
-4 a 0 ⁴	13.99 ^a ± 0.65	13.54 ^a ± 0.51	12.85 ^a ± 0.56	0.261
0 a 11	17.85 ^a ± 0.33	18.80 ^b ± 0.33	18.86 ^b ± 0.32	0.028
11 a 15	22.22 ^a ± 0.47	21.46 ^a ± 0.49	21.22 ^a ± 0.49	0.775
-4 a 15	16.66 ^a ± 0.46	17.37 ^b ± 0.46	17.48 ^b ± 0.45	0.010

¹Proporción forraje: concentrado, 60:40%.

²*Saccharomyces cerevisiae* +Se, Zn, I, Co, Cr, Cu, Mn, Fe y Vitamina E.

³P = probabilidad.

⁴Medias de mínimos cuadrados en el mismo renglón con diferente literal indica diferencia significativa

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados para producción de leche de vacas Holstein-Friesian suplementadas con 0.0 ó 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ de Bovi 8 Ways en las últimas semanas del periodo seco

Variable	Control ¹	<i>Bovi8W</i>	<i>Bovi8W</i>	<i>Bovi8W</i>	<i>Bovi8W</i>	SEM	<i>Probabilidad</i>		
		-14d	-18d	-21d	-28d		Trt	Seman a	Trt X Semana
Semana 1, (n=1262) ²	27.76 ^a	24.96 ^b	27.51 ^a	20.97 ^c	22.51 ^c	0.54	< 0.00	< 0.00	< 0.00
Semana 2, (n=1323)	31.96 ^b	31.96 ^b	34.28 ^a	27.76 ^c	24.95 ^c	0.49	< 0.00	< 0.00	< 0.00
Semana 3, (n=1233)	37.76 ^a	35.19 ^b	36.63 ^a	33.30 ^c	29.62 ^c	0.52	< 0.00	< 0.00	< 0.00
Semana 4, (n=1233)	35.76 ^b	36.79 ^b	38.81 ^a	39.80 ^a	36.58 ^b	0.49	< 0.00	< 0.00	< 0.00
Semana 5, (n=1233)	37.61 ^b	38.92 ^b	39.70 ^a	39.20 ^a	37.70 ^b	0.44	< 0.01	< 0.00	< 0.05
Semana 6, (n=866)	38.40 ^b	40.58 ^a	41.34 ^a	38.31 ^b	38.29 ^b	0.74	< 0.00	< 0.00	< 0.05
Semana 1 - 15,(n=1323)	35.38 ^b	37.50 ^a	37.16 ^a	38.47 ^a	37.11 ^{ab}	0.50	< 0.05	< 0.00	< 0.05

¹Control, 0.0 g por animal⁻¹ d⁻¹ de Bovi8W; Bovi8W-14d, 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ durante 14 d; Bovi8W-18d, 15.0 g durante 18 d; Bovi8W-21d, 15.0 g durante 21 d; Bovi8W-28d, 15.0 g durante 28 d. ²n = número de observaciones. ^{abc}Medias de mínimos cuadrados en el mismo renglón con diferente literal indica diferencia significativa.

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados (\pm EE) eficiencia y producción de grasa, proteína y leche de vacas alimentadas con dietas completas y complementadas con 10 y 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* durante 19 semanas.

Variable	Tratamientos			<i>P</i> ³
	Dieta completa ¹	Dieta completa mas 10 g de <i>Bovi8W</i> ²	Dieta completa mas 20 g de <i>Bovi8W</i>	
Producción de grasa, kg/d	1.07 ^a \pm 0.07	0.78 ^b \pm 0.09	1.12 ^a \pm 0.082	0.003
Producción de proteína, kg/d	1.06 ^a \pm 0.04	1.09 ^a \pm 0.05	1.19 ^b \pm 0.05	0.044
Leche, g/kg de PV/d	50.33 ^a \pm 2.70	57.56 ^a \pm 2.73	52.74 ^a \pm 2.75	0.168
Leche, kg/d	36.93 ^a \pm 1.58	37.66 ^a \pm 1.59	38.68 ^a \pm 1.59	0.541
Leche, kg/kg de PV ^{0.75} /d	0.26 ^a \pm 0.02	0.28 ^a \pm 0.02	0.27 ^a \pm 0.02	0.340
Eficiencia, kg de leche/ kg de CMS	2.02 ^a \pm 0.09	2.01 ^a \pm 0.09	2.07 ^a \pm 0.09	0.985

¹Forraje: concentrado, 60:40%

²*Saccharomyces cerevisiae* + Se, Zn, I, Co, Cr, Cu, Mn, Fe y Vitamina E.

³p = probabilidad.

^{ab}Medias de mínimos cuadrados en el mismo renglón con diferente literal indica diferencia significativa.

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados (\pm EE) para componentes de la leche de vacas alimentadas con dietas completas y complementadas con 10 y 20 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* durante 19 semanas.

Componente	Tratamientos			<i>P</i> ³
	Dieta completa ¹	Dieta completa mas 10 g de <i>Bovi8W</i> ²	Dieta completa mas 20 g de <i>Bovi8W</i>	
Grasa, % ⁴	2.98 ^a \pm 0.16	2.39 ^b \pm 0.19	2.42 ^b \pm 0.18	0.005
Proteína, %	2.94 ^a \pm 0.08	2.97 ^a \pm 0.08	2.81 ^b \pm 0.08	0.012
Lactosa, %	4.89 ^a \pm 0.05	4.92 ^a \pm 0.05	4.85 ^a \pm 0.05	0.997
Sólidos totales, %	11.75 ^a \pm 0.22	11.36 ^a \pm 0.26	10.71 ^b \pm 0.25	0.002
Sólidos no grasos, %	8.71 ^a \pm 0.10	8.73 ^a \pm 0.11	8.41 ^b \pm 0.11	0.011
Urea, mg/dl	7.53 ^a \pm 0.88	11.96 ^b \pm 1.22	8.14 ^a \pm 0.97	0.015
	157.56 ^a \pm		246.95 ^a \pm	
CCS, X 1000	220.77	736.36 ^a \pm 280.72	263.54	0.645

¹Forraje: concentrado, 60:40%

²*Saccharomyces cerevisiae* + Se, Zn, I, Co, Cr, Cu, Mn, Fe y Vitamina E.

³*p* = probabilidad.

^{abc} Medias de mínimos cuadrados en el mismo renglón con diferente literal indica diferencia significativa.

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados (MMC), error estándar (EE) y probabilidad

Item	Retención de Placenta			Metritis			Cetosis		
		(%)			(%)			(%)	
Tratamiento	MMC	EE	<i>P</i>	MMC	EE	<i>P</i>	MMC	EE	<i>P</i>
Control ¹	0.91 ^{bc}	0.03	< 0.00	0.95 ^b	0.02	< 0.12	0.87	0.04	< 0.18
<i>Bovi8W</i> -14d	0.97 ^a	0.01		0.98 ^a	0.01		0.92	0.03	
<i>Bovi8W</i> -18d	0.95 ^{ab}	0.02		0.96 ^{ab}	0.01		0.92	0.02	
<i>Bovi8W</i> -21d	0.88 ^c	0.04		0.93 ^b	0.03		0.93	0.03	
<i>Bovi8W</i> -28d	0.93 ^{abc}	0.03		0.96 ^{ab}	0.03		0.91	0.05	

(*P*) de incidencia de retención de placenta, metritis y cetosis subclínica en vacas Holstein-Friesian (n = 1,323) complementadas con 0.0 o 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W* conforme se acercaban al parto.

¹Control, 0.0 g por animal⁻¹ d⁻¹ de *Bovi8W*; *Bovi8W*-14d, 15.0 g animal⁻¹ d⁻¹ durante 14 d; *Bovi8W*-18d, 15.0 g durante 18 d; *Bovi8W*-21d, 15.0 g durante 21 d; *Bovi8W*-28d, 15.0 g durante 28 d.²n = número de observaciones.

^{abc}Medias de mínimos cuadrados en la misma columna con diferente literal indica diferencia significativa.