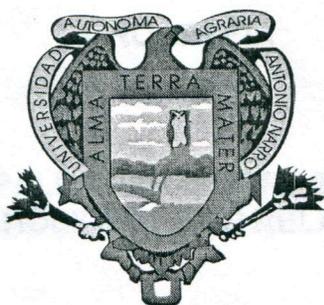


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**“REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS
METABÓLICOS DURANTE EL PERIPARTO DE VACAS
HOLSTEIN Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIDAD”**

POR:

LUIS ALBERTO GALLARDO BALDERAS

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAH., MÉXICO

OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

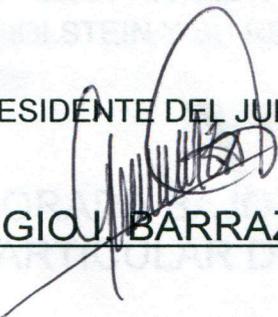
División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFÍA

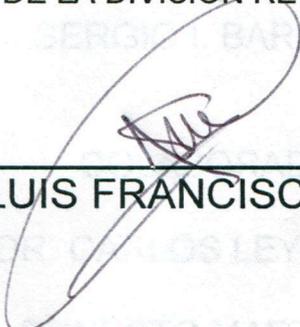
REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS METABÓLICOS DURANTE
EL PERIPARTO DE VACAS HOLSTEIN Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIDAD

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE REVISIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO


MC. SERGIO BARRAZA ARAIZA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA



COORDINACIÓN DE LA DIVISION
REGIONAL
CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAH., MÉXICO

OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFÍA

LUIS ALBERTO GALLARDO BALDERAS

"REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS METABÓLICOS DURANTE
EL PERIPARTO DE VACAS HOLSTEIN Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIDAD"

MONOGRAFÍA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL
COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:

MC. SERGIO I. BARRAZA ARAIZA

COLABORADORES

DR. CARLOS LEYVA ORASMA

M.C. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA

TORREÓN, COAH., MÉXICO

OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFÍA

PRESENTADA POR:

LUIS ALBERTO GALLARDO BALDERAS

**“REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS METABÓLICOS
DURANTE EL PERIPARTO DE VACAS HOLSTEIN Y SU RELACIÓN
CON LA FERTILIDAD”**

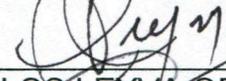
MONOGRAFÍA ELABORADA BOJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ
PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

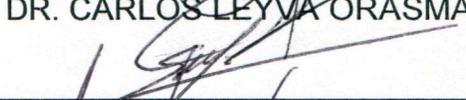
PRESIDENTE:


MC. SERGIO T. BARRAZA ARAIZA

VOCAL


DR. CARLOS LEYVA ORASMA

VOCAL


M.C. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA

VOCAL SUPLENTE:


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

AGRADECIMIENTOS

A LA U.A.A.A.N. U.L. POR HABERME DADO EL MAYOR TESORO PARA PODER COMPETIR EN LA VIDA "EDUCACIÓN"

AL MC. SERGIO I. BARRAZA ARAIZA POR LAS FACILIDADES Y LA AYUDA QUE ME DIO PARA PODER REALIZAR ESTE TRABAJO YA QUE SIN EL NO LO HUBIESE REALIZADO

A MIS COMPAÑEROS DEL GRUPO "LA BANDA DEL E" QUIENES ME ACOMPAÑARON EN LO LARGO DE MI CARRERA MVZ. Y SIEMPRE ESTUVIERON CUANDO LOS NECESITE.

AL DR. CARLOS LEYVA ORASMA Y AL MC. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA POR HABER COLABORADO EN ESTE TRABAJO.

DEDICATORIAS

A MI QUERIDA ESPOSA SONIA POR TODO EL AMOR Y CARIÑO QUE SIEMPRE ME HA DADO ADEMÁS DE LA COMPRENSIÓN Y EL APOYO QUE RECIBO DE SU PARTE, TE DEDICO ESTE TRABAJO COMO UN LOGRO MAS PARA NUESTRO FUTURO.

A MI MADRE QUE SIN SU APOYO JAMÁS HUBIESE TERMINADO MIS ESTUDIOS, QUE ESTANDO LEJOS DE TI HE APRENDIDO A VALORAR MAS LAS COSAS QUE HACES POR MI, Y ME HE DADO CUENTA QUE ERES LA MEJOR DE LAS MADRES, TAMBIÉN APRENDÍ A QUERERTE MAS.

A MI PADRE POR SER EL HOMBRE INCANSABLE PARA QUE SUS HIJOS TENGAN BIENESTAR Y SALUD, ADEMÁS DE SER LA CABEZA DE LA FAMILIA Y SIEMPRE NOS RESPALDAMOS DE TI TU QUIEN SIEMPRE TIENES SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS O SI NO LAS SOLUCIONES LAS INVENTAS

A MIS HIJAS LAILA JERELYN Y CRUZ HELLEN QUE POR ESTAR BUSCANDO UN FUTURO ESTUDIANDO ME ALEJE DE USTEDES Y LAS AMO POR SOBRE TODAS LAS COSAS.

A MIS HERMANOS QUE SIEMPRE ME APOYARON CUANDO LOS NECESITE Y ME DABAN CONSEJOS PARA SALIR ADELANTE Y PONER MAS ENTUSIASMO DE MI PARTE.

A LA MEMORIA DE MI ABUELITA CRUZ FLORES ÁVILA QUIEN SIEMPRE ME QUISO MUCHO EN VIDA, CONOCIÓ A MI HIJA LAILA DESCANSE EN PAZ.

A MI ABUELO WUENCESLAO QUIEN FUE LA PERSONA QUE LE DIO EL ESTUDIO A MI PAPÁ PARA QUE NOSOTROS PUDIÉRAMOS TENER UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA A LA QUE EL TUVO, TE QUIERO ABUELO.

Resumen

En las vacas, la fertilidad es crucial para la mejora genética de un hato y el reemplazo voluntario de las vacas. El deterioro de la fertilidad tiene un origen multifactorial, los factores que están relacionados con la disminución de la fertilidad son por ejemplo: manejo inadecuado, que lleva a una disminución en la detección del estro, también podría relacionarse un menor tiempo utilizado por vaca debido a la intensificación de la producción, el uso de toros sub fértiles, la inseminación demasiado temprana después del parto que lleva a menos ciclos previos a la primera inseminación de la vaca, a la ausencia de estros que incrementa a la actividad sexual por grupos, la composición de edad del hato, el estado de salud general de las vacas, y las condiciones de alojamiento de las vacas.

Otro factor, no totalmente separado de los ya mencionados anteriormente, es la presencia de cambios metabólicos en el parto y a la lactancia temprana, durante este período las vacas dependen de su condición corporal, ya que esta está ligada a las posibles enfermedades clínicas o subclínicas que afectan a la fertilidad, así tenemos que una vaca gorda (4.0) al parto tiene más posibilidades de sufrir problemas metabólicos que afectan la fertilidad, que una vaca con condición corporal óptima (3.5).

INDICE.

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 2 |
| 2. Objetivos..... | 3 |
| 3. Revisión de literatura..... | 4 |
| 3.1 Condición corporal..... | 4 |
| 3.1.1. Lipidosis hepática..... | 14 |
| 3.2.1. La regulación de gonadotropinas..... | 25 |
| 3.2.2. Rol de la insulina e IGF-I en la función ovárica..... | 27 |
| 3.2.3. Papel de las hormonas tiroideas..... | 30 |
| 3.3. Los efectos en la calidad del ovocito y del cuerpo lúteo en la fertilidad..... | 31 |
| 3.3.1. El papel de IGF-I en la calidad del ovocito..... | 31 |
| 3.3.2. El papel de la urea y el amoníaco en la reproducción..... | 33 |
| 3.3.3. El papel de los ácidos grasos no-esterificados (NEFA) en la reproducción..... | 35 |
| 4. Expectativas para el futuro en la investigación..... | 36 |
| 5. Conclusiones..... | 38 |
| Glosario de abreviaturas..... | 39 |
| Bibliografía Citada..... | 40 |

1. Introducción.

En la industria lechera, la fertilidad es crucial para la mejora genética de un hato y el reemplazo voluntario y no voluntario de las vacas. Por consiguiente, productores e investigadores han prestado mucha atención a la disminución de la fertilidad en las vacas lecheras (81, 100). El deterioro de la fertilidad tiene un origen multifactorial. Los factores con que está relacionada la disminución de la fertilidad son por ejemplo, manejo inadecuado que lleva a una disminución en la detección del estro (4, 15, 49, 50, 81) también podría relacionarse con un inadecuado sistema de identificación y registros productivos (65), un menor tiempo utilizado por vaca debido a la intensificación de la producción (80), el uso de semen de toros sub fértiles (50, 75), la inseminación demasiado temprano después del parto que lleva a menos ciclos previos a la primera inseminación de la vaca (49, 98), la ausencia de estros que incrementen la actividad sexual por grupos (38), la composición de edad del hato (31), el estado de salud general de la vaca (15, 80, 92), y las condiciones de alojamiento de las vacas (1, 65).

Otro factor, no necesariamente separado completamente de los ya mencionados anteriormente, es la presencia de cambios metabólicos comprensibles en el periparto y en la lactación temprana. Estos cambios metabólicos, originados por la diferencia entre, el ingreso y los requerimientos de energía, frecuentemente llamado balance energético negativo (NEB, por sus siglas en inglés), requieren una considerable capacidad fisiológica de adaptación de la vaca. Los cambios metabólicos y el NEB como a tal, pueden tener repercusiones en la fertilidad subsiguiente (92).

Se han publicado diversos estudios epidemiológicos sobre este asunto. En uno de estos estudios fue encontrada una relación entre la magnitud del NEB calculado y el tiempo entre el parto y la primera ovulación (49). En otros estudios, las

cantidades del triacilglicerol (triglicéridos) en el hígado fueron asociadas con el tiempo al primer celo y el tiempo a la concepción (2, 23, 49, 75, 101) y la mayor pérdida en la tasa de condición corporal (BCS) en el primer mes posparto fue asociada con una menor probabilidad a la concepción (4). No hay evidencia clara que indique que la alta producción de leche como tal tiene un efecto importante sobre la concepción (43, 67, 76). Además, se ha sugerido que una menor frecuencia en los pulsos de LH en vacas que enfrentan una gran diferencia entre el consumo y los requerimientos de energía, puede ser responsable de un retraso en el inicio de la actividad ovárica y que los ácidos grasos no esterificados pueden tener un efecto perjudicial entre otros aspectos, sobre el inicio de la actividad ovárica (51, 67, 102).

2. Objetivos.

Analizar el estado actual de la investigación relacionada a las adaptaciones metabólicas hepáticas que ocurren en las vacas lecheras altas productoras en el período periparto con el propósito de comprender y mejorar la eficiencia de los procesos metabólicos que ocurren en el hígado para abastecer las necesidades de energía que demanda la vaca alta producción de leche.

Dar a conocer la importancia que tienen algunos de los parámetros metabólicos sobre la fertilidad de las vacas, además de dar a conocer la información suficiente para que haya un mejor conocimiento sobre cómo enfrentar este tipo de problemas.

Revisar los principales parámetros metabólicos como condición corporal, lipidosis hepática, ciclicidad de las vacas, regulación de las gonadotropinas IGF-1 en función ovárica, el papel de las hormonas tiroideas.

Con este trabajo se pretende revisar como afecta la alta concentración de los ácidos grasos no esterificados (NEFA) la urea y el amoniaco a la fertilidad de las vacas productoras de leche.

3. Revisión de literatura

3.1 Condición corporal.

Se sabe que en el bovino existe relación entre la reproducción y el estado nutricional (6, 27, 28, 30, 74), siendo la mala nutrición la mayor limitante en los sistemas de producción bovina de las regiones de clima tropical. El estado o balance nutricional del animal, apreciado con base en la condición corporal, refleja las reservas, el consumo y los requerimientos de nutrientes para el metabolismo básico, crecimiento, lactación y actividad, al igual que la grasa corporal indica la cantidad de energía almacenada (25).

Para mantener la salud, la función reproductora y la capacidad productora, una hembra debe tener cantidades adecuadas de reservas corporales, particularmente si es una vaca productora de leche (25). La tasa de síntesis o degradación de proteína muscular puede variar en respuesta a cambios en el estado nutricional y endocrino que la vaca experimenta en el posparto, y la pérdida de proteína muscular durante la lactancia se ha reportado en algunos, pero no en todos los casos. Aunque no se conoce la máxima cantidad de grasa que una vaca puede perder sin afectar sus funciones vitales básicas, sí se presentan graves limitaciones cuando hay pérdida de reservas de proteínas (25% de la proteína corporal en una vaca lactante) (6).

Así, la cantidad de proteína muscular perdida en la vaca puede ser, fuente importante de información sobre su estatus metabólico (30, 104).

La evaluación de la condición corporal es una forma efectiva de medir subjetivamente, mediante la vista y el tacto, la cantidad de energía metabolizable almacenada como grasa subcutánea y músculo en un animal vivo (25, 41). En bovinos, la técnica de evaluación de la condición corporal, inicialmente adaptada para ganado productor de carne, se utiliza también en ganado lechero, e implica la palpación de los huesos dorsales y los procesos lumbares, sintiendo su agudeza y

recubrimiento de músculo y grasa, colocando a los animales en una escala de 1 (emaciado) a 5 puntos (obeso), con cuartos o medios puntos intermedios (25). Sin embargo, por cuestiones prácticas y en casos en los que no es posible palpar la piel y costillares del ganado, la evaluación se realiza de manera visual.

A pesar de las diferencias existentes entre el ganado de las zonas templadas, para el cual fue ideada esta técnica, con el de las zonas tropicales, se utilizan las mismas escalas de clasificación en ambos con resultados comparables (57).

Diversos autores recomiendan la evaluación de la condición corporal por ser ésta el reflejo del estado nutricional del animal (28, 86, 6), tanto en vacas de razas productoras de carne (63), como lecheras (25) en las cuales ha sido ampliamente recomendada como método de evaluación de su manejo nutricional (35). Por un lado, cuando las vacas tienen bajas reservas corporales es mayor la probabilidad de que presenten enfermedades, desórdenes metabólicos, fallas reproductivas y reducción en la producción de leche; en el caso de las vaquillas, éstas requieren una mayor edad al primer servicio (25). Por otro lado, las vacas con reservas excesivas de grasa al momento del parto están en mayor riesgo de tener menor producción de leche y aumento en problemas de salud y reproductivos, como distocias e hígado graso posparto (síndrome de la vaca gorda); las vaquillas con excesiva condición corporal presentan dificultad para quedar gestantes y desórdenes en el desarrollo de la glándula mamaria que resultan en una vida productiva pobre (34), sin embargo, encontrar vacas con excesiva condición corporal es poco probable en vacas lecheras altas productoras (22), así como en vacas cebú y de doble propósito de las regiones tropicales, cuya alimentación se basa únicamente en pastoreo (57). En los últimos años, diversos estudios han señalado los efectos de la condición corporal al parto y de los cambios en ésta a lo largo de la lactación sobre la salud y la fertilidad en vacas lecheras altas productoras (34, 77, 78, 96). En estos y otros estudios (40, 53) la proporción de vacas con condición corporal excesiva al parto fue menor al 10%. Se ha reportado una relación inversa entre el balance de energía y el tiempo transcurrido hasta la

reanudación de la actividad ovárica posparto (16, 20, 85). A este respecto, la falta de ingestión de nutrientes resulta en pérdida de peso y condición corporal, disminución de la actividad lútea y cese de los ciclos estrales (11, 68). Dado que el estado nutricional durante el pre y posparto influye en el subsiguiente rendimiento reproductivo, si durante la gestación o la lactación: se presenta inadecuado consumo de nutrientes, especialmente proteína y energía, el resultado es baja condición corporal al parto y mayor duración del período interparto (47), ya que el intervalo parto - primera ovulación es el que se ve más afectado, disminuyendo así la posibilidad de tener un alto porcentaje de vacas ciclando durante el empadre, pues se ha observado que la mala alimentación durante el posparto aumenta la proporción de vacas que permanecen en anestro, lo que no sucede cuando las vacas paren en buena condición corporal (72). Las vacas alimentadas solamente con pasto tienen mayor probabilidad de ser anéstricas (55, 73), y la mala nutrición puede inducir tal condición, especialmente en razas *Bos indicus* (70). En ganado productor de carne, durante el posparto temprano existe supresión de la ciclicidad ovárica, que se agrava si la hembra tiene una pobre condición corporal. El déficit de energía durante el crecimiento y los períodos pre y posparto inhibe la aparición del estro y reduce la fertilidad de las hembras que lo presentan, pues cuando existe balance energético negativo, el crecimiento y la maduración folicular son inconsistentes, reflejándose en una pobre expresión del estro y en deficientes resultados en programas de sincronización. Después del parto, las vacas lecheras experimentan un lento aumento en el consumo de materia seca, un rápido incremento en la producción de leche y un aumento en la movilización de tejido adiposo (34, 58, 93). Así, durante la lactancia temprana, la mayoría de las vacas lecheras no son capaces de satisfacer sus requerimientos de energía para el crecimiento, mantenimiento y producción de leche, estando en un balance energético negativo previo al pico de producción (58), y este balance energético negativo tiene un efecto negativo sobre la fertilidad (20). Por lo tanto, en este período el nivel nutricional resulta de gran importancia, pues es entonces cuando la vaca pierde más peso dado que utiliza sus reservas corporales de grasa para la producción de leche, disminuyendo progresivamente su condición corporal y

conduciendo a un retraso en el reinicio de la actividad ovárica posparto (31, 36), ya que la vaca da prioridad a la producción de leche y no al establecimiento y mantenimiento de los ciclos estrales (33). Por tanto, las vacas con baja producción láctea pierden menos condición corporal que las altas productoras (31). Se han encontrado relaciones positivas entre el intervalo del parto a la primera ovulación y la magnitud del balance energético negativo, y entre el intervalo del parto al balance de energía mínimo (nadir) (10, 16, 17, 18, 104). Encontraron un efecto negativo del déficit de energía sobre la ovulación en vacas lecheras al inicio de su primera lactancia (85). Con esto, es de esperarse un retraso en el intervalo parto - primera ovulación en vacas que experimentan déficit de energía total más prolongada al inicio de la lactancia o un balance energético negativo de mayor duración (20).

En diversos estudios realizados en vacas lecheras (10, 15, 16, 17, 85), un patrón general de balance energético durante la lactancia empezó con valores inferiores a cero, disminuyó a un mínimo la primera a segunda semana de lactancia y a partir de entonces aumentó de forma fija hasta llegar a un máximo, después del cual empezó un ligero decremento. En promedio, el 80% de las vacas experimentan balance energético negativo al inicio de la lactancia, porque las demandas de energía para la producción de leche no son satisfechas por la dieta (16, 34, 58, 93). Cada vaca responde al balance energético negativo mediante diferentes combinaciones de consumo de alimento, movilización de tejido adiposo y disminución en la producción de leche (16, 58). Las vacas con condición corporal baja aumentan su consumo de materia seca más rápido y logran un balance energético positivo antes que las de condición alta (58).

Estudios realizados sugieren que la relación entre la condición corporal al parto y la producción de leche varía, y que vacas con condición corporal alta al parto generalmente pierden más condición corporal durante la lactancia, lo que podría influir negativamente sobre la producción láctea (86). A este respecto, demostraron que vacas con condición corporal parto (3.5 en escala de 1 a 5) no

perdieron condición corporal durante el inicio de la lactancia, y que vacas con condición corporal moderada (3.0) perdieron condición hasta el segundo mes posparto. Igualmente, diversos autores señalan que las vacas con condición corporal alta al parto pierden más condición que las de condición baja (77).

Así mismo, al inicio de la lactancia la evaluación de la condición corporal se emplea para monitorear la cantidad y movilización de tejido adiposo, e indica si existe balance energético negativo (16, 25, 34, 58), pues se ha señalado que el desempeño reproductivo de las vacas, particularmente la probabilidad de concepción, puede estar asociado negativamente con la magnitud y severidad del balance energético negativo en este período (16, 58). Además, se ha sugerido que el prolongado balance energético negativo en vacas con condición corporal alta al parto contribuye a una reducción en la fertilidad (94).

.....
Muchos investigadores han concluido que la nutrición pre-parto, reflejada en la condición corporal al parto, es un factor determinante de la duración del anestro post parto más importante que la nutrición en el posparto en vacas productoras de carne, con correlaciones negativas entre la condición corporal al parto y la duración del anestro (68, 103). Sin embargo, dado que el efecto de la condición corporal al parto puede estar modulado por cambios en el peso corporal antes del parto, vacas con similar condición corporal al parto pueden diferir en el subsiguiente desempeño reproductivo debido a cambios en el peso corporal y/o en la condición corporal durante la gestación (84).

También, se ha tratado de relacionar el intervalo entre el parto y la primera ovulación con el estatus metabólico (104), para lo que algunos investigadores (61) han observado una significativa relación positiva entre el balance energético promedio en las primeras semanas posparto y el intervalo a la primera ovulación, mientras que, por el contrario, otros (94) no han encontrado relación entre el balance energético negativo promedio y la duración del anestro posparto. En estudios realizados, la primera ovulación ocurrió a los 10, 14, y 21 días después

del máximo balance energético negativo, respectivamente (17, 18). A la ovulación, el balance energético era aún negativo, pero en todos los casos fue regresando hacia cero (104). Con relación a esto, en un estudio realizado en vacas Angus que recibieron un plano nutricional alto y medio 55 días antes y 40 días después del parto, las primeras pesaron en promedio 35 kg más al parto y a los 40 días, y tuvieron un intervalo parto - primer estro menor que vacas con plano nutricional medio, así como también, independientemente del plano nutricional, después del parto las vacas que parieron de julio a septiembre pesaron 11 kg más que las que parieron de septiembre a octubre, indicando que, aunque la época del parto influye sobre el reinicio de los ciclos ováricos aún en un alto plano nutricional, ésta interactúa con la nutrición y es más probable que sus efectos se expresen bajo condiciones de mala nutrición (56).

En contraste, los efectos de la nutrición después del parto sobre la duración del anestro posparto son aparentemente inconsistentes, no obteniendo ningún efecto (103) o efectos significativos (68). Esta inconsistencia puede reflejar interacciones entre la nutrición pre y posparto, el balance energético negativo, la condición corporal, la producción de leche y el amamantamiento, así como factores ambientales que influyen en su duración. Así como se desconoce la verdadera importancia de la nutrición posparto y del amamantamiento como determinantes de la duración del anestro posparto, tampoco está claro si un bajo plano nutricional en el posparto acabaría con los efectos benéficos del amamantamiento restringido, con respecto a la reducción del anestro posparto (88).

En comparación con hembras que paren con pobre condición corporal, las que llegan al parto con buena condición y la mantienen después del mismo tienen mejores índices reproductivos, debido a que presentan mayor función hipofisaria y por tanto mejor potencial reproductivo, traducido en rápido retorno al estro posparto. Se ha señalado que una condición corporal al parto excesiva (4.0 puntos) o insuficiente (< 2.0 puntos) reduce los subsecuentes índices de fertilidad, al igual que tanto la pérdida como la ganancia de un punto en condición corporal

después del parto reducen significativamente la fertilidad en vacas que tenían buena condición antes del parto, afectando así el estado general de salud del animal (26). De acuerdo con el anestro posparto se prolongó 43 días por cada punto de condición corporal (equivalente a 53 kg de lípidos corporales) perdido al momento del parto. En ganado lechero, estudios realizados indican que 1 punto de cambio en la condición corporal equivale a una diferencia de 25 a 60 kg de peso vivo (60).

Aunque la condición corporal de la vaca al momento del parto es particularmente importante para el pronto restablecimiento de la actividad ovárica, desafortunadamente no todo el año hay disponibilidad de forraje de buena calidad, existiendo fluctuaciones en el consumo de nutrientes que dan como resultado prolongados períodos de nutrición de submantenimiento. Esto es particularmente crítico durante el período peri-parto, ya que en éste se requiere de forraje de buena calidad por al menos el último trimestre de gestación y por 8 a 12 semanas posparto. Este período mínimo de seis meses significa que en áreas donde el consumo de alimento depende de la disponibilidad de forraje, regulada ésta por la época de lluvias (como en la mayoría de las regiones tropicales), resulta difícil proveer al ganado con la energía y proteína necesarias para esta etapa crítica en su vida reproductiva (28). El estrés nutricional es particularmente severo en el último tercio de la gestación y en la lactancia durante la época de secas, resultando en rápida pérdida de peso y condición corporal (42). Bajo estas condiciones, son comunes los prolongados períodos de anestro posparto, y son uno de los principales factores limitantes en las tasas reproductivas en hatos de ganado cebú. Sin embargo, se ha encontrado que el destete temprano en vacas cebú reduce la pérdida de peso en el posparto (26).

La complejidad de la relación entre el estado nutricional y la función reproductora ha sido señalada y revisada (64). Se ha sugerido que la concentración de glucosa sanguínea es el factor que vincula el estado nutricional con la función reproductora a nivel del hipotálamo. Cuando las vacas se encuentran en balance energético

negativo (niveles sanguíneos de glucosa <30 mg/dL) la fertilidad se reduce, posiblemente debido a un ambiente hormonal anormal, en especial con respecto al nivel de progesterona, ya que vacas en estas condiciones tienden a presentar menores niveles sanguíneos de esta hormona (94). Dado que las reservas corporales de grasa regulan la secreción de las hormonas hipotalámicas e hipofisarias que controlan la función del ovario, y por tanto modulan el nivel sanguíneo de LH y la sensibilidad de la hipófisis a la GnRH (71), un mecanismo importante por el cual el déficit de energía perjudica la actividad reproductiva es mediante la supresión de la liberación de GnRH y por tanto de la frecuencia pulsátil de LH necesaria para lograr el crecimiento folicular hasta la etapa preovulatoria (83). Por otro lado, después del máximo balance energético negativo, las concentraciones plasmáticas promedio de LH y el número de picos episódicos de LH aumentan, ocurriendo la primera ovulación poco después (17, 18).

Un pobre estado nutricional está asociado con bajas concentraciones plasmáticas de LH y estradiol, retardo en el desarrollo folicular y retardo en la ocurrencia o decremento en la magnitud de la oleada plasmática de LH inducida por el estradiol. Las bajas concentraciones plasmáticas de LH reflejan un aumento en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a los efectos inhibitorios del estradiol (retroalimentación negativa de estrógenos) y una reducción ovárica esteroide independiente en la secreción de LH por el eje hipotálamo-hipófisis (26). De acuerdo con trabajos realizados en bovinos el anestro inducido mediante un bajo plano nutricional se caracteriza por decremento en la frecuencia pulsátil de LH (69). Por tanto, si las vacas paren con pobre condición corporal, no se liberan las señales hormonales para estimular al ovario y reiniciar el ciclo estral, ampliándose el intervalo a la primera ovulación posparto (53, 64). La deficiente nutrición de la vaca posparto modifica los cambios neuroendocrinos normales, particularmente la frecuencia de la liberación episódica de LH (72), lo que ocasiona disminución de la actividad ovárica por supresión de la liberación pulsátil de LH de la hipófisis, que está controlada por la GnRH del hipotálamo. También se ha observado que ciertos

compuestos metabólicos actúan sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario cuando la condición corporal de la hembra disminuye (64, 69, 86). Las concentraciones circulantes de LH e IGF-I disminuyeron durante la restricción de alimento en vacas vacías no lactantes, y sugirieron que estas respuestas podrían estar ligadas fisiológicamente, pues existe evidencia de que el IGF-I está involucrado en la modulación de las funciones cerebrales e hipofisiarias. En la mayoría de las vacas lactantes con buena condición corporal, el desarrollo del primer folículo dominante ocurre a las 2 ó 3 semanas posparto (82), lo que puede no suceder en condiciones de mala nutrición, encontraron gran número de folículos pequeños palpables antes de la primera ovulación posparto en vacas con mala nutrición. En un estudio realizado se demostraron que niveles moderados de mala nutrición pueden retrasar el reinicio de la ciclicidad posparto, debido tal vez a que afectan los mecanismos responsables de la maduración final del folículo o de la ovulación, aunque no afectan el crecimiento de folículos hasta el tamaño preovulatorio. Sin embargo, en comparación con vacas bien alimentadas, en la mayoría de las vacas mal alimentadas el primer folículo dominante no ovula, y el intervalo parto - primera ovulación se prolonga (43 y 5 días) (55). Los patrones de desarrollo folicular post-parto en vacas mal alimentadas fueron similares al descrito para vacas alimentadas adecuadamente y que amamantan (42), lo que ya había sido caracterizado anteriormente por el sucesivo crecimiento y regresión de 1 a 9 folículos dominantes en hembras con condiciones similares (73, 82).

Además de influir sobre la longitud del anestro posparto, la condición corporal influye también sobre la tasa de gestación. En un estudio realizado con vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* mantenidas en pastoreo, evaluando la condición corporal en escala de 1 a 9 (96), se obtuvo tasa de gestación del 0, 3 y 11% para vacas con condición corporal de 1, 2 y 3, respectivamente. La condición corporal ideal al momento del parto es de 3 (escala de 1 a 5), variando de 2.5 a 3.5 (97), mientras que, en vacas productoras de carne múltiparas, una condición corporal de 5 al parto parece ser el nivel crítico que afecta el subsecuente desempeño reproductivo, y que parece ser consistente entre varias razas productoras de carne

y sus cruces (8, 69, 90), Se obtuvo una tasa de concepción a primer servicio significativamente mayor en vacas con condición corporal >2.5 que en aquellas con condición corporal <2.5 . En vacas Gyr, reportaron que el intervalo del parto a la concepción se redujo de 116 a 160 días en vacas con una dieta alta en energía. Por otro lado, diversos estudios indican que vacas con condición corporal alta al parto pueden requerir mayor número de servicios para quedar gestantes (77, 94), mientras que, por el contrario, otros autores señalan que la condición corporal al parto parece no afectar el desempeño reproductivo, no teniendo relación con las tasas de concepción o con el número de servicios de inseminación por concepción (16, 58, 61, 77). Se concluyó que la condición corporal al parto o al momento de la inseminación no estuvo relacionada con la tasa de concepción (32). Sin embargo estudios realizados en vacas lecheras indican que la pérdida de condición corporal entre el parto y la inseminación puede influir negativamente sobre la tasa de concepción (22), como lo demuestran estudios realizados, en los cuales las vacas que perdieron 0.5 a 1.0 punto de condición tuvieron una tasa de concepción a primer servicio de inseminación artificial del 53%, mientras que en vacas que perdieron más de 1.0 punto de condición entre el parto y el momento de la inseminación la tasa fue del 17% (16, 26).

Sea señalado que la ambigua relación existente entre el balance de energía, la condición corporal y el desempeño reproductivo necesita ser aclarada(78), investigaciones realizadas en vacas lecheras indican que a medida que la vaca pasa por la lactancia, la magnitud y duración del balance energético negativo disminuye, y que si éste, monitoreado por cambios en la condición corporal, está asociado con la tasa de concepción a primer servicio de inseminación artificial, la asociación probablemente se daría al inicio de la lactancia, cuando el balance energético es más negativo, por lo que el uso de la condición corporal para monitorear cambios en el balance energético negativo durante el período seco y los primeros 30 días de lactancia puede ser importante para la tasa de concepción a primer servicio de inseminación (22). El reducir el intervalo entre el parto y la siguiente concepción es importante si se busca mejorar el desempeño

reproductivo y productivo del bovino. La nutrición es esencial en lo que respecta al reinicio de la actividad ovárica posparto (72) por lo que es necesario estimar el estado nutricional de las vacas durante el pre y posparto mediante la evaluación de la condición corporal, para establecer con mayor precisión las relaciones entre nutrición y eficiencia reproductiva (15). Cuando se mejora la nutrición, especialmente en el pre-parto, los intervalos entre partos se reducen, disminuyendo el anestro posparto. Cuando la condición corporal al parto es pobre, su efecto sobre el intervalo entre partos es mayor, y es menor cuando la condición corporal mejora marginalmente que cuando la condición corporal es excelente (84).

En el trópico, el intervalo parto - concepción es crítico, influyendo en éste principalmente la nutrición y el amamantamiento (36).

3.1.1. Lipidosis hepática.

Lipidosis hepática también conocida como hígado graso, puede ser una complicación secundaria a cualquier trastorno que conduzca a la vaca a tener un balance energético negativo. Una vez que se ha desarrollado hígado graso, y debido a la baja tasa de exportación de triglicéridos bajo la forma de lipoproteínas, el hígado graso persistirá por un periodo largo. La reducción del depósito graso en el hígado se inicia usualmente cuando la vaca entra en balance energético positivo, y terminará de agotarse en el curso de varias semanas (44).

Acelerada movilización y oxidación lipídica: su efecto sobre la fertilidad. La acelerada pérdida de condición corporal afecta el desempeño reproductivo debido a los efectos de la excesiva tasa de movilización de tejidos sobre la salud del útero y su motilidad, además está íntimamente relacionada con el balance energético negativo y sus efectos sobre la concentración de metabolitos que influyen el balance hormonal (91). Varios estudios sugieren la asociación entre la acelerada movilización y oxidación lipídica sobre la salud y fertilidad de las vacas. Algunos resultados de: La variación en VLDL, lipoproteína de baja densidad (LDL) y HDL

en vacas sanas y en vacas con infiltración grasa en el hígado a intervalos regulares antes y después del parto presenta diferencias: se ha encontrado que los niveles de colesterol y fosfolípidos de la fracción VLDL se incrementan en las vacas sanas mientras decrecen en las vacas enfermas (13). Un estudio que evaluó los niveles de VLDL y colesterol en vacas en lactancia temprana (20 – 25 días posparto), encontró que las vacas con mastitis, cojeras, y problemas reproductivos presentaron porcentajes más altos de grasa en leche que las vacas sanas; en las vacas con problemas reproductivos la grasa en leche fue de 5,1% comparada con 3,9% en las vacas sanas ($p < 0,05$); la concentración de colesterol-VLDL fue más baja ($p < 0,05$) en las vacas con mastitis, con cojeras, y con problemas reproductivos que en las vacas sanas (0.14, 0.16, 0.15 y 0.21 milimoles/litro respectivamente). Los autores sugieren que los niveles bajos de colesterol-VLDL pueden ser resultado de una gran acumulación lipídica en el hígado y que los niveles hallados en los animales sanos se pueden deber a una mayor producción de apoproteínas (44). Como se puede observar, los resultados de los estudios anteriores son consistentes en mostrar la asociación entre los bajos niveles de colesterol en la fracción VLDL y la presentación de problemas reproductivos. El metabolito lipídico más directamente relacionado con la función ovárica es el colesterol; esto se puede evidenciar en el efecto positivo del suplemento de grasa sobre el tamaño del folículo y la producción de progesterona (3). Sin embargo, la importancia de los niveles de colesterol en sangre sobre la funcionalidad ovárica aún no es clara, pues un trabajo reciente ha reportado que la función ovárica se afecta con los niveles de glucosa plasmática pero no con los niveles de colesterol plasmático (62). Parece ser que la movilización lipídica exagerada repercute directamente sobre la actividad ovárica, pues se ha observado que las vacas que en las dos primeras semanas posparto presentan una relación NEFA : triglicéridos mayor a seis (> 6), tienen niveles más bajos de progesterona entre los 40 a 60 días posparto, a la vez que presentan un mayor número de servicios por concepción (12). Estos autores concluyen que los desórdenes lipídicos alteran la producción de progesterona y los índices de fertilidad. Los niveles de acetona en sangre y en leche parecen ser un buen

indicador de oxidación lipídica que además en varios trabajos ha tenido una alta asociación con los desórdenes de fertilidad. Se ha observado que las vacas que presentan altos niveles de acetona en leche en el día 50 posparto, tienen menor tasa de concepción al primer servicio, comparadas con las vacas que presentan niveles bajos (52). En Europa se estudiaron 11690 lactancias para observar el efecto de los niveles de acetona en leche sobre la fertilidad, encontrando que las vacas que presentaron niveles más altos de acetona (>1,4 milimoles/litro) presentaron un intervalo entre el parto y el primer servicio 4,9 días más largo y un riesgo de ovarios quísticos 5,7 veces mayor, comparadas con las vacas que presentaron los niveles más bajos de acetona (37).

3.1.1. Balance negativo de energía y adaptación: definición, cuantificación y factores de riesgo.

Durante la lactación temprana, los requisitos de energía para la producción de leche y el mantenimiento de una vaca exceden a la energía disponible en la dieta lo cual coincide con condiciones metabólicas adversas originadas en el déficit energético ocasionado por los bajos consumos de energía y la alta producción lechera (29).

La pérdida neta de energía que resulta del desequilibrio entre energía de entrada y de salida se llama BEN (BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO) o NEB (por sus siglas en inglés). El NEB normalmente se cuantifica calculando, mediante el uso de los parámetros existentes, los requisitos de energía para el mantenimiento, dando un cierto peso corporal (48, 81, 100), y una producción de leche con una determinada composición. En esta fase de la lactancia normalmente se dan procesos catabólicos. Dependiendo de la severidad del déficit energético, el catabolismo puede alcanzar magnitudes exageradas y, si a él se suman los excesos de amoníaco, es probable que fenómenos que son fisiológicos se conviertan en patológicos. Este fenómeno puede ser el que suceda bajo las condiciones propias del sistema en estudio. El balance energético negativo (BEN) provoca cambios en las concentraciones de glucosa y de las hormonas

relacionadas con el metabolismo intermediario de la energía (29). En las vacas en lactancia temprana estos fenómenos son fisiológicos; en vacas sanas se ha encontrado que los valores de glucosa, triglicéridos y lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) son más altos en el periodo seco que en la lactancia temprana (un mes posparto) y en la lactancia tardía (cuatro meses posparto). Los niveles de colesterol y de lipoproteína de alta densidad (HDL) son más altos en la lactancia tardía (29). Los ejemplos de estos criterios están en el sistema del Consejo de investigación en nutrición (Nutritional Research Council; NRC por sus siglas en inglés) en EE.UU., VEM el sistema en los Países Bajos, y el sistema UFL en Francia (9, 54). Sin embargo, los parámetros subyacentes en estos sistemas que se usan para el cálculo del NEB, están basados en ensayos de alimentación. Como resultado, ellos reflejan la situación de la vaca promedio bajo circunstancias dadas en esos ensayos. Lo cual es el objetivo de dichos sistemas, pero no reflejan situaciones especiales que se pueden presentar y que están determinadas por una variedad de factores (48).

En forma individual los animales están bajo circunstancias diferentes que las vacas en promedio de grupo. Estos parámetros no aplican por consiguiente a la vaca en forma individual, resultando en una cuantificación más o menos incorrecta del NEB real de estos animales (81).

Así, la incorrecta clasificación de animales sobre la duración y el tamaño de su NEB calculado puede ser anticipado cuando se usan tales sistemas (100).

De hecho, se ha informado que los sistemas son sensibles a las diferencias en la composición del alimento y que no es exacto para las vacas medidas individualmente (54, 73).

Aparte del cálculo del NEB, este puede también describirse por un rango de cambios metabólicos que alcanzan el NEB. Los casos de vacas con un severo NEB que conducen al síndrome de hígado graso ilustran respecto a cuáles

parámetros pueden cambiar y hasta qué punto esto puede ocurrir. Tales casos de hígado graso están por consiguiente caracterizados por niveles de glucosa e insulina bajas, y elevadas concentraciones de ácido beta-hidroxibutírico (BHBA) y ácidos grasos no esterificados (NEFA por sus siglas en inglés), en la lactación temprana (9). Se han descrito observaciones similares en un estudio en el que se observaron las vacas durante el NEB (29) Debido a que la cantidad de grasa corporal almacenada y la movilización de grasa se reflejan en las concentraciones de leptina en sangre, los cambios con respecto a la concentración de esta hormona en la lactación temprana pueden ser también de utilidad en la determinación del NEB (29). Estos resultados sugieren que las vacas en lactancia temprana y tardía pueden ser susceptibles a esteatosis por los bajos niveles de VLDL y glucosa y evidencian la susceptibilidad de las vacas en lactancia temprana a la hipercetonemia, por presentar los más bajos niveles de insulina (9). Otras hormonas que tienden a disminuir durante la restricción del alimento y NEB son las hormonas tiroideas (48, 66) e insulina-como factor de crecimiento (IGF1 por sus siglas en inglés) (100).

Estos cambios reflejan el sistema de adaptación de la vaca los cuales son activados con el fin de detectar las demandas para incrementar la producción de leche y el mantenimiento (81).

Dada la complejidad de este sistema de adaptación y el número de metabolitos involucrados, parece imposible juzgar si esta adaptación metabólica es, en cierto momento, exitosa o no. La adaptación es un proceso gradual que es diferente entre animales. Es obvio que la mayoría de las vacas estarán por largo tiempo llegando a la fase de adaptación, y una última pero rígida clasificación de vacas como adaptadas y no adaptadas a tiempo en un cierto punto es por consiguiente absurdo. Los factores de riesgo que se han utilizado pueden indicar el grado de adaptación y ser utilizados como una solución para este problema. Estos factores de riesgo pueden referirse a las características bioquímicas, endocrinológicas, subclínicas, y clínicas de la vaca (79).

Aunado a lo anterior, estos factores pueden ser medidos a un momento determinado, pero también durante varios días o semanas antes de este punto. Contrariamente, ningún factor de riesgo específico individual es conocido como un indicador adecuado sobre el grado de adaptación y debido a los múltiples factores involucrados en la adaptación, es improbable que tal factor de riesgo sea determinado. De acuerdo a la literatura, puede esperarse que seleccionando adecuadamente la combinación de estos factores nos ayudará a cuantificar hasta que punto una vaca determinada es desafiada para adaptarse. Porque un desafío más extenso requiere una mayor capacidad de adaptación, estos factores indican el riesgo de ser una vaca no adaptada en un cierto momento del posparto (29).

Un importante factor de riesgo frecuentemente usado que desafía la adaptación metabólica de la vaca, es el NEB calculado (el cNEB). El momento en que el equilibrio de energía calculado ha alcanzado el mayor valor negativo, comúnmente llamado el nadir del cNEB, ocurre en promedio entre 2.5 y 12 días posparto (pp). El equilibrio entre el consumo de energía del alimento y los requerimientos de energía es generalmente alcanzado a los 72 días pp aproximadamente (21, 32, 33). Permaneciendo más tiempo o con un más profundo nivel de cNEB, tendrán una mayor probabilidad a una no adaptación. Así, los factores de riesgo por el grado del cNEB son por consiguiente también factores de riesgo para la no adaptación. Entre éstos están el consumo de alimento y la producción de leche (29).

El nivel del cNEB depende en mayor medida del aumento en consumo de alimento que del aumento en la producción de leche (9, 79). Investigaciones demostraron la poca relación entre el cNEB y la producción de leche (81, 54). Estos resultados muestran que la variación en el cNEB entre las vacas es el resultado de diferencias en el manejo de la alimentación en lugar de las diferencias en la producción de leche. Las vacas altas productoras están en un riesgo más alto de caer en un NEB más profundo, pero las diferencias en el NEB están mayormente

dirigidas al manejo de la alimentación que a la producción (48, 66, 79, 100). Concluyendo: la producción de leche y el consumo de alimento son dos factores de riesgo para la no adaptación, pero el último es más importante.

Otros factores de riesgo para determinar la no adaptación son obtenidos usando las tasa de condición corporal (CC) (79). Por ejemplo, las vacas con una alta CC durante el periodo seco tienden a tener un aumento más lento en el consumo de materia seca durante las primeras semanas post parto, iniciando desde el consumo previo al parto (100). Ellas también alcanzan su máximo consumo de materia seca entre las 12 a 16 semanas post parto (66), en la lactación tardía (48). También, una depresión menos pronunciada del consumo de alimento en el periparto se ha relacionado con una alimentación restringida en el periodo seco y CC más baja de las vacas en el período seco (79). Esto significa que la alta CC durante el periodo seco, resulta en promedio más severo y probablemente también mucho más largo cNEB en estas vacas y deba ser considerado por consiguiente como un factor de riesgo para la no adaptación. El monitoreo del CC también se puede usar para calcular la pérdida de CC durante la lactación (48, 79). Una característica de este método es que el resultado puede diferir entre observadores.

En investigaciones realizadas han demostrado que la sensibilidad de este método es baja: estandarizando el resultado de la condición corporal sólo se pudo detectar 25% de vacas aproximadamente en el cálculo de cNEB severo (40, 49, 70). El origen de esta baja sensibilidad puede ser que los cambios sutiles en la CC no pueden detectarse. Sin embargo, la pérdida de CC siempre representa una situación individual de la vaca, en contraste con lo que es el cNEB, que refleja la situación del promedio de la vaca en grupo bajo las mismas circunstancias (81).

Las diferencias entre el cNEB promedio de la vaca y el real o NEB real de una vaca específica, puede tomarse de las diferencias en la utilización de energía. Esto es posible, porque la eficacia de energía y la energía consecuentemente

disponible depende en adelante del consumo de alimento del animal, pero también en el nivel de la excreción en las heces y orina y la adaptación de la flora ruminal (100) y las papilas del rumen (9).

De hecho a los sistemas de evaluación de la alimentación tales como el sistema de VEM holandés son en promedio buenos pero pueden ocurrir grandes desviaciones estándar (54, 100). Concluyendo, es probable que la CC así como la adaptación del rumen sea un factor de riesgo para la no adaptación. La observación de que la CC demuestra realmente sólo una pequeña proporción de vacas en un cNEB grande, puede ser explicada por las diferencias en la utilización del alimento así como por una falta de sensibilidad al medir la CC (59).

Probablemente hay diferencias entre cómo las vacas dividen o reasignan su energía entre las diversas funciones (94). Ellos llegaron a esa conclusión después de evaluar que no hubo diferencias en la eficiencia de la utilización de la energía separando las funciones, como la lactación, el mantenimiento, o la fertilidad, pero frecuentemente se informó que hay diferencias en la eficacia del grueso de la energía (la energía en la leche producida dividida por el total del consumo total de energía). Una explicación para esto, es que hay diferencias (genéticas) entre vacas en la división de energía para las diferentes funciones corporales. Este proceso llamado reasignación, se ha sugerido también para otras especies (81, 100), implica que hay variación en la división de energía entre vacas. Siguiendo esta hipótesis, es posible que las vacas con la misma producción y la misma cantidad de la energía disponible puedan enfrentar un nivel diferente de equilibrio de energía negativo real, porque usan menos energía para procesos como: mantenimiento, fertilidad, o inmunidad. No es sabido si este proceso de la reasignación es sólo genético pero juega un papel en la adaptación en el periparto y la lactación temprana, No obstante, debe ser considerado como un factor de riesgo para la no adaptación (29).

Los cambios típicos en algunos parámetros metabólicos bien conocidos también se usan como factores de riesgo para la no adaptación. Entre éstos están los cambios en la concentración de los ácidos grasos no-esterificados (NEFA por sus siglas en inglés) en sangre (100) y la concentración de triacilglicerol hepático (TAG) obtenida por biopsia del hígado (48, 66, 81).

Tales técnicas son muy objetivas y pueden detectar cambios sutiles y diferencias reales entre vacas. En semejanza con la pérdida de CC, estos cambios en los dos parámetros metabólicos también reflejan el NEB real en lugar del cNEB, y la adaptación de la vaca en forma individual a este NEB real. Además, proporcionan la información sobre el equilibrio entre la intensidad de movilización de grasa y la utilización de grasa por el metabolismo hepático entre otros (29).

Una concentración de NEFA en suero persistentemente alta indica por ejemplo que el metabolismo de NEFA, notablemente presente en el hígado, no puede mantenerse al ritmo de la movilización de la grasa corporal. Además, resulta en aumento de la captación hepática de NEFA's y por consiguiente en una producción del TAG hepático aumentada. La relación entre la concentración plasmática de NEFA y la cantidad de TAG aumentada en el hígado es diferente entre vacas (48, 79). Cuando la producción de TAG excede la capacidad del hígado para excretarlos en lipoproteínas de densidad muy baja (VLDL), el TAG se acumula en el hígado. De hecho, una concentración de TAG alta en hígado indica un curso patobioquímico del metabolismo hepático de los NEFA. La acumulación de TAG en el hígado es un proceso anabólico que choca desde un punto de vista fisiológico con el estado catabólico de la vaca (66). El proceso conocido como lipólisis, el transporte de NEFA al hígado, la síntesis de TAG, y la acumulación de este TAG en hígado tiene un costo de energía. Además, la acumulación de TAG grave en el hígado disminuye varias funciones cruciales del hígado (9, 29).

La acumulación de TAG en el hígado y la persistencia de concentraciones altas de NEFA indican por consiguiente una adaptación pobre a la gran demanda de

energía en la lactación temprana. Una baja concentración persistente de glucosa y de insulina en sangre puede indicar lo mismo. Así, un rango de parámetros metabólicos son factores de riesgo de la no adaptación (81, 100).

Resumiendo, la adaptación fisiológica, a la escasez de energía en la lactación temprana es un proceso complicado, esto sucede en forma diferente entre animales. Esto comprende un ajuste integral de la vaca respecto a: entre otros, gluconeogénesis, glucogenólisis, metabolismo proteico, lipólisis, cetogénesis, pero también con respecto a la flora ruminal y las papilas del rumen (29).

La adaptación está presente en cuanto a las funciones esenciales entre las que están la inmunología y mantenimiento (81) y por otra parte la reproducción. Las vacas completamente adaptadas han usado sus mecanismos fisiopatológicos a tal magnitud que ninguna consecuencia negativa se evidencia. Por consiguiente, no pueden clasificarse las vacas ambiguamente como adaptadas o no adaptadas, porque la mayoría de las vacas probablemente se adaptarán a largo plazo. Acerca del estatus real de adaptación, no obstante, varios factores de riesgo se utilizan para indicar qué cantidad exacta de vacas se desafían para adaptarse y por consiguiente al mayor riesgo por ser o volverse no adaptadas en la lactación temprana. Lo más importante se atribuye al consumo de alimento, NEB calculado, parámetros derivados del CC, y los parámetros metabólicos como el contenido de (TAG) en hígado, las concentraciones del NEFA y la insulina en sangre (29).

3.1. 2. Posibles relaciones entre NEB y fertilidad.

El desarrollo folicular está relacionado directamente con el estado energético de las vacas en el posparto. La relación entre BEN y la función ovárica se cree debida en parte a la secreción de LH; los centros cerebrales superiores donde se estimula la secreción de LH son sensibles a los niveles de hormonas secretadas en ovarios y también al BEN. Se ha encontrado que el balance energético positivo al día 15

posparto incrementa los niveles de Hormona Luteinizante (LH) en sangre y el desarrollo folicular (29).

El BEN ocasiona bajos niveles de progesterona, los cuales se asocian con baja fertilidad. Se cree que la baja producción de progesterona se debe a la alteración en la capacidad esteroideogénica del cuerpo lúteo (29).

Metabólicamente el animal se prepara a través de su homeorresis, para enfrentar las altas demandas energéticas de este período. El balance energético al hacerse negativo desencadena mecanismos que inhiben la secreción de GnRH, LH y FSH, pero también interviene retrasando la involución uterina o retardando la actividad ovárica por diferentes vías: alteración de la función luteal, disminución de la población folicular y retraso en el reinicio de las ovulaciones (29).

¿Cuáles son los posibles mecanismos detrás de la relación entre adaptación metabólica y el desempeño reproductivo?

Se han realizado trabajos con el fin de explicar la relación entre NEB y la fertilidad. Esta revisión se enfoca en dos grupos importantes:

1. El inicio tardío de la ciclicidad posparto.
2. El efecto en la calidad del ovocito o la calidad del cuerpo lúteo.

3.2. Inicio retardado de la ciclicidad.

La ovulación y la ciclicidad son requerimientos para una inseminación exitosa. Porque la inseminación por razones económicas es deseable que se realice a los 2-3 meses en el post parto de las vacas que debieron ovular en ese periodo (51). Esto normalmente se alcanza por la mayoría de las vacas (100). La presencia de actividad ovárica durante un cierto periodo antes de la inseminación también es importante, porque la tasa de concepción en vacas lactantes se incrementa cuando el periodo de actividad ovárica que precede a la inseminación es más

larga y así el número de ciclos ovulatorios precedentes es mayor (13, 51, 102). La investigación está por consiguiente enfocada sobre la cuestión de si la no adaptación resultado del NEB, retrasa el inicio de la actividad ovárica. Hay resultados de estudios en vivo que indican que un consumo bajo de energía en la lactación temprana y los parámetros metabólicos que reflejan un estado metabólico malo de una vaca están relacionados con un intervalo prolongado a primera ovulación (49, 51, 100).

3.2.1. La regulación de gonadotropinas.

Las gonadotropinas juegan un papel de pivote en el eje endocrino reproductor. El establecimiento de la pulsatilidad de LH es responsable del inicio de la ciclicidad en, por ejemplo: vaquillas al inicio de la pubertad (45). La inhibición de la pulsatilidad de LH antes de la pubertad, y por consiguiente la inhibición de la ciclicidad ovárica en estos animales probablemente sea debida a una retroalimentación negativa del estradiol secretado por el ovario. Entre los factores que están asociados con el inicio de la pubertad, el logro de un nivel crítico de grasa corporal es importante (27, 67). Esto sugiere fuertemente que hay relación entre el sistema reproductivo endocrino y el estatus metabólico del animal lo cual pudiera ser aplicado a las vacas no adaptadas en la lactación temprana. En particular la LH y FSH no parecen ser los factores limitantes para el inicio de la actividad ovárica en el posparto (76).

Por ejemplo, vacas con niveles artificialmente bajos de glucosa mostraron menor amplitud de los pulsos de LH aunque la frecuencia de los pulsos no está alterada y la sensibilidad a GnRH permanecía igual (24). En estudios realizados en ovejas sugiere que el suministro de glucosa inadecuado puede hacer fallar el control hipotalámico de secreción de gonadotropinas, pero el incremento de la suplementación de glucosa no necesariamente aseguraba el efecto contrario (70). Resultados similares se encontraron en ganado de carne (98). Al parecer, en la medida en que la concentración de glucosa se encuentre dentro de los rangos normales, la pulsatilidad de LH puede mantenerse. El eje hipotálamo-hipofisiario

puede ser afectado por muchos factores neuroendocrinos. Los péptidos opioides endógenos relacionados con situaciones de estrés, por ejemplo, tienen un efecto en la pulsatilidad de LH en vacas y pueden por consiguiente, ser también responsables para un cierto retraso en el inicio de la actividad ovárica post parto (45). Aparte de estos efectos, el estudio se enfocó a la relación entre el eje hipotalámico hipofisiario ovárico y el estado metabólico del animal.

Estudios en ratones revelaron un posible candidato como factor de vinculación entre la reproducción y el estado metabólico de un animal, por el descubrimiento de la leptina en 1995. En los ratones, las concentraciones basales más altas de leptina reflejan reservas de grasa corporales más altas. También en las vacas, los cambios en el equilibrio de energía se reflejan en las fluctuaciones de las concentraciones basales de la leptina llevando a más altas concentraciones de ésta en un estado de equilibrio de energía positivo (76). que también podría aplicar a las vacas no-adaptadas en la lactación temprana (100). La insulina y los glucocorticoides estimulan la concentración de leptina en sangre y disminuyen la liberación del neuropéptido Y (NPY). NPY es conocido como un potente estimulador del consumo de alimento, pero NPY puede ser además, la conexión entre la leptina y las neuronas productoras de GnRH. Adicionalmente la conexión entre GnRH y leptina puede ser completada por la pro-opiomelanocortina (POMC) y también se ha sugerido una acción directa de la leptina en la GnRH contenida en las neuronas para explicar el efecto de la leptina sobre GnRH (76). Aunque hay evidencia por los efectos de la leptina en la reproducción de ratones, en los estudios in vivo, demuestran que el papel que juega la leptina o NPY en la regulación de la fertilidad bovina en la lactación temprana tiene un comportamiento "extraño". En un estudio in vivo en vacas se demostró que la inyección del NPY en el tercio del cerebroventrículo de vacas ovariectomizadas provocó una disminución en la amplitud de los tonos de LH secretado (100). Otro estudio del mismo grupo reveló que NPY afectó la pulsatilidad de LH de una manera dosis-dependiente, acompañado por cambios en la concentración de GnRH en el fluido cerebroespinal (CSF) (98).

En ovejas ovariectomizadas la inyección intracerebroventricular de leptina no resultó en alteración de la pulsatilidad de LH, mientras el consumo de alimento disminuyó así como las concentraciones de NPY en CSF en tanto que altas concentraciones de NEFA fueron observadas. Los autores sugieren que en tanto que las concentraciones de insulina y de glucosa se sostengan, significa que la adaptación ha sido exitosa, la leptina no tiene un efecto directo sobre el sistema neuroendocrino (24). Una explicación similar puede darse para la observación que en ratas con equilibrio de energía diferente alteró la pulsatilidad de LH pero no reflejó diferencias en las concentraciones del leptina (67). Los reportes anteriormente dichos sugieren que hay un efecto relativamente pequeño de la leptina y NPY sobre la pulsatilidad de LH lo cual probablemente sólo es perceptible cuando ocurren evidentes aberraciones de la homeostasis metabólica debida al equilibrio negativo de energía. De nuevo, el grado de adaptación, representado por la glucosa sérica y la concentración de insulina, parecen ser importantes. Aunque la pulsatilidad de LH probablemente no es el único factor que determina el inicio de actividad ovárica en el posparto de las vacas, en los estudios in vivo en la lactación temprana, las vacas muestran un aumento real en la pulsatilidad de LH tanto como el equilibrio energía posparto va cambiando hacia valores positivos (70).

3.2.2. Rol de la insulina e IGF-I en la función ovárica.

De acuerdo a la información de que el eje hipotálamo - hipofisiario está funcionando en un cierto momento del posparto, hay otros requisitos previos necesario para una ovulación exitosa. Entre éstos está la insulina, de la cual los efectos estimulatorios en la producción de progesterona han sido demostrados in vitro en las células de la granulosa de cerdos y bovinos (2). Otro factor parece ser la IGF-I que estimula el crecimiento folicular y también tiene un enlace claro con el estado metabólico de la vaca (13, 75).

Las vacas que experimentan un severo NEB post parto y desarrollen acumulación de TAG en el hígado fueron reportadas con concentraciones bajas de insulina (98, 102).

Otros estudios reportan que las concentraciones de IGF-I en sangre de vacas con el cNEB debido al ayuno y a la lactación eran más bajas comparadas con los animales en un menor cNEB (102) y que las vacas seleccionadas por alta producción de leche, que por esa situación estaban más en riesgo de no adaptación, tuvieron más baja concentración de insulina durante el pico y la lactancia media (38). Aunque hay también estudios menos alentadores, la IGF-I parece ser uno de los candidatos razonables para la posible perturbación de la fertilidad debido a la no adaptación (45).

Antes de discutir los efectos de IGF-I, se debe tomar en cuenta que hay un eslabón entre el sistema leptina/NPY e IGF-I. De hecho, la hormona de crecimiento (GH) estimula en las vacas la producción sistémica, y no la producción ovárica de IGF-I. La concentración de GH es, en cierta medida, afectado por las concentraciones elevadas de NPY (38).

De hecho, un estudio en vacas demostró que la inyección de NPY en el tercer cerebroventrículo tendió a aumentar la secreción pituitaria de GH (76). Concluyendo, el balance de energía negativo, puede llevar por un NPY elevado a una alta producción de GH e IGF-I, pero la adaptación a NEB también puede resultar en una disminución de insulina y por consiguiente a un bajo nivel de producción de GH e IGF-I. Además, el efecto estimulador de elevadas concentraciones de GH sobre IGF-I probablemente disminuye o desaparece durante el ayuno o NEB, lo que resulta en una baja producción de IGF-I (102). Una gran cantidad de estudios se han realizado en células ováricas in vitro en relación al efecto de insulina e IGF-I. En estudios in vitro en el efecto sobre células bovinas, se reportó que IGF-I y la insulina estimulan la proliferación, producción de progesterona, y estradiol de las células de la granulosa y producción de

andrógenos en las células de la teca (98). Por consiguiente no es sorprendente que los receptores para insulina e IGF-I estén presentes en varios tipos de las células ováricas aunque hay diferencias en el número de receptores con respecto a la fase del ciclo ovárico y el tamaño del folículo y diferencias con respecto a las especies observadas (38, 49). Acerca de cómo la insulina afecta la producción de esteroides es algo todavía no completamente dilucidado, y allí puede haber diferencias respecto al mecanismo entre especies (102). Otro efecto importante de IGF-I (e IGF-II) observado in vitro, es la acción sinérgica de IGF-I (e IGF-II) con LH y FSH (38, 49, 75, 76) el cual es similar al efecto de la insulina en la sensibilidad de la pituitaria a GnRH y el efecto que fortalece la acción de las gonadotropinas en la producción de esteroides en humanos (49).

2.2.3. Papel de las hormonas crecidas

El efecto de IGF-I in vivo sobre el fluido folicular y sangre es modulado por las proteínas ligadas (IGFBP) (48, 89). El efecto resultante de la concentración de un cierto tipo de IGF-I unido a una cierta concentración y composición de IGFBPs es aún desconocido (2). Tampoco está claro, si una alta concentración sistémica de IGF-I favorece la reproducción, porque estudios en ratones revelaron que en lugar de la producción sistémica de IGF-I, la producción local de IGF-I puede ser más importante para el estímulo del ovario (75). Esto puede ser relevante, porque el tamaño del folículo muestra hasta que punto el IGF-I folicular puede reflejar la concentración sistémica de IGF-I (49).

Estudios in vivo en vacas sobre el efecto de las concentraciones sistémicas más altas de insulina e IGF-I en diferentes aspectos de la fertilidad no está desatinado. Por ejemplo, algunos investigadores encontraron una asociación entre las concentraciones de insulina plasmática en la lactancia temprana y la ovulación del folículo dominante de la primera ola folicular (4), la relación entre la concentración de insulina plasmática y el tiempo a la primera ovulación en el posparto ha sido confirmada tanto como refutada (76, 98). Quizá, esto indica que el proceso de maduración folicular final es más IGF-I e insulino dependiente que la iniciación del crecimiento folicular. Hay un importante efecto estimulador independiente de las

gonadotropinas y/o de insulina e IGF-I sobre el crecimiento folicular (5). Esto también sostendría que la insulina y/o IGF-I son más importantes para el estímulo del folículo creciente, que para la iniciación del proceso de crecimiento folicular (5).

Concluyendo, está claro que aún se discute sobre el efecto de IGF-I en combinación con un cierto nivel de proteínas ligadas que hacen la interpretación de los datos obtenidos muy difícil. Los estudios en vivo sugieren que la insulina y una combinación de IGF-I y sus proteínas ligadas son probablemente más importantes para reforzar el crecimiento folicular y, como resultado, la calidad del ovocito (102).

3.2.3. Papel de las hormonas tiroideas.

Las HT son importantes reguladores de la función de la glándula mamaria. En ausencia de ellas, el crecimiento y la diferenciación del epitelio mamario se reducen (5).

En vacas de leche, la administración de tiroxina aumenta la producción láctea en un 27% (59), la producción de lactosa en un 25% y el porcentaje de grasa en un 42% (76). Las HT son afectadas por la aplicación de somatotropina bovina (bST) a vacas lecheras en producción, de tal forma que se mantiene el estado eutiroideo de la glándula mamaria en presencia de un estado hipotiroideo sistémico, lo que demuestra la capacidad de la bST para establecer una prioridad metabólica para la glándula mamaria (5).

Las hormonas tiroideas tendieron a disminuir durante la restricción del alimento (100). En un estudio epidemiológico reciente, se ha sugerido que las hormonas tiroideas juegan un papel importante en el inicio de la actividad ovárica. Por ejemplo, concentraciones de T3 (triyodotironina) y T4 (tiroxina) eran más bajas en los animales sin actividad ovárica (102). Además concentraciones de T3 debajo de 1.4 ng fueron asociadas con las más bajas concentraciones de estradiol y la manifestación del estro disminuida (76).

En ratones, las HT son necesarias para incrementar la producción de leche en respuesta a la administración de otras hormonas galactopoyéticas (5).

En estudios in vitro que evalúan el efecto de las hormonas tiroideas en la teca y células de la granulosa en ovarios de bovino, revelaron que T3 y T4 pueden tener efectos estimulatorios directos sobre la función ovárica. Los efectos mayores fueron observados sin embargo, en la presencia de insulina o FSH y había sólo menores efectos en la actividad de la aromatasa (67). Al parecer, las hormonas tiroideas son la parte del complejo mecanismo hormonal que regula la esteroidogénesis en el ovario.

3.3. Los efectos en la calidad del ovocito y del cuerpo lúteo en la fertilidad.

Una proximidad totalmente diferente a la observación, de que la no-adaptación disminuye la fertilidad en las vacas lecheras está en la observación de la calidad del ovocito en el momento de la inseminación. En esta hipótesis, la presencia de un número suficiente de ciclos ováricos se toma como garantía, pero la calidad de ovocitos durante una cierta fase de la lactación se pone en duda. Un modelo hipotético que aplica a este acercamiento (76). Lo asumido bajo este modelo es, que el tiempo que un folículo antral necesita para alcanzar su tamaño preovulatorio es de aproximadamente 80 días. Otros estimaron este tiempo a aproximadamente dos ciclos estrales, mientras que el tiempo de un folículo para crecer de su etapa primordial al estado ovulatorio era calculado en 180 días (51).

3.3.1. El papel de IGF-I en la calidad del ovocito.

La leptina e IGF-I, ejercen efectos en las gónadas, en la actividad esteroidogénica y en el desarrollo folicular.

La hormona adiposa, leptina, es un importante indicador de la condición corporal, del estado energético y reproductivo del animal. De la misma manera, el factor de crecimiento insulinoide, IGF, es bien conocido por su papel en el sistema reproductivo a nivel del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (39).

Es un complejo proteico sintetizado principalmente en el hígado, conformado por dos ligandos IGF-I e IGFII, sus respectivos receptores Tipo I y Tipo II y seis tipos de proteínas transportadoras, las cuales son responsables de la bioactividad del IGF-I (87).

Aparte del hígado, IGF se sintetiza en el tejido adiposo, donde también tiene receptores. La acción y estructura de IGF son similares a la insulina en el tejido adiposo (lipogénesis) y muscular. El ligando IGF-I actúa de forma asociada a la hormona del crecimiento (GH), lo que no ocurre con IGF II (39).

Es posible afirmar que los cambios séricos de IGFI y leptina en posparto temprano, pueden ayudar a predecir tanto el estado nutricional como reproductivo de las vacas (87).

La IGF-I tiene efectos directos en el hipotálamo, hipófisis y ovario, pudiendo ser potencial regulador endocrino del retorno de la ciclicidad en las vacas posparto (14). En el hipotálamo, IGF-I modula la respuesta de LH a GnRH durante la fase estral en rumiantes, lo cual se demostró al observar su interacción con estradiol (E_2). Durante la fase estral, se observó in vivo un efecto aditivo en la liberación de GnRH cuando IGF-I y E_2 fueron administrados en bovinos. Al elevarse IGF-I durante la fase estral puede contribuir al aumento de la secreción de LH preovulatoria a nivel hipofisiario (7).

En el ovario, la IGF-I estimula la proliferación de células de la granulosa, promueve la esteroidogénesis, la folículoogénesis, la ovulación, la fertilización, la implantación y el desarrollo embrionario. El receptor tipo I está en estas células en

foliculos saludables o atrésicos, ya sea de estados primarios o preovulatorios (19, 28).

La IGF-I influencia la función reproductiva promoviendo la síntesis de receptores de FSH y de LH seguido por la esteroidogénesis y la producción de inhibina en las células foliculares. En la vía esteroidogénica, estimula el sistema aromatasa, e incrementa la sensibilidad de las células foliculares a FSH y LH (87).

La IGF-I puede mediar el efecto estimulador de FSH sobre la proliferación de las células de la granulosa, produciendo un aumento gradual del crecimiento folicular hasta la formación del antro (14).

A su vez, se conoce ampliamente que la condición corporal y el balance energético están en directa relación con niveles de leptina. Esta hormona actúa en el ovario de manera compleja e íntimamente ligada a la insulina, IGF-I y otros marcadores metabólicos y reproductivos (87).

En conclusión, los estudios en vivo sugieren que la insulina y una combinación de IGF-I y sus proteínas ligadas son probablemente más importantes para reforzar el crecimiento folicular y, como resultado, la calidad del ovocito (102).

3.3.2. El papel de la urea y el amoníaco en la reproducción.

Durante la adaptación en la lactancia temprana, las vacas movilizan la grasa corporal principalmente. No obstante, una cantidad limitada de proteínas también se movilizarán y pueden dar por resultado elevadas concentraciones de urea en plasma. Las vacas con flora ruminal no adaptada a las raciones de lactancia también enfrentan concentraciones más altas de urea en plasma debido a una desigualdad entre energía y proteína a nivel de rumen. Además, la acumulación de triacilglicéridos en el hígado de las vacas como ocurre durante la lactancia temprana puede resultar en concentraciones de amoníaco más altas, porque la

ureagénesis se inhibe (54). Como resultado, sobre todo durante la lactación temprana, puede haber elevadas concentración de urea y de amoníaco (100).

Efectos perjudiciales de la urea y amoníaco pueden ocurrir en diferentes etapas del desarrollo del ovocito, incluyendo el nivel del ovocito durante la etapa preantral del folículo, pero también durante la fertilización, división, y formación del blastocito. Con respecto al amoníaco sea sugerido que la exposición de los ovocitos de folículos antrales a altos niveles de amoníaco, y la formación del blastocito (54, 61). No la concentración real de amoníaco durante la fertilización, división o la formación del blastocito fue la variable explicativa, pero un efecto de la concentración residual del amoníaco durante la fase folicular fue relacionada con la observación. Estas sugerencias se apoyan por los resultados de (9). Enfocando el efecto de urea en este proceso, los estudios epidemiológicos mostraron que las concentraciones de urea en la leche tienen utilidad limitada para predecir los efectos sobre el desempeño reproductivo (100). Estudios más detallados encuentran resultados contradictorios con respecto a los efectos de urea en la tasa de fertilización (9, 59). En contraste, los efectos de la urea en las características del desarrollo del ovocito fertilizado, medido como proporciones de la división rechazada y la formación del blastocito disminuida, fueron similares para estudios diferentes (54).

Concluyendo, los efectos de la urea en la fertilidad, más probablemente se ejerce durante la división y formación del blastocito de los embriones fertilizados, considerando que los efectos de amoníaco son probablemente ejercidos antes de la ovulación. Si estos efectos son debidos a las alteraciones en el ambiente uterino con respecto al pH y concentraciones del iones, o tiene otro mecanismo que no es conocido (14). Cuando se acepte que la urea o el amoníaco pueden dañar a los ovocitos durante la fase folicular, la pregunta se elevará a si esto también está presente durante las etapas tempranas de desarrollo folicular. Esto implica que el efecto de las concentraciones altas de urea en plasma tienen un impacto a tiempo retardado sobre la fertilidad (39)

3.3.3. El papel de los ácidos grasos no-esterificados (NEFA) en la reproducción.

Las concentraciones de NEFA elevadas son la característica más importante de la vaca no-adaptada.

Se ha sugerido que los NEFAs tienen un impacto negativo en la fertilidad (48,54). Hay indicios de que NEFA in vitro tienen un efecto en la fertilidad deprimiendo la producción de progesterona y la proliferación celular de la granulosa (observaciones no publicadas). A qué grado las concentraciones en plasma de NEFA se reflejan en el fluido folicular, no es conocido. También, la captación de NEFA por el ovario durante el diestro es desconocido (48).

En vivo, las concentraciones de NEFA aumentadas se correlacionan con niveles bajos de progesterona y una disminución en el peso del cuerpo lúteo (CL). Otros estudios también encontraron pesos más bajo de CL en los animales durante NEB, pero no encontraron concentraciones de progesterona bajas en plasma (79). Si estos efectos de NEFA sobre la progesterona están presentes, esto puede conducir a una disminución de las probabilidades de preñez (100).

Hay trabajos que revelan que no hubo efecto perceptible de NEFA sobre la tasa de concepción al primer servicio en vacas de mérito genético alto y en el intervalo del parto a la primera ovulación (48, 79, 81).

Los ácidos grasos no-esterificados circulantes son productos de una alta actividad lipolítica del tejido adiposo. En el síndrome metabólico, los NEFAs son un denominador común entre la obesidad, la hipertensión y la resistencia a la insulina, lo que les confiere una participación importante para explicar el mecanismo por el cual la obesidad induce hipertensión o resistencia a la insulina (5).

Concluyendo, hay poca evidencia de estudios en vivo que NEFA tenga efecto perjudicial en la fertilidad. Hay también deficiencia en la explicación teórica de esta observación.

4. Expectativas para el futuro en la investigación.

Hay información consistente sobre una disminución de la fertilidad, medida por prolongado interparto de la vaca o disminución de la tasa de preñez (48). Entre otros, los cambios metabólicos en la lactancia temprana que son consecuencia de la diferencia entre el consumo de energía y requerimientos de energía probablemente ejercen la mayoría los efectos en la reproducción. Hay muchas sugerencias e indicaciones de que hay cambios que se relacionan con un aplazamiento de la primera ovulación y a una disminución en la calidad de los ovocitos que ovulan durante un cierto momento en la lactación temprana. Porque la combinación de varias hormonas y procesos metabólicos están envueltos en la adaptación y fertilidad, es difícil evaluar qué factores en el proceso de la adaptación llevan a cabo un efecto central en algún aspecto importante de la fertilidad. En otros términos, aún cuando la evidencia epidemiológica es fuerte, es difícil para dilucidar las vías que conectan los problemas de fertilidad con la adaptación (48). Las posibles soluciones para restablecer la fertilidad urgen sobre el impulso para obtener información sobre tales vías. Por consiguiente todos los estudios en la relación entre la fertilidad y adaptación deben ejecutarse con este objetivo en mente.

Se requiere un inventario de posibles mecanismos, seguido por una invariable evaluación paso a paso de los diferentes factores involucrados. Aunque mucha investigación a este respecto ha sido conducida, hay preguntas que permanecen sin ser contestados. Por ejemplo, el efecto de NEFA en la proliferación y diferenciación de células luteinizadas de la granulosa, así como su efecto en el ovocito durante la maduración o en el desarrollo del embrión. También, necesita

ser clarificado si las concentraciones de NEFA en el fluido folicular reflejan realmente la concentración de NEFA en el plasma (1).

Los resultados prometedores requieren una última evaluación usando un multinivel de acercamiento en que la importancia de cada uno de los factores invariables es medido en las vacas. Caracterización de una vaca con respecto a la fase de adaptación o la magnitud de éxito de la adaptación, también es difícil, resultado de los diferentes acercamientos por diferentes investigadores. Probablemente, también un acercamiento en todos los niveles se necesita en este punto. Esto significa que los factores de riesgo para la adaptación deben usarse en varias fases de la lactancia, como se discute en el segundo párrafo del papel, en lugar de clasificar, los animales tanto como estar en un balance de energía negativo o adaptada o no. La importancia por ejemplo, de reasignación de la energía entre las diferentes funciones del cuerpo durante la lactación temprana es una de las cuestiones que invariablemente están bajo esta discusión (80).

5. Conclusiones

El desequilibrio de algunos parámetros metabólicos durante el posparto temprano inducen a una disminución en la eficiencia reproductiva de hatos lecheros que no han sido sometidos a un estrecho programa de valoración y vigilancia de aspectos relacionados con una adecuada alimentación y condición corporal durante la fase final del período de transición de las vacas lecheras altas productoras. Lo cual conlleva a la presentación de enfermedades metabólicas clínicas y subclínicas que desencadenan una posterior ineficiencia reproductiva y baja fertilidad.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------------|--|
| 1 BCS | Pérdida de tasa de condición corporal |
| BHBA | Ácido Beta-hidroxibutírico |
| bST | Somatotropina bovina |
| CC | Condición corporal |
| cNEB | Balance energético negativo calculado |
| CSF | Fluido cerebro espinal |
| E₂ | Estradiol |
| FSH | Hormona folículo Estimulante |
| GH | Hormona del crecimiento |
| GnRH | Factor de liberación de las Gonadotropina. |
| HDL | Lipoproteína de alta densidad |
| HT | Hormona Tiroidea |
| IGF- I | Factor de crecimiento parecido a la Insulina tipo I |
| IGF- II | Factor de crecimiento parecido a la insulina tipo II |
| IGFBP's | Insulinas ligadas a proteínas |
| LDL | Lipoproteína de baja densidad |
| LH | Hormona leutinizante |
| Mg/dL | Miligramos por decilitro |
| NEB | Balance Energético Negativo |
| NEFA | Ácidos grasos no esterificados |
| Ng | Nanogramos |
| NPY | Neuropéptido Y |
| NRC | Nutrition research council |
| pH | Potencial hidrógeno |
| POMC | Pro-opiomelanocortina |
| PP | Posparto |
| TAG | Triacilglicerol |
| T3 | Triyodotironina |
| T4 | Tiroxina |
| VLDL | Lipoproteína de muy baja densidad |

Bibliografía Citada

- 1.- Al-Katanani Y. M. Lopes F. F. P., and Hansen P. J. (2002) Effect of Season and Exposure to Heat Stress on Oocyte. Competence in Holstein Cow. *J. Dairy Sci.* 85:390–396.
- 2.- Al-Katanani Y. M., Webb D. W. And Hansen P. J. (1999). Factors Affecting Seasonal Variation in 90-Day Nonreturn Rate To First Service in Lactating Holstein Cows in a Hot Climate. *J. Dairy Sci* 82:2611–2616.
- 3.- Anzola HV. Relaciones entre la nutrición y la reproducción en ganado lechero. *Despertar Lechero*. 1993; 9: 5-17.
- 4.- Aréchiga C. F., Staples C. R., McDowell L. R., and Hansen P. J.(1998) Effects of Timed Insemination and Supplemental b-Carotene on Reproduction and Milk Yield of Dairy Cows Under Heat Stress. *J. Dairy Sci* 81:390–402.
- 5.- Armstrong DV. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Dairy Sci*; 77:2044–50.
- 6.- Arreguin, J. A. A, Santos, R. E., Villa-Godoy, A. y Roman-Porce, H.(1997). Dinámica folicular ovárica en vacas Cebú con diferente condición corporal y frecuencia de amamantamiento durante el periodo anovulatorio posparto. VII Curso Internacional de Reproducción Bovina. Méx, D.F. pp. 210-240.
- 7.- Baskin D.G., Lattemann D.F., Seeley R.J., Woods SC and Porte D. Jr. (1999). Insulin and leptin: dual adiposity signals to the brain for the regulation of food intake and body weight. *Brain Res* 848: 114–123
- 8.- Basurto, C.H., Alonso, D.M. y Mora, M:C.(1998). Efecto del tiempo pos -parto y condición corporal sobre la respuesta al estro y fertilidad en vacas doble propósito tratadas con progesterona y PMSG. XXII Congreso Nacional de Buiatría. Pp. 361-362.
- 9.- Bauchart D.(1993) Lipid Absorption and Transport in Ruminants. *J. Dairy Sci* 76:3864-3881.
- 10.- Beam, S.W. and Butler, W.R.(1998). Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.* 81:121-131.
- 11.- Bishop, D.K. and Wettemann, R.P.(1993). Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates luteal activity in nutritionally anestrous beef cows. *J. Anim. Sci.* 71:2714-2720).

- 12.- Bronicki M, Dembinski Z, Bronicka A. Effect of lipid metabolism disorders on the blood progesterone level in cows in the perinatal period. *Zeszyty-Naukowe-Akademii-Rolniczej-w-Szczecinie, Zootechnika*. 1996; 33: 7-13.
- 13.- Burke J.M., Spiers D.E., Kojima F.N., Perry G.A., Salfen B.E., Wood S.L., Patterson D.J., Smith M.F., Lucy M.C., Jackson W.G., and Piper E.L. (2001). Interaction of Endophyte-Infected Fescue and Heat Stress on Ovarian Function in the Beef Heifer. *Biology of reproduction* 65:260–268.
- 14.- Butler W.R. (2001). Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. In Diskin MG, editor. *Fertility in the high-producing dairy cow*, vol. 26. BSAS Edinburgh, Occasional Publication;. p. 133–45.
- 15.- Butler, W.R and Elrod, C.C.(1995). Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. AIBIR. Sexto Congreso Internacional de Reproducción Bovina. México, D.F. pp.20-27
- 16.- Butler, W.R. and Smith, R.D.(1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:767 - 783.
- 17.- Canfield, R. W. and Butler, W.R.(1990). Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2342-2349.
- 18.- Canfield, R.W. and Butter, W.R.(1990).Energy balance and pulsatile luteinizing hormone secretion in early postpartum dairy cows. *Dom. Anim. Endocrinol.* 7:323-330.
- 19.- Cartmill J. A., El-Zarkouny S. Z. , Hensley B. A., Rozell T. G., Smith J. F. and Stevenson J. S. (2001). An Alternative AI Breeding Protocol for Dairy Cows Exposed to Elevated Ambient Temperatures before or after Calving or Both. *J. Dairy Sci.* 84:799–806.
- 20.- De Vries, M.J., Van Der Beek, S., Kaal-Lansbergen, L.M.T.E., Ouweltjes, W. and Wilmink, J.B.M.(1999). Modeling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first detected estrus postpartum in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1927-1934.
- 21.- Dijkhuizen A.A., Jalvingh A.W., Huirne R.B.M., Galligan D.T., Brand A., Noordhuizen J.P.T.M. and Schukken Y.H. (1996). Economic aspects of herd health and production management in: *Herd health and production management in dairy cows*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 57-73.
- 22.- Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W. and Kaneene, J.B. (1997a). Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:101-112

- 23.- Ealy A.D., Arechiga F.C., Bray R.D., Risco A.C. and Hansen P.J. (1994). Effectiveness of Short-Term Cooling and Vitamin E for Alleviation of Infertility Induced by Heat Stress in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 77:3601-3607.
- 24.- Edling R. A., Collier R. J., and Ax L. R. (2002). Physiological Responses in Thermal Stressed Jersey Cows Subjected to Different Management Strategies *J. Dairy Sci.* 85:1586–1589.
- 25.- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. and Webster, G.(1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- 26.- Ferguson, J. D.(1991).Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet. C linics of North Amer.:* Food Anim. Pract 7:483-50.
- 27.- Galina, C.S.(1997). Esquemas prácticos de manejo reproductivo en ganaderías de carne. VII Curso Intemacional de Reproducción Bovina. México, D.F. pp. 43-51.
- 28.- Galina, C.S. and Arthur, G.H.(1989). Review of cattle reproduction in the-tropics. 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abstr.* 57:889- 910
- 29.- Galvis G. R.D. y Correa C. H.J. (2002) Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica; el eslabón perdido?. *Rev Col Cienc Pec Vol.* 15: 1.
- 30.- Gallegos-Sánchez, S., López, R. y García-Winder, M. J.(1990). Influencia del retraso del amamantamiento sobre el intervalo posparto en vacas *Bos taurus* x *indicus*. *Resúmenes de ALPA.* Pp. 162-170.
- 31.- Gallo, L., Camier, P., Cassandro, M., Mantovani, R., Bailoni, L., Contiero, B. and Bittante, G.(1996). Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 79:1009-1015.
- 32.- Gamsworthy, P.C.(1988).The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow.* 1st. ed. Butterworths, London, England. Pp. 157.
- 33.- García-Winder, M.J.(1990). Efecto de la nutrición sobre la reproducción. *Reunión Anual de Investigación Pecuaria.* Tabasco, México. Pp. 573-580.
- 34.- Gearhart, M.A, Curbs, C.R., Erb, H.N., Smith, R.D., Sniffen, C.J., Chase, L.E. and Cooper, M.D.(1990). Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 73:3132-3140.
- 35.- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y.T. and Karlberg, K.(2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1390-1396.

- 36.- González-Stagnaro, C.(1991). Problemas reproductivos en ganado vacuno. Importancia de los programas de control A.I.D.A. IV. J. Prod. Anim. Zaragoza, España. ITEA. Vol. extra II, I, anex. Pp. 23-27.
- 37.- Gustafsson AH, Emanuelson U. Milk acetone concentration as an indicator of hyperketonaemia in dairy cows: the critical value revised. Anim. Sci. 1996; 63: 183-188.
- 38.- Guzeloglu A., Ambroseb J.D., Kassa T., Diaz T., Thatcher M.J. and Thatcher W.W. (2001). Long-term follicular dynamics and biochemical characteristics of dominant follicles in dairy cows subjected to acute heat stress. An. Rep. Sci. 66:15-34.
- 39.- Hashizume T., Kumahara A., Fujino M and Okada K. (2002) Insulin-like growth factor I enhances gonadotropin-releasing hormone stimulated luteinizing hormone release from bovine anterior pituitary cells. Anim Reprod Sci 70: 13-21.
- 40.- Heuer, C., Schukken, Y.H. and Dobbelaar, P.(1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. J. Dairy Sci. 82:295-304.
- 41.- Houghton, P. L., Lemenager, R. P., Moss, G. E. and Hendrix, K. S. (1990). Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to heigh ratio and visual body condition score. J. Anirn. Sci. 68:1429-1437.
- 42.- Jolly, P.D., McDougall, S., Fitzpatrick, L.A., Macmillan, K.L. and Entwistle, K.W.(1995). Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. J. Reprod. Fert Suppl. 49:477- 492.
- 43.- Jordan E. R.(2003) Effects of Heat Stress on Reproduction. J. Dairy Sci. 86:(E. Suppl.):104-114.
- 44.- Kampl B, Zdelar F, Pracny G, Martincic T. Relationship between concentrations of fat in milk, and very low density lipoproteins cholesterol fraction in blood and incidence of productive diseases in dairy cows. Veterinarski-Arhiv. 1995; 65: 149-154.
- 45.- Keister Z. O., Moss K. D., Zhang H. M. and Teegerstrom T. (2002) Physiological Responses in Thermal Stressed Jersey Cows Subjected to Different Management Strategies. J. Dairy Sci. 85:3217-3224
- 46.- Kelso A. K., Redpath A, Noble C. R., and Speake K. B. (1997) Lipid and antioxidant changes in spermatozoa and seminal plasma throughout the reproductive period of bulls. J. Rep. and fer. 0022-4251

- 47.- Laflamme, L.F. and Connor, M.L.: Effect of postpartum nutrition and cow body condition at parturition on subsequent performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 843-851 (1992).
- 48.- Loeffler H.S., de Vries J. M., and Schukken H.Y. (2001). The Effects of Time of Disease Occurrence, Milk Yield, and Body Condition on Fertility of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 82:2589–2604.
- 49.-Lopes F. F. P, Al-Katanani Y. M., Majewski A. C., McDowell L. R. and Hansen P. J. (2003). Manipulation of Antioxidant Status Fails to Improve Fertility of Lactating Cows or Survival of Heat-Shocked Embryos. *J. Dairy Sci.* 86:2343–2351.
- 50.-Lopes, F.F. P.; Chaser C.C., Chase jr, Al-katanani Y.M., Krininger C.E., Rivera R.S., Tekin S., Majewski A.C., Ocon O.M., Olson T.A., and Hansen, P.J. (2003). Genetic divergence in cellular resistance to heat shock in cattle: differences between breeds developed in temperate versus hot climates in responses of preimplantation embryos, reproductive tract tissues and lymphocytes to increased culture temperatures. *Society for Reproduction and Fertility.* pp 1470-1626.
- 51.- Lucy M. C. (2001). Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *J. Dairy Sci.* 84:1277–1293.
- 52.- Lucy MC, Thatcher WW, Staples RC. Postpartum function: Nutritional and physiological interactions. En: Van Horn, Wilcox CJ (ed). *Large Dairy Herd Management.* First ed, Champaign, 1992; 135-145.
- 53.- Markusfeld, O., Galon, N. and Ezra, E.(1997). Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 141: 67-72.
- 54.- Mattos R., Staples C. R., Arteché A., Wiltbank M. C. and Diaz F. J. (2004). The Effects of Feeding Fish Oil on Uterine Secretion of PGF_{2a}, Milk Composition, and Metabolic Status of Periparturient Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 87:921–932.
- 55.- McDougall, S., Burke, C.R., Macmillan, K.L. and Williamson, N.B.(1995). Follicle patterns during extended periods of postpartum anovulation in pasture-fed dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 58:212-216.
- 56.- Montgomery, G.W., Scott, I.C. and Hudson, N. (1985). An interaction between season of calving and nutrition on the resumption of ovarian cycles in postpartum beef cattle. *J. Reprod. Fert.* 73:45-50.
- 57.- Montiel, F.(2001). Actividad ovárica post-parto en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo mexicano. Tesis Doctoral. FMVZ, UNAM, México.
- 58.- Nebel, R.L. and McGilliard, M.L.(1993). Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*76:3257-3268.

- 59.- Ominski K. H., Kennedy A. D., Wittenberg K. M., and Moshtaghi Nia S. A. (2002) Physiological and Production Responses to Feeding Schedule in Lactating Dairy Cows Exposed to Short-Term, Moderate Heat Stress. *J. Dairy Sci.* 85:730–737.
- 60.- Otto, K.L., Ferguson, J.D., Fox, D.G. and Sniffen, C.J. (1991). Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:852-861.
- 61.- Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D. and Rizzi, R. (1993). Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2528.
- 62.- Rabiee AR, Lean IJ, Gooden JM, and Miller BG. Relationships among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 1999; 82: 39-44.
- 63.- Rae, D.O., Kunkle, W.E., Chenoweth, P.J., Sand, R.S. and Tran, T. (1996). Body condition: influences on beef cattle reproductive performance. XX Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Gro., México. Pp. 339-343.
- 64.- Randel, R.D. (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J Anim. Sci.* 68:853-862.
- 65.- Ravagnolo O., Misztal I. and Hoogenboom G. (2000). Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. *J Dairy Sci* 83:2120–2125.
- 66.- Ravagnolo O. and Misztal I. (2002) Effect of Heat Stress On Nonreturn Rate in Holstein Cows: Genetic Analyses. *J. Dairy Sci.* 85:3092–3100.
- 67.- Ravagnolo O. and Misztal I. (2002.) Studies on Genetics of Heat Tolerance in Dairy Cattle with Reduced Weather Information via Cluster Análisis *J. Dairy Sci.* 85:1586–1589.
- 68.- Richards, M.W., Wetternann, R.P. and Schoenemann, H.M. (1989). Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:1520-1526.
- 69.- Richards, M.W., Wettemann, R.P., Spicer, L.J. and Morgan, C.L. (1991). Nutritional anestrus in beef cows: effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin-like growth factor-1. *Biol. Reprod.* 44:961-966.
- 70.- Rivera R. M., and Hansen P. J. (2001) Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. *J. of Rep. and Fertility.* 1470-1626.

- 71.- Roberson, M.S., Stumpf, T.T., Wolfe, M.W., Cupp, AS., Kojima, N., Werth, L.A, Kittok, R.J. and Kinder, J.E.(1992). Circulating gonadotrophins during of restricted energy intake in relation to body condition in heifers. *J. Reprod. Fort.* 96:461-469.
- 72.- Robinson, J.J.(1990).Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr. Res. Rev.* 3:267-268.
- 73.- Roche, J.F., Crowe, M.A. and Boland, M.P.(1992). Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28:371-378.
- 74.- Román-Ponce, H.(1992). Reproducción y manejo reproductivo de los bovinos productores de carne y leche en el trópico. En: Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Ed. Saúl Hernández-Baca. Oficial Regional de Producción Animal. Santiago de Chile. Pp. 131-138.
- 75.- Roth Z., Meidan R. , Braw-Tal R. and Wolfenson D., (2000). Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J. of Rep. and Fertility* 0022–4251.
- 76.- Roth Z., Meidan R., Shaham-Albalancy A., Braw-Tal R. and. Wolfenson D. (2001) Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles. *J. of Rep. and Fertility* 1470-1626.
- 77.- Ruegg, P.L., Goodger, W.J., Holmberg, C.A., Weaver, L. D. and Huffman, M.E.(1992). Relation among body condition score, serum urea nitrogen and cholesterol concentrations, and reproductive performance in high producing Holstein dairy coes in early lactation *Am. J. Vet. Res.* 53:10-14.
- 78.- Ruegg, P.L. and Milton, R.L.(1995). Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with milk yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 78:552-564.
- 79.- Rukkwamsuk T., Geelen M.J.H., Kruij T.A.M., and Wensing T. (2000) Interrelation of Fatty Acid Composition in Adipose Tissue, Serum, and Liver of Dairy Cows During the Development of Fatty Liver Postpartum. *J. Dairy Sci* 83:52–59.
- 80.- Sanchez W. K., Mcguire M. A. and Beede D. K., (1994). Macromineral Nutrition by Heat Stress Interactions in Dairy Cattle: Review and Original Research. *J Dairy Sci* 77:2051-2079.
- 81.- Sartori R., Rosa G. J. M., and Wiltbank M. C. (2002). Ovarian Structures and Circulating Steroids in Heifers and Lactating Cows in Summer and Lactating and Dry Cows in Winter *J. Dairy Sci.* 85:2813–2822.

- 82.- Savio, J.D., Boland, M.P., Hynes, N. and Roche, J.F. (1990). Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 88:569-579.
- 83.- Schillo, K. K.(1992). Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1271- 1282.
- 84.- Selk, G.E., Wettemann, R.P., Lusby, K.S., Oltjen, J.W., Mobley, S.L., Rasby, R.J. and Garmienda, J.C.(1988). Relationship among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66:3153-3159.
- 85.- Senatore, E.M., Butler, W.R. and Oltenacu, P.A.(1996). Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 62:17-23.
- 86.- Short, R.E., Bellows, R.A, Staigmiller, R.B., Berardinelli and Custer, E.E.(1990). Hysiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.
- 87.- Spicer L.J., Chamberlain C.S., and Maciel S.M. (2002) Influence of gonadotropins on insulin- and insulin-like growth factor-I (IGF-I)-induced steroid production by bovine granulosa cells. *Domest Anim Endocrinol.* 22: 237-254.
- 88.- Stagg, K., Spicer, L.J., Sreenan, J.M., Roche, J.F. and Diskin, M.G.(1998).Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two e ergy levels postpartum. *Biol. Reprod.* 59:777-783.
- 89.- St-Pierre N. R., Cobanov B. and Schnitkey G. (2003) Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.):E52–E77.
- 90.- Tinker, E.D., Buchanan, D.S., Wettemann, R.P., Frahm, R.R. and Knori, L.W. (1989). Effect of breed combination and body condition score on postpartum cyclicity of various two-breed-cross cows. *J. Anim. Sci.* 67 (Suppl. 1):432-438.
- 91.- Titterton M. The interaction between energy balance, hepatic metabolism and return to cyclicity in dairy cows in early lactation: a review and report on recent studies. *J. Zimbabwe-Soc. Anim Prod.* 1994; 6: 3-14.
- 92.- Trout P. J., Mcdowell, R. L. and Hansen, J. P. (1998). Characteristics of the Estrous Cycle and Antioxidant Status of Lactating Holstein Cows Exposed to Heat Stress. *J Dairy Sci* 81:1244–1250.
- 93.- Van Saun, R. J.(1991). Dry cow nutrition: the key to improving fresh cow performance. *Vet Clin. North Amer. Food Arrim. Pract* 7:599.

- 94.- Villa-Godoy, A., Hughes, T.L., Emery, R.S., Chapin, L.T. and Fogwell, R.L.(1988). Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1063-1072.
- 95.- Villa-Godoy, A., Hughes, T.L., Emery, R.S., Stanisiewski, E.P. and Fogwell, R.L.(1990). Influence of energy balance and body condition on estrus and estrous cycles in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 73: 2759.
- 96.- Waltner, S.S., McNamara, J.P. and Hillers, J.K.(1993). Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76:3410-3419.
- 97.- Weaver, L.D.(1992).Condición corporal, producción y reproducción. *Carta Ganadera.* Marzo. Pp. 13-18.
- 98.- West J. W. (2003) Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131–2144.
- 99.- Westwood C. T., Lean I. J., and Garvin J. K.(2002). Factors Influencing Fertility of Holstein Dairy Cows: A Multivariate Description
1.1.1.1.1.1.1 J. Dairy Sci. 85:3225–3237.
- 100.- Wilson S. J., Marion R. S., Spain J. N., Spiers D. E., Keisler D. H., and Lucy M. C. (1998) Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci* 81:2124–2131.
- 101.- Wolfenson D., Roth Z. and Meidan R. (2000). Impaired reproduction in heat-stressed cattle:basic and applied aspects. *Anim. Rep. Sci.* 60–61 535–547.
- 102.- Wolfenson D., Thatcher W.W., Badinga L., Savio J.D., Meidan R., LEW BJ., Braw-tal R. and Berman A. (1995) Effect of Heat Stress on Follicular Development during the Estrous Cycle in Lactating Dairy Cattle. *Biology of Reproduction* 52, 1106-1113.
- 103.- Wright, I.A., Rhind, S.M., Whyte, T.K. and Smyth, A..J. (1992). Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim. Prod.* 55:41-46.
- 104.- Zurek, E., Foxcroft, O. R. and Kennelly, J. J.(1995). Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.*78:1909-1920.