



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ciencias Veterinarias

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS
MENCIÓN: Producción de Rodeos Lecheros

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA
CONDICIÓN CORPORAL EN LA
RESPUESTA A LA INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VACAS
LECHERAS**

AUTOR: M.V. Bertoli, José Gabriel

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTAE
EN CIENCIAS VETERINARIAS

Esperanza, 29 de Mayo de 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ciencias Veterinarias

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS
MENCIÓN: Producción de Rodeos Lecheros

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN LA RESPUESTA A LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VACAS LECHERAS

AUTOR: M.V. Bertoli, José Gabriel

DIRECTOR: Dr. Hugo H. Ortega

CO-DIRECTORA: Dra. Natalia R. Salvetti

Miembros del Jurado:

Dr. Alberto DICK (FCV-UNICEM)

Dr. Jorge SOSA (FCV-UNL)

MSc. Roque GASTALDI (FCV-UNL)

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi familia, que me apoyo y soporto mi ausencia durante el cursado, como así también durante la realización del trabajo de campo.

Al Dr. Oscar J. GARNERO mi PADRE profesional, a quien le debo todo lo que pude realizar en estos 26 años no solo en la parte técnica sino también en la más difícil, la humana.

A las autoridades de la FCV-UNL, por haberme permitido el uso del ecógrafo.

Al Dr. Martín RAMOS (El Misionero), por su apoyo incondicional para llevar a cabo los trabajos de manga.

Al Dr. Matías STANGAFERRO, por su aporte técnico y humano.

A los profesores Dr. Roque J. GASTALDI y Rafael ALTHAUS, por su colaboración en el análisis estadístico.

A los propietarios de los tambos donde realizamos las IATF, Dr. Abelardo BERTONE, Sres. Aldo y Abel ENGLER y Sr. José L. PERREN y a todo el personal de campo por la valiosa colaboración.

A todos los pasantes y alumnos que colaboraron incansablemente en la realización de las tareas de campo.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS UTILIZADAS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XI
SUMMARY	XIII
1. INTRODUCCION	1
1.1 Reseña	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General:	3
1.2.2. Específicos:	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Condición corporal.....	4
2.1.1. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein.....	4
2.1.2. Definición de condición corporal (CC).....	4
2.1.3. Importancia de la condición corporal.....	5
2.1.4. Evaluación de la condición corporal	5
2.1.5. Momentos claves para su evaluación.....	11
2.1.6. Condición corporal óptima.....	12
2.1.7. Implementación de un sistema de evaluación de la condición corporal	15
2.1.8. Evolución de las reservas corporales durante la lactancia	17
2.1.9. Importancia de la condición corporal al parto.....	20
2.1.10. Eficiencia en el uso de las reservas corporales	22
2.1.11. Implicancias de la condición corporal sobre la producción y reproducción	23

2.1.12. Relación condición corporal y eficiencia reproductiva.....	24
2.1.13. Relación entre la condición corporal y la dinámica folicular.....	28
2.1.15 Procesos bioquímicos relacionados con condición corporal.....	31
2.2. Biotecnologías en reproducción animal.....	32
2.2.1. Inseminación artificial (IA).....	33
2.2.2. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras (IATF).....	35
2.3. Efecto de diferentes protocolos para IATF sobre las tasas de concepción aplicados en ganado lechero.....	36
3. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1. Características de los rodeos:.....	40
3.2. Animales utilizados y época del año.....	43
3.3. Clasificación de acuerdo a la CC.....	43
3.4. Descripción del protocolo de IATF utilizado.....	44
3.5. Diagnóstico de gestación.....	45
3.6. Análisis estadístico.....	45
4. RESULTADOS.....	46
5. DISCUSION.....	53
6. CONCLUSIONES.....	60
7. BIBLIOGRAFIA:.....	62

ABREVIATURAS UTILIZADAS

ATP	Adenosín trifosfato
CC	Condición Corporal
CCP	Condición corporal al parto
CIDR B	Dispositivo intravaginal con progesterona
DIV	Dispositivo intravaginal
EEUU	Estados Unidos de América
Eq/l	Equivalente por litro
ER	Eficiencia reproductiva
FSH	Hormona foliculoestimulante
GCC	Grado de condición corporal
GH	Hormona de crecimiento
GnRH	Hormona liberadora de gonadotrofinas
GTCV	Grasa total carcasa vacía
hs	Horas
IA	Inseminación artificial
IATF	Inseminación artificial a tiempo fijo
IEP	Intervalo entre partos
IGF-I	Factor de crecimiento análogo a insulina-I
kg	Kilogramos
LH	Hormona luteinizante
lts	Litros
Mcal	Megacalorias
Mcal Enl	Megacaloría neta de lactancia
mg	Miligramos
Mhz	Megahertzios
ml	Mililitros
mm	Milímetros
MS	Materia seca
NEFAs	Acidos grasos no esterificados
ng	Nanogramo
NRC	National Research Council
PGF	Prostaglandina

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Escala de 1 a 5 para el registro de la CC en vacas lecheras (Wright y Russel, 1984).	
Tabla 2. Equivalencia de valores de condición corporal en 2 Escalas diferentes (Edmonson y col, 1989).	11
Tabla 3. Estado corporal objetivo y rango aceptable en diferentes momentos fisiológicos (Garnsworthy y Topps, 1982; Gearhart y col, 1990).	13
Tabla 4. Parámetros que se modifican al cambiar en una unidad de CC (Otto y col, 1991).	14
Tabla 5. Movilización diaria de grasa alrededor del parto para dos biotipos de vacas lecheras (Rearte y Coudert, 2002).	24
Tabla 6. Efectos de la pérdida del grado de condición corporal (GCC) en el comienzo de la lactancia sobre el índice de concepción. (Jim Linn, 1991).	26
Tabla 7. Estadística descriptiva de las variables analizadas en todos los animales utilizados y diferencialmente en ambas categorías de CC analizadas.	46
Tabla 8. Estadística descriptiva de las variables analizadas en todos los animales preñados y vacíos de ambas categorías de CC analizadas.	47
Tabla 9. Prueba de chi cuadrado para las categorías en que se dividieron según CC al inicio de la IATF y la tasa de concepción.	48
Tabla 10. Efecto de otras variables de las vacas inseminadas sobre la concepción.	48

	Página
Tabla 11. Efecto de la condición corporal y el número de lactancia sobre la probabilidad de concepción de vacas.	49
Tabla 12. Tasa de concepción según inseminador.	50
Tabla 13. Tasa de concepción según el toro.	50
Tabla 14. Tasa de concepción según estructura ovárica encontrada al inicio de la IATF.	51
Tabla 15. Relación entre funcionalidad ovárica, condición corporal y % concepción.	51
Tabla 16. Tasa de concepción según mes del servicio.	52
Tabla 17. Tasa de concepción según época del servicio.	52

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Puntos anatómicos para la determinación del CC (Edmondson y col, 1989).	6
Figura 2. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989).	7
Figura 3. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989). A (≤ 3) B ($\geq 3,25$) C (3) D (2,75).	8
Figura 3. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989). E (2,5) F ($< 2,5$) G (2,25) H (2).	9
Figura 4. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989). A (3,25) B (3,5).	9
Figura 4. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989). C (3,75) D (4–5).	10
Figura 5. Evolución de los requerimientos de energía, reservas corporales y fertilidad, durante la lactancia (Wattiaux, 1994).	19
Figura 6. Eficiencias de deposición y movilización de reservas corporales en condiciones de pastoreo (Holmes, 2002).	22
Figura 7. Fisiopatogenia reproductiva cuando se presenta una baja CC (Lopez, 2006).	30
Figura 8. Protocolo de IATF Ovsynch + Progesterona.	44
Figura 9. Tasa de concepción según la condición corporal y el número de lactancia.	49

La educación es el arma más poderosa
que puedes usar para cambiar el mundo.

Nelson Mandela.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en 3 establecimientos lecheros del departamento Las Colonias, con características productivas y de manejo similares. Se trata de explotaciones de tipo semi-intensivas, cuya alimentación consiste en pasturas de alfalfa, silaje de maíz, silaje de alfalfa, verdes de invierno como avena y/o raigrass, grano de maíz seco o húmedo, y subproductos de las diferentes industrias como expeller de girasol, expeller de soja, semilla de algodón, malta húmeda, cascarilla de soja, sales minerales y secuestrantes de micotoxinas. Los promedios de producción láctea individual rondan los 35 litros en el pico de lactancia y la raza de vacas lecheras predominante es Holando Argentino puro por cruza. En todos los establecimiento se realizan 2 ordeños por día, control lechero mensual, utilizan inseminación artificial y repaso con toro a corral. Además realizan control reproductivo cada 15 días.

Se utilizaron 232 vacas en lactancia, que habían superado el período de espera voluntario de 45 días. Las labores experimentales se desarrollaron en otoño-invierno (abril, mayo y junio) y primavera, (septiembre y octubre) evitando el verano, ya que el estrés calórico podría afectar de manera significativa la fertilidad y por consiguiente los resultados. Los animales se categorizaron de acuerdo a su CC utilizando el sistema típico de escala de 1 a 5. Luego de la categorización, se dividieron en dos grupos: CC menor o igual a 2,5 y CC mayor a 2,5. El protocolo de sincronización de celos empleado fue Ovsynch, combinado con progesterona (P4). Todas las vacas recibieron 2 ml de un análogo de GnRH (lecilerina 0,025 mg/ml), por vía intramuscular, sumado a la colocación de un dispositivo intravaginal (DIV) con 1,56 gr de P4 de liberación lenta el

día 0. El día 7 se retiró el dispositivo y se aplicó 2 ml de prostaglandina sintética (D-Cloprostenol 0,75 mg/ml) intramuscular. Todas las vacas recibieron 2 ml de GnRH 56 hs posteriores al retiro del dispositivo y se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo 72 hs posteriores al retiro del dispositivo. Se realizó la detección y confirmación de preñez a los 30 días pos-servicio mediante ultrasonografía (Aloka 500, con transductor de 5 Mhz, Japón).

Los resultados fueron los siguientes:

Vacas con $CC \leq a 2,5$ (n=99), con una CC promedio de 2,39, una tasa de concepción del 24 % a los 70,5 días en lactancia, producción promedio de 29,3 lts. y 3,2 lactancias promedio.

Vacas con $CC > de 2,5$ (n=133), con una CC promedio de 2,86, una tasa de concepción del 39 % (valor de $p= 0,0017$) a los 68 días en lactancia, producción promedio de 29,5 lts. y 2,8 lactancias promedio.

Por lo tanto se concluye que la CC está directamente relacionada con la eficiencia reproductiva.

Palabras claves: vacas - Holando Argentino - condición corporal - porcentaje de concepción.

SUMMARY

This work was carried out in 3 dairies from Las Colonias County (Santa Fe State, Argentina) with similar milk yield and management characteristics. They all had a semi-intensive management system with a diet consisting of alfalfa pasture, corn silage, alfalfa silage, winter cover crops such as oats and/or ryegrass, high moisture corn or dry ground corn and different industry by-products such as sunflower expeller, soybean expeller, cottonseed, brewers grains wet (malt), soybean hulls, complemented with mineral salts and mycotoxin binders. Individual milk production averaged 35 kg at the lactation peak. Cows, predominantly from the Argentine Holstein breed, were milked twice a day and the information about milk yield and quality was monthly recorded. Gynecological examinations were performed on a by-week interval. The study took place from fall to spring, excluding summer in order to avoid possible detrimental effects of heat stress on fertility.

Two hundred and thirty two lactating cows were divided into two groups at the end of the voluntary waiting period based on their body condition score (BCS), using a 1 to 5 scale (Wright and Russel, 1984). The first group included cows that presented a BCS ≤ 2.5 and the second one, all those that had a BCS > 2.5 .

All cows were enrolled in Ovsynch protocol (Pursley, 1995) with an intravaginal progesterone releasing device (DIV). In summary, on day 0, cows received 2 ml IM of a GnRH analogue (lecilerina 0.025 mg/ml) together with a DIV containing 1.56 g of progesterone. On day 7, the DIV was removed and the cows received 2 ml IM of synthetic prostaglandin (D- Cloprostenol 0.75 mg/ml). At 56 h after PG injection and

DIV removal, all cows received 2 ml of GnRH analogue and were fixed-timed artificially inseminated (FTAI) 16 h later. Pregnancy confirmation by transrectal ultrasound was performed on day 30 post FTAI (Aloka 500, 5 MHz transducer, Japan).

The results were:

Cows with $BCS \leq 2.5$ (n= 99): the mean of BCS was 2.39, the conception rate 24% , DIM at first breeding 70.5, milk yield 29.3 liters and 3.2 lactations.

Cows with $CC > 2.5$ (n= 133): the mean of BCS was 2.86 CC, the conception rate 39% ($p = 0.0017$), DIM at first breeding 68, milk yield 29.5 liters and 2.8 lactations.

Therefore, according with these results we conclude that the CC is directly related to reproductive efficiency.

Keywords: Holstein cow - Body condition - conception rate.

1. INTRODUCCION

1.1 Reseña

Uno de los principales objetivos en el manejo reproductivo de rodeos lecheros es lograr un intervalo entre el parto y la concepción dentro de un período de tiempo razonable, dependiendo de las características de cada establecimiento en particular. La Eficiencia Reproductiva (ER) es una medida del logro biológico neto de toda la actividad reproductiva, que representa el efecto integrado de todos los factores involucrados que son: celo, ovulación, fertilización, gestación y parto (Holy, 1972). Una alta ER es necesaria para una mayor producción de leche y, por lo tanto, tiene una influencia importante en la rentabilidad de la empresa tampera (Pryce y col, 2004).

La baja ER disminuye la rentabilidad del rodeo lechero por: I) prolongación del intervalo entre partos, lo cual resulta en menor producción de leche por vaca y menor cantidad de terneros nacidos por año; II) incremento de rechazos debido a subfertilidad y, por lo tanto, incremento de los costos de reemplazo; III) aumento de mano de obra y costos de inseminación artificial; IV) período de baja producción prolongado y un período seco más allá de lo ideal (45-60 días), que resulta en un exceso de condición corporal de las vacas al parto ($CC > 3,5$) lo cual ocasiona un subsecuente período prolongado de balance energético negativo y baja eficiencia reproductiva (Roche, 2006).

Uno de los principales factores que afecta la ER es la falla en la detección de celos, constituyendo el parámetro más importante en prolongar el intervalo entre partos en rodeos lecheros (Lopez-Gatius, 2000). Raramente se detectan más del 50% de los celos

durante un período determinado (Senger, 1994) y, muy a menudo, vacas falsamente identificadas en estro son inseminadas cuando la concepción no puede ocurrir (Heersche y col, 1994). Algunas alternativas para solucionar este problema son mejorar la capacitación del personal dedicado a dicha tarea, aumentar el tiempo dedicado a la detección de celos, el uso de ayudas para la detección (pinturas, toros marcadores, etc) y la implementación de métodos para aumentar el número de vacas en celo durante un período corto utilizando protocolos de sincronización de celos o la sincronización para inseminar a tiempo fijo.

Un buen manejo reproductivo depende de la óptima nutrición de la vaca, cuyos requerimientos nutricionales varían enormemente dependiendo del estado fisiológico y de la demanda específica de nutrientes para prevenir desórdenes metabólicos en el parto (Boland y col, 2001; Overton y Waldron, 2004). Por lo tanto, debería hacerse hincapié en el manejo nutricional de la vaca antes y durante el período seco, en la longitud de este periodo, la condición corporal (CC) actual, la CC objetivo y la pérdida de CC que ocurre como consecuencia de la lactancia (Roche, 2006).

Siendo el estado nutricional de la hembra bovina un parámetro fundamental para el adecuado desempeño reproductivo y considerando a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) una de las herramientas más valiosas utilizadas actualmente para mejorar dicho desempeño, el presente trabajo relaciona estos dos factores (IATF y condición corporal) con el fin de incrementar los conocimientos acerca de la CC óptima a la hora de implementar estos métodos.

1.2 Objetivos

1.2.1 General:

Evaluar la tasa de concepción a primer servicio, en vacas Holando Argentino, de acuerdo a la condición corporal al inicio del protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo.

1.2.2. Específicos:

- i. Estimar la condición corporal de vacas Holando Argentino en lactancia al inicio del protocolo (a partir de los 45 días pos-parto).
- ii. Inducir la sincronización de los ciclos estrales mediante la utilización de un protocolo hormonal, inseminando a los animales a tiempo fijo.
- iii. Diagnosticar las preñeces obtenidas a los treinta días pos-servicio mediante el uso de ultrasonografía.
- iv. Analizar estadísticamente los datos obtenidos, correlacionando la condición corporal con los porcentajes de preñez logrados.
- v. Establecer relaciones que permitan estimar cuál sería la condición corporal mínima y/o máxima, sobre la cual se justificaría la implementación de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo, medido a través de la tasa de concepción.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Condición corporal

2.1.1. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein

En la actualidad, uno de los mayores problemas que influye sobre los parámetros económicos en los rodeos lecheros son los índices de eficiencia reproductiva, lo que se ve influenciado por varios factores, de los cuales el más importante es el aspecto nutricional, supeditado a estrictos balances en la dieta, principalmente energía-proteína. Los registros de condición corporal (CC) son una herramienta que, por desde hace más de 25 años, han sido evaluados y correlacionados con parámetros reproductivos y productivos, y se presentan como la forma más fácil, económica y objetiva para medir en forma cuantificable dichas relaciones. El correcto manejo de esta herramienta depende de la experiencia y manejo de los datos por parte del técnico o asesor, con lo cual podemos ajustar prácticas de manejo para mejorar los parámetros del rodeo especialmente en lo referente a nutrición y reproducción.

2.1.2. Definición de condición corporal (CC)

La CC es una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa (López, 2006). Por lo tanto, es un indicador del estado nutricional de la vaca. También ha sido definida como un método subjetivo para evaluar las reservas energéticas en vacas lecheras (Edmonson y col, 1989).

2.1.3. Importancia de la condición corporal

La variación de la CC de un animal en forma individual, o de la totalidad del rodeo, tiene varias implicaciones que pueden ser utilizadas para la toma de decisiones. Cuando los animales tienen una alta tasa de movilización tisular se incrementan los valores de ácidos grasos no esterificados (NEFAs) y β -hidroxibutirato en sangre, pero las concentraciones de insulina, glucosa e IGF-I se reducen (Grummer y col, 2004). El estado metabólico asociado con altos índices de movilización lipídica aumenta el riesgo de hipocalcemia, acidosis, hígado graso, cetosis y desplazamiento abomasal (Maizon y col, 2004; Overton y Waldron, 2004). Las vacas afectadas por estos trastornos metabólicos son más propensas a sufrir: anestro, mastitis, problemas podales y reducción de la tasa de concepción (Fourichon y col, 1999; Lucy, 2001; López-Gatius y col, 2002; Maizon y col, 2004).

La CC y sus cambios son más confiables como indicadores del estado nutricional que del peso corporal; ya que el peso está afectado por la fase de gestación y la cantidad de alimento en el tracto gastrointestinal. Por todo lo anterior, la evaluación de la CC es una herramienta importante para la toma de decisiones de manejo a nivel de rodeo.

2.1.4. Evaluación de la condición corporal

A lo largo del ciclo anual de producción y reproducción de una vaca lechera, la demanda y suministro de energía debe estar balanceada. Durante un momento específico del ciclo, el balance puede variar y mostrar un exceso o deficiencia de energía. Cuando el suministro de energía es mayor que la demanda, el exceso es

almacenado en forma de grasa corporal. Este banco de energía puede ser consumido durante períodos de balance energético negativo cuando lo consumido no satisface las necesidades de mantenimiento y producción del animal.

Al aumentar la calificación de la CC, disminuyen los contenidos de agua, proteína y cenizas mientras que la grasa se incrementa, ésta reemplaza el agua en los tejidos orgánicos. Por ello, los registros de CC son una medida subjetiva del almacenamiento de grasa corporal (Ferguson y Ka, 1989). Es por ello que la correcta estimación de las reservas corporales debe hacerse de forma sistemática a través de la medición de la CC en forma visual y por palpación de distintos puntos anatómicos (figura 1).

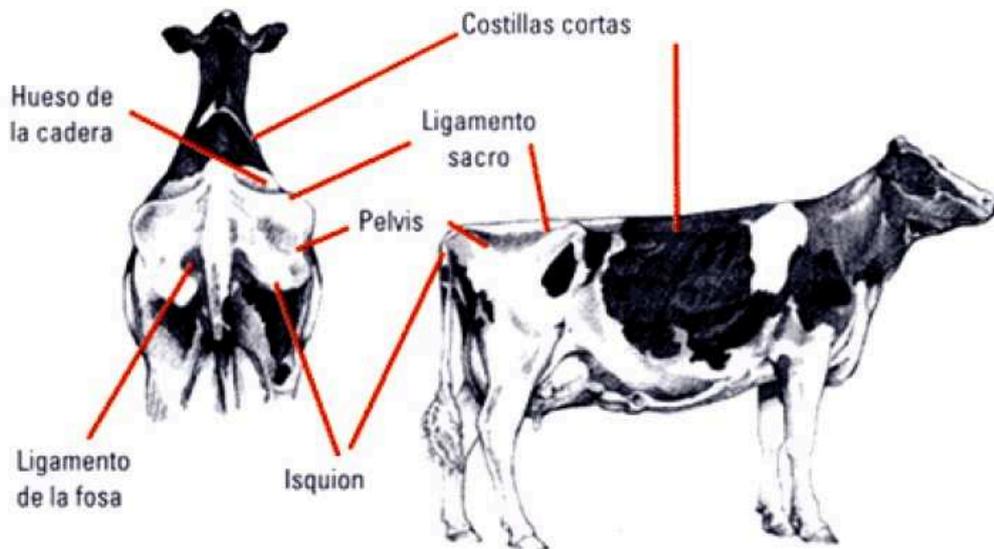


Figura 1: Puntos anatómicos para la determinación de la CC (Edmondson y col, 1989).

Tabla 1: Escala de 1 a 5 para el registro de la CC en vacas lecheras (Wright y Russel, 1984).

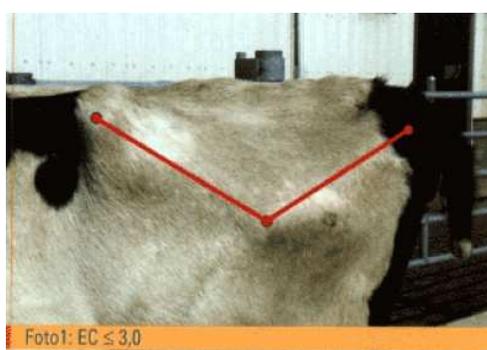
1	Emaciada
2	Delgada
3	Promedio
4	Grasosa
5	Obesa

Grado de condición corporal	Vértebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

Figura 2. Grados de condición corporal (Edmondson y col, 1989).

El primer paso en la determinación de la CC es la observación lateral de la línea imaginaria que une el hueso de la cadera al isquion. Si el área está descubierta de grasa subcutánea la parte superior del fémur es visible y la línea proyectada tiene forma de V,

entonces la CC es $\leq 3,0$ (Figura 3A). Si por el contrario una mayor deposición de grasa subcutánea oculta la parte superior del fémur, la línea proyectada tiene forma de U y la CC es $\geq 3,25$ (Figura 3B). Este paso generalmente es el más difícil en el proceso de calificación, sobre todo si la vaca se encuentra entre una calificación de 3,0 y 3,25. Si hay dudas en cuanto a si se trata de una V o una U, se recomienda seguir con el paso siguiente de acuerdo a lo indicado en las figuras 3C a 3J y 4A a 4D.

Foto1: EC $\leq 3,0$ Foto2: EC $\geq 3,25$

Figuras 3 A y B: Imágenes representativas de las diferencias entre CC $\leq 3,0$ y $\geq 3,25$.



EC = 3,0

Figura 3C: Si la vista lateral toma la forma de V y el hueso de la cadera visto de atrás se observa redondeado, la CC es 3.



EC = 2,75

Figura 3D: Si el hueso de la cadera es angular y la parte posterior del isquion está parcialmente cubierta por grasa subcutánea, la CC es 2,75



EC = 2,50

Figura 3E: Si el ala del ileon y la parte posterior del isquion son angulares pero se palpa grasa subcutánea en la parte posterior del isquion, la CC es 2,50.



EC < 2,50

Figura 3F: Si no se palpa grasa subcutánea en la parte posterior del isquion, la CC es < a 2,50.



EC = 2,25

Figura 3G: Si la mitad de las costillas cortas son visibles, la CC es 2,25.



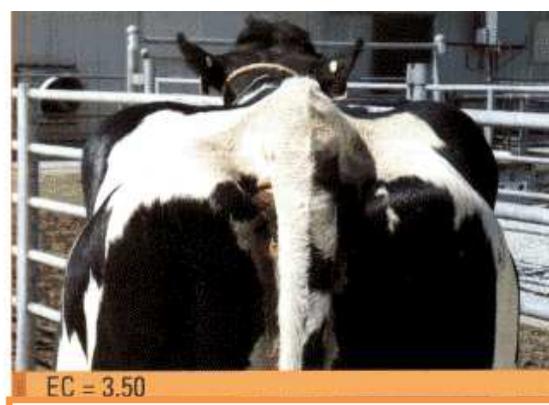
EC = 2,0

Figura 3H: Si 2/3 de las costillas cortas son visibles, entonces la CC es 2.



EC = 3,25

Figura 4A: Si el ligamento sacro y los ligamentos a ambos lados de la cola son visibles, la CC es 3,25.



EC = 3,50

Figura 4B: Si el ligamento sacro es visible y los ligamentos a ambos lados de la cola son parcialmente visibles, la CC es 3,50.



Figura 4C: Si el ligamento sacro es parcialmente visible y los ligamentos a ambos lados de la cola no son visibles, la CC es de 3,75.

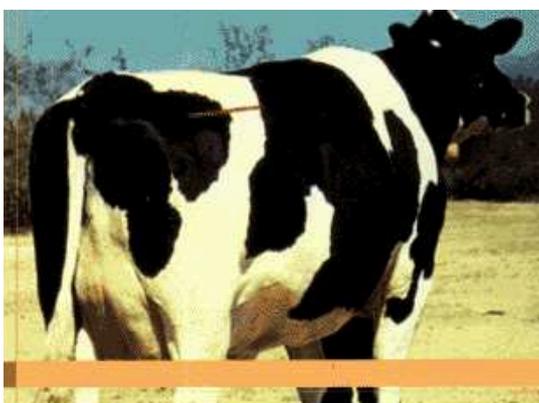


Figura 4D:

- Si ambos ligamentos no son visibles y la vista lateral del área pélvica proyecta una línea recta entre el hueso de la cadera y el isquion, la CC es ≥ 4
- Si la punta de las costillas cortas no es visible la CC es 4,25
- Si la parte posterior del isquion se encuentra sumergida en grasa subcutánea, la CC es 4,50
- Si ningún accidente óseo es visible, la CC es 5

Si bien esta metodología permite clasificar fácilmente a la mayoría de los animales, por ser subjetiva, pueden presentarse dudas entre distintos evaluadores (Ej.: 2,0 ó 2,25; 3,50 ó 3,75). Estas diferencias de cuarto punto no son significativas sobre todo cuando es la misma persona la encargada de realizar estimaciones sucesivas.

Por otra parte, Edmonson y col. (1989), idearon un sistema diferente de evaluación de la CC, utilizando una escala de 1 a 9, pero con el mismo fundamento y

características. Dicho sistema se puede extrapolar al más comúnmente utilizado (1 a 5) mediante la conversión indicada en la tabla 2.

Tabla 2. Equivalencia de valores de condición corporal en 2 Escalas diferentes (Edmonson y col,1989).

CONDICION CORPORAL (1 al 5)	CONDICIÓN CORPORAL (1 al 9)
1	1
1,5	2
2	3
2,5	4
3	5
3,5	6
4	7
4,5	8
5	9

2.1.5. Momentos claves para su evaluación

Existen momentos claves para la evaluación de la CC como son, al secado, al ingreso a pre-parto, al parto y al pico de producción (8 a 12 semanas pos-parto) (Ferguson y col, 1994).

- Al secado: la estimación de la CC al secado es útil para corroborar que la alimentación durante los últimos meses de lactancia haya permitido una correcta recuperación de reservas corporales.
- Al ingreso a preparto: si bien los requerimientos durante los primeros 30 días de secado se reducen considerablemente, muchas veces no se ofrece una

alimentación apropiada. Durante este período, los animales no deberían perder CC, incluso de ser necesario deberían terminar de lograr la CC objetivo al parto, por lo que es importante su evaluación en el ingreso al parto.

- Al parto: durante el parto los animales no deberían ganar ni perder CC, lo que se corrobora considerando la CC al parto.
- Pico de lactancia: la determinación de la CC entre los 30 y 45 días de lactancia permite controlar que la pérdida de estado no sea superior a 1 punto de CC entre el parto y el pico de producción.

2.1.6. Condición corporal óptima

La CC ideal está dentro de un rango estimado y es una función de la etapa de lactación (Garnsworthy y Topps, 1982; Gearhart y col, 1990) (Tabla 3). Las vacas secas necesitan suficientes reservas corporales para soportar la lactación y la producción de leche. Sin embargo, observaciones repetitivas demuestran que vacas secas excesivamente gordas deben perder CC y por ello disminuyen su consumo de materia seca (Wildman y col, 1982; Garnsworthy y Jones, 1987; Gearhart y col, 1990). En adición, vacas gordas tienen mayor riesgo de presentar problemas metabólicos después del parto (Otto y col, 1991). Es por ello que una CC razonable al parto debería ser aquella que provea las reservas suficientes para el parto y la lactación.

Una CC óptima en vacas secas debe ser de 3.0 a máximo 3.75, el riesgo de problemas posparto puede ser abolido cuando las vacas tienen una CC de 3.25 a 3.50.

Una CC baja en el período seco está asociada con incrementos en distocias (Morrow y col, 1979). La merma en la CC desde el parto hasta el momento del pico de producción (8 a 12 semanas pos-parto), debería ser menor de 1 unidad, y en lo posible deberían estar por encima de 2.5. La condición corporal en los primeros 100 a 120 días de lactación deben obtener un registro entre 2.5 a 3.5. Las vacas que tienen algún tipo de enfermedad bajan ligeramente más su condición que vacas saludables, alrededor de 0.25 unidades (Wildman y col, 1982).

Tabla 3: Estado corporal objetivo y rango aceptable en diferentes momentos fisiológicos (Garnsworthy y Topps, 1982; Gearhart y col, 1990).

Momento fisiológico	CC objetivo	Rango aceptable
Parto	3,50	3,25 a 3,75
Lactancia temprana	2,75	2,50 a 3,00
Lactancia media	3,00	2,75 a 3,25
Lactancia tardía	3,25	3,00 a 3,50
Período de secado	3,50	3.25 a 3,50

Trabajos que examinaron la composición de reses de vacas Holstein con relación a la CC, encontraron que 1 unidad de cambio en la CC es equivalente a 56 Kg. de peso corporal (Otto y col, 1991). La grasa corporal se incrementa en 12.65% para cada incremento en 1 unidad de CC y la proteína corporal decrece 12.19% para cada incremento en 1 unidad de CC. Se demostró que el registro de CC está correlacionado con la composición corporal y que también es muy usado a nivel de campo para valorar la composición en reses sacrificadas (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros que se modifican al cambiar en una unidad de CC (Otto y col, 1991).

1 unidad de pérdida de (BCS)	ITEM
Tejido movilizado	56 Kg (40- 77 Kg)
Energía negativa acumulada	-400 Mcal (-300 a -500)
Tiempo de máxima pérdida	30 días PP (4 a 6 semanas)
Tiempo para obtener incremento en condición	50- 70 días PP
Condición óptima al parto	3.0 a 3.5

Ferguson y Ka (1989), evaluaron los cambios en la CC en relación al balance de energía en 43 vacas Holstein de alta producción. Dichos animales fueron alimentados con dietas ad libitum para un máximo consumo en materia seca. Ellos observaron que los cambios en la CC están correlacionados con balance energético negativo acumulado, donde una unidad de pérdida de CC equivale a 400 Megacalorías de balance energético negativo acumulado. Esta cantidad en el balance acumulado representa la movilización grasa necesaria para producir 600 Kg. de leche. En estos animales, la pérdida de CC es máxima de 4 a 6 semanas posparto con un promedio cerca de 0,5 a 1 punto de CC, y comienza a incrementarse a partir de las 12 semanas posparto.

Los cambios en la CC modifican la composición en la res y también de la utilización de la energía en vacas Holstein, lo cual sirve para hacer mediciones a campo acerca del manejo energético del animal. Examinando las determinaciones de la CC, se ha descrito que la repetitividad es cerca del 56 %, es decir que el 56% de las veces, las

observaciones dieron el mismo registro en las mismas vacas. Un 34% adicional de las veces las observaciones variaron en más o menos 0,25 de registro para la misma vaca. De esta manera, el 90% de los registros son desviados por 0,25 de puntuación o exactos. Los registros entre observaciones están correlacionados de 0.89 a 0.93 (Ferguson y col, 1994).

2.1.7. Implementación de un sistema de evaluación de la condición corporal

Existen varias dimensiones de registros de CC para rodeos lecheros. Una dimensión es el cambio en CC con la etapa de lactación. Una segunda dimensión es la CC del rodeo comparando mes por mes, y una tercera dimensión de la CC entre grupos de animales en el rodeo. La evaluación de las diferencias en la CC entre grupos puede reflejar la etapa de lactación, dependiendo del criterio de agrupamiento.

La CC puede ser seguida para cada vaca, desde el período seco y desde la lactación. Con esto se podría generar un promedio y un sistema que identifique a un animal en forma individual a través del tiempo y con estos cambios formar un perfil promedio de CC del rodeo. Esto requiere de registros de CC con una frecuencia establecida que permita capturar los cambios de la condición en cada vaca en las etapas críticas de la lactación. Con ello se generaría una base de datos organizada y que permita determinar los cambios de la CC en función de la lactación o si se requiere en función de la eficiencia reproductiva.

Una aproximación diferente de los registros de CC, es la colección de los datos de todas las vacas o una muestra representativa del rodeo una vez al mes. El rango de

distribución y los promedios de los registros deben ser comparados mes por mes para valorar los cambios en la CC.

Los registros de la CC del rodeo o de grupos dentro del mismo, permiten determinar la cantidad de animales ubicados por debajo o por encima de los límites aceptables. Estos límites pueden ser definidos entre vacas muy delgadas y vacas muy obesas. Vacas que son muy delgadas tienen un registro de 2.5 o menos y vacas muy obesas tienen un registro de 3.5 o más, por lo tanto, animales entre estos dos extremos son consideradas normales.

Las vacas con una CC inferior a 2.5 presentan mayor movilización de sus reservas grasas corporales localizadas en tejidos subcutáneos, intermuscular y espacios del omento. Estas vacas tienen muy pocas reservas corporales para mantener una demanda energética adicional en la lactación. Vacas por encima de 3.5 son animales que por sus características sobresalen del grupo y deberán reducir el consumo de materia seca al parto, para disminuir de este modo su CC, ya que de lo contrario van a presentar problemas metabólicos.

La CC nos permite clasificar las vacas como porcentaje de vacas muy flacas o muy gordas y en consecuencia el resto tendrá una CC aceptable. Para el grupo de vacas secas, las vacas muy flacas tienen una CC inferior a 3.0 y las vacas muy gordas por encima de 3.5. Normalmente se acepta que del 10 al 15% del grupo, momentáneamente esté por fuera del rango normal, ya que son vacas que van a tener diversos problemas como días abiertos prolongados, y en consecuencia un intervalo entre partos (IEP) prolongado, y por ende no satisfacen los estándares normales. En general del 70 al 80%

de las vacas deben estar incluidas en el rango normal, al porcentaje de vacas por encima o por debajo de los límites, se les debe implementar prácticas de manejo específicas.

En forma similar podemos definir los mismos criterios para vacas en el grupo de lactación, donde vacas muy delgadas están por debajo de 2.5 y vacas muy obesas por encima de 3.25. De la misma manera del 10 al 15% del grupo puede estar momentáneamente por fuera del rango. Por último, vacas por encima de 3.25 en las etapas finales de lactación, se les debe implementar prácticas de manejo adecuadas para mantener su CC.

2.1.8. Evolución de las reservas corporales durante la lactancia

Luego del parto, el consumo voluntario de materia seca (MS) no es suficiente para cubrir los requerimientos energéticos de vacas lecheras de media y alta producción, por lo cual los animales entran en balance energético negativo. En estas situaciones, la energía necesaria para la producción de leche se obtiene a partir del alimento consumido y de la movilización de reservas corporales. Más del 40 % de la grasa butirosa de la leche producida en los primeros días de lactancia es sintetizada a partir de las reservas grasas movilizadas (Beh, 1995). La movilización de reservas, y la consecuente pérdida de CC, permite sostener más del 30% de la producción durante el primer mes de lactancia, y su utilización se extiende hasta que la producción se reduce al 80% de la lograda en el pico de lactancia (Gallo y col, 1996).

La movilización de reservas en el inicio de la lactancia es un proceso fisiológico normal, que se vuelve perjudicial y afecta la salud cuando es excesivo. La magnitud de

la caída en CC en inicio de lactancia depende no sólo del nivel de alimentación sino también del nivel de producción y de la CC al parto. Las vacas de alta producción normalmente pierden más estado debido a un balance energético negativo más agudo en comparación con animales de menor mérito genético, especialmente si llegan al parto con una buena CC. Por el contrario, las vacas que paren con menor CC pero que son alimentadas con dietas altas en concentrados y bien balanceadas, muestran menor variación en su CC en inicio de lactancia.

Al parto la CC óptima debe ser de 3,50 y los animales no deberían perder más de un punto en los primeros 60 días de lactancia. Las vaquillonas, por su parte, deben continuar su etapa de crecimiento durante la lactancia por lo que la recomendación es lograr una CC al parto de 3,50 a 3,75. En la medida que los animales van recuperando su capacidad de consumo, dejan de perder estado y progresivamente comienzan a recuperar reservas (Figura 5).

Al secado debería alcanzarse una CC de 3,25 a 3,50 para terminar de lograr, en caso de ser necesario, la CC objetivo al parto (3,5) durante los primeros 30 días de este período. Esta recuperación de reservas corporales se logra alimentando al rodeo por encima de sus requerimientos en la lactancia tardía y/o primer mes de secado con el objetivo de crear reservas para la próxima lactancia. Por otra parte, algunos autores (Overton y Waldron, 2004) recomiendan lograr la CC objetivo al parto en el momento del secado, debido a que la recuperación de reservas durante la primera etapa del período de secas, puede generar señales endocrinas durante los últimos días preparto, que condicionarían negativamente la salud y consecuentemente, la futura producción de leche. Durante el último mes de gestación el consumo de MS se reduce y las vacas

direccionan una proporción importante de nutrientes hacia la glándula mamaria y el ternero en desarrollo, por lo que no es el momento más apropiado para seguir recuperando estado.

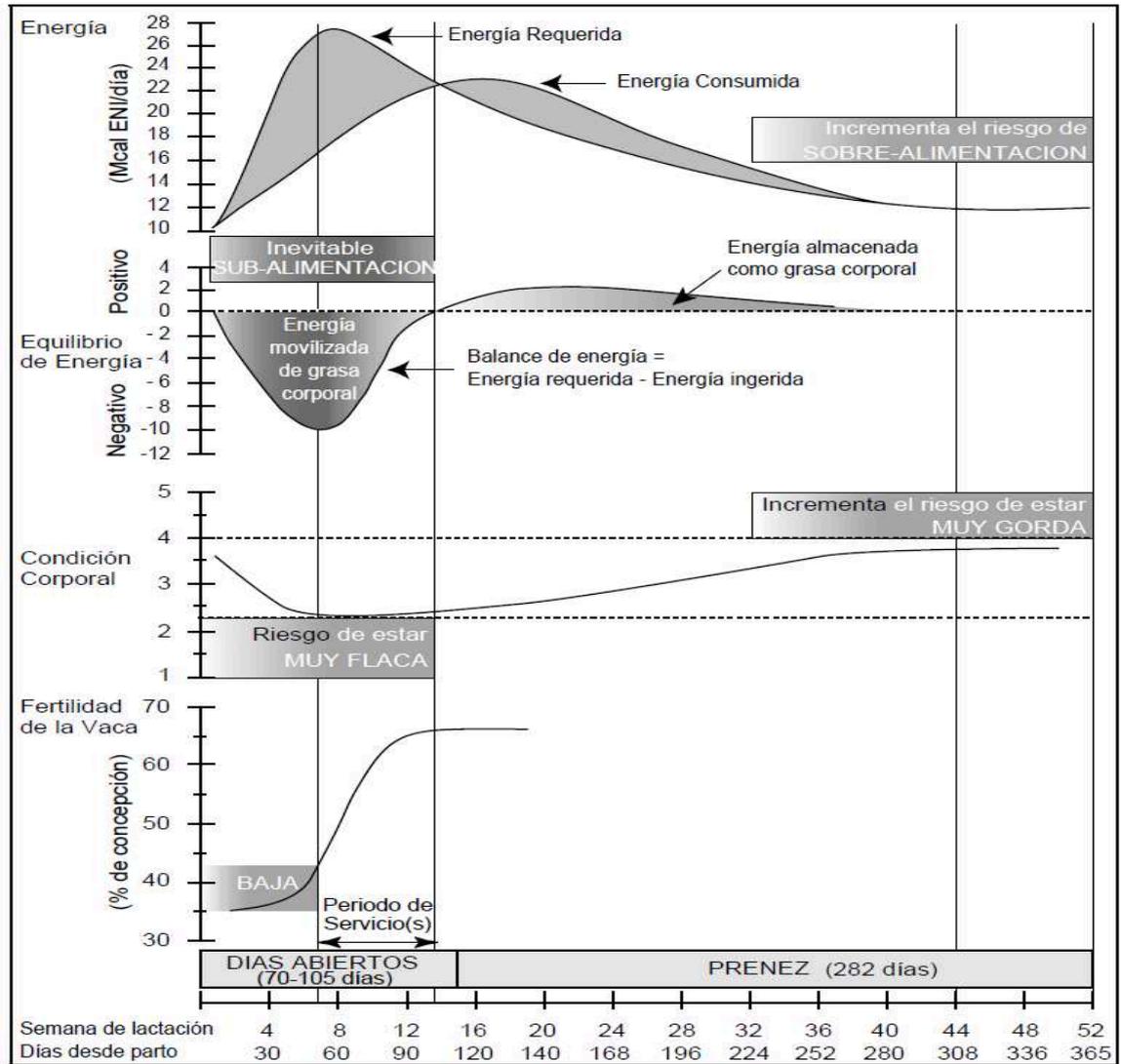


Figura 5. Evolución de los requerimientos de energía, reservas corporales y fertilidad, durante la lactancia. (Wattiaux, 1994.).

2.1.9. Importancia de la condición corporal al parto

La CC al parto y la intensidad con la que los animales pierden estado en el inicio de la lactancia, tiene implicancias directas sobre la producción de leche, la incidencia de enfermedades metabólicas y el desempeño reproductivo del rodeo. En sistemas de producción con altos niveles de intensificación, el principal problema es la sobrealimentación y el consecuente exceso de gordura al parto. Las vacas que paren con CC superiores a las deseadas presentan mayores restricciones al consumo de alimentos en inicio de lactancia, agudizando su balance energético negativo. Esto induce una mayor movilización de grasas corporales que no pueden ser completamente metabolizadas por el hígado. El funcionamiento hepático suele verse afectado aumentando las posibilidades de cetosis clínica o subclínica (Overton y Waldron, 2004). En estos casos las recomendaciones son evitar estados corporales superiores a 3,5 al parto para evitar partos distócicos, problemas de cetosis y patologías reproductivas. Con el objetivo de evitar una excesiva CC al parto, el NRC (2001) recomienda ofrecer durante los primeros 30 días de secado dietas balanceadas pero de moderada densidad energética (1,25 Mcal EN_L/kg MS) mientras que durante los últimos 20 días antes del parto se recomienda aumentar la densidad energética de la dieta (1,54 a 1,52 Mcal EN_L/kg MS) con el fin de acostumbrar a los animales a las dietas de inicio de lactancia. En sistemas de producción con dietas totalmente mezcladas y con una importante participación de concentrados en la dieta, Contreras y col, (2004) recomiendan una CC al parto de 3,0 en lugar de los 3,50 puntos tradicionalmente aconsejados, justificado por la mayor restricción al consumo en inicio de lactancia en la medida que la CC al parto aumenta. Bajo estas condiciones de alimentación una CC al parto moderadamente bajo

parecería tener respuestas positivas sobre la salud y la producción de leche en inicio de lactancia, siempre y cuando luego del parto se logren altos consumos de alimentos de alta calidad (Stockdale, 2001). Difícilmente pueda ofrecerse este tipo de alimentación en sistemas de producción pastoriles, debido a las limitantes al consumo que impone el bajo porcentaje de MS del forraje fresco y a su menor densidad energética con relación a dietas basadas en concentrados. En estos casos, generalmente el problema es la falta de reservas energéticas para afrontar la próxima lactancia. Las vacas que paren con una CC inferior al óptimo, producen menos leche por carecer de las reservas energéticas necesarias para sostener altas producciones con limitados consumos de MS. Holmes y col, (2003) concluyeron que en vacas Jersey en condiciones de pastoreo, por cada punto de CC extra al parto (25 a 30 kg de peso vivo) se producen entre 8 y 15 kg adicionales de sólidos en leche y se reduce el período de anestros posparto entre 5 y 10 días.

Una alimentación posparto baja en energía también aumenta las posibilidades de cetosis. El metabolismo hepático de los ácidos grasos que normalmente se movilizan desde el tejido adiposo en inicio de lactancia, requiere de un adecuado nivel de glucosa en sangre. Dietas posparto con baja participación de concentrados almidonosos no permiten mantener la glucemia en los niveles requeridos para el uso completo de las reservas movilizadas, aumentando de esta manera la incidencia de cetosis.

Cada vaca que sufre un cuadro de cetosis subclínica (por excesiva CC al parto y/o por un bajo consumo de concentrados almidonosos posparto) tiene 4 veces más de posibilidades de presentar anestros prolongados, 11 veces más posibilidades de presentar quistes ováricos, 6,50 veces más posibilidades de presentar mortalidad

embrionaria y 54 veces más posibilidades de repetir servicios (Fourichon y col, 1999; Lucy, 2001; López-Gatius y col, 2002; Maizon y col, 2004).

Trabajos llevados a cabo por el Dr. Carlos Corbellini del INTA durante los años 2003 y 2004 en tambos del norte de la provincia de Buenos Aires, indican que por cada caso de cetosis subclínica, la producción de leche disminuye aproximadamente 200 litros en los primeros 90 días de lactancia (Grigera y Bargo, 2005).

2.1.10. Eficiencia en el uso de las reservas corporales

La eficiencia con la cual la energía metabolizada del alimento es utilizada para la recuperación de reservas corporales depende de la concentración energética de la dieta y del estado fisiológico del animal. En condiciones de pastoreo esta eficiencia es de aproximadamente el 60 % si la recuperación de reservas se produce durante la lactancia y del 47 % si esta recuperación se logra durante el período de secado (Holmes, 2002).

(Figura 6).

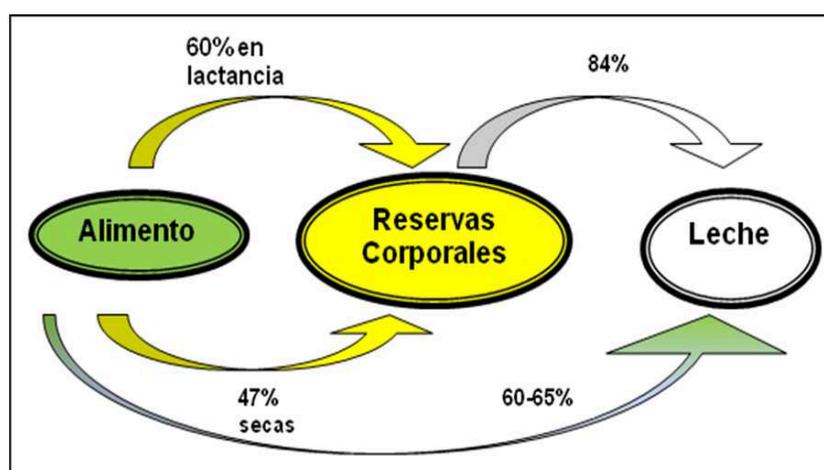


Figura 6. Eficiencias de deposición y movilización de reservas corporales en condiciones de pastoreo (Holmes, 2002).

La energía requerida para la síntesis de leche puede provenir del alimento ingerido o de la movilización de reservas corporales. La energía metabolizable contenida en el alimento es utilizada para la síntesis de leche con una eficiencia que varía entre el 60 y 65 %, dependiendo del tipo de dieta utilizada, mientras que la producción de leche a partir de la energía proveniente de la movilización de reservas corporales se logra con una eficiencia del 84 % (NRC, 2001). Si se considera la eficiencia global para producir leche a partir de reservas corporales, la misma es del 50 % si las reservas fueron generadas durante la lactancia ($0,60 \times 0,84$) y del 40 % si las reservas corporales fueron recuperadas durante el período de secado ($0,47 \times 0,84$), lo que demuestra la conveniencia de lograr al secado la CC objetivo al parto.

2.1.11. Implicancias de la condición corporal sobre la producción y reproducción

Diferencias entre biotipos

La estimación de la CC mediante la técnica de los cinco puntos puede utilizarse siguiendo el mismo criterio para clasificar diferentes razas y biotipos lecheros. Sin embargo, en la medida que el tamaño estructural de los animales es menor, la cantidad de reservas grasas disponibles a una misma CC suele ser más baja. En el INTA Balcarce, Rearte y Coudert cuantificaron en 2002 la diferencia en la movilización de grasa corporal entre biotipos durante el periodo de transición (Tabla 5) (Grigera y Bargo, 2005). Utilizando la ecuación de Waltner y col (1994), calcularon la cantidad de grasa total en la carcasa vacía (GTCV) en preparto y posparto comparando ensayos locales bajo condiciones de pastoreo, con resultados de rodeos de EE.UU.:

$$\text{GTCV} = -122,1 + 0,21 \times \text{PESO VIVO} + 36 \times \text{EC} \quad (R^2 = 0,78, \text{ES } 4,16 \text{ KG})$$

La pérdida de CC fue similar en ambos rodeos, sin embargo, por cada punto de CC, las vacas en EE.UU. movilizan en promedio 17 kg más de grasa, lo que equivale a unos 113 litros de leche adicionales (Tabla 5). Esto implica que si bien los biotipos más chicos presentan un menor potencial de producción, disponen de menos reservas a similar CC, por lo que en estos animales es sumamente importante lograr una adecuada CC al parto (Grigera y Bargo, 2005).

Tabla 5. Movilización diaria de grasa alrededor del parto para dos biotipos de vacas lecheras (Grigera y Bargo, 2005).		
	INTA Balcarce	EE.UU.
Peso vivo preparto, kg	600	725
CC preparto, escala 1 a 5	3,0	3,0
Peso vivo posparto, kg	578	623
CC posparto, escala 1 a 5	2,0	2,0
Movilización de grasa, kg	40,6	57,5
Movilización de grasa, kg/d	1,4	1,9
Energía Neta de lactancia movilizada, Mcal/d	8,5	11,9

2.1.12. Relación condición corporal y eficiencia reproductiva

La utilización de los registros de CC permite que los veterinarios, asesores y/o productores puedan observar la eficiencia nutricional y reproductiva de un rodeo (Ruegg y Milton, 1995). Existen claras evidencias que relacionan un balance energético negativo con reducción de la frecuencia de pulsos de LH, alterando la reanudación de la actividad ovárica posparto. Por otra parte, este patrón de reanudación de la función

ovárica se ha validado en diversos estudios, caracterizando los 2 principales problemas: prolongación del intervalo a la primera ovulación y prolongada fase lútea. Los principales factores de riesgo para un prolongado intervalo a la primera ovulación incluyen: pérdida aguda de CC hasta 60 días post-parto, cetosis clínica, enfermedades clínicas, flujo vaginal anormal y distocia. Entre ellos, el más importante es la pérdida aguda de condición corporal (Canfield y Butler, 1990).

La reanudación de los ciclos estrales después del parto guarda relación con los cambios de peso al final de la gestación y el estado de carnes al momento del parto. Las vacas que se encuentran en estado medio a bueno (índice de CC > 2.5 dentro del intervalo de 1 a 5) presentan el celo en un tiempo mínimo; por el contrario, las que tienen peores índices o han perdido peso al final de la gestación tardan progresivamente más tiempo (Jim Linn, 1991) (Tabla 6).

Se ha reportado que las vacas con CC <1 o >4 al primer servicio, tienen bajas tasas de concepción (<38%), pero no se describieron diferencias estadísticas en el intervalo del parto al primer servicio (Ruegg y Milton, 1995). De igual forma, los mismos autores clasifican la CC de las vacas Holstein en Florida como insatisfactorias (2.5 o 4.0) o satisfactorias (de 3.0 a 3.5) y las vacas que son clasificadas como satisfactorias al parto, tienen menos días al primer servicio y menos días a la concepción.

Por otra parte, se reporta que el cambio en la CC del parto al primer servicio, es un buen predictor de la concepción al primer servicio (Ferguson, y Ka, 1989). Vacas que pierden un punto de CC tienen tasas de concepción que son significativamente más bajas que las de vacas que no pierden o ganan CC.

Se han llevado a cabo numerosos estudios relacionando la CC al parto (CCP) con parámetros reproductivos y se ha demostrado que la CCP influye los cambios de la condición corporal después del parto. Investigaciones realizadas por Leaver (1977) demuestran, que en vacas con baja CCP (1.5) no hay decremento en la CC en la lactancia y que vacas con moderada CCP (3.0), bajan su condición cerca del segundo mes posparto (Leaver, 1977). Por otro lado vacas con alta CCP disminuyen más su CC que vacas con baja CCP (Ducker y Morant, 1984); Ducker y col, 1985). De la misma manera, vacas con alta CCP, pueden requerir mayor alimentación para la concepción (Ducker y Morant, 1984).

La CC está directamente relacionada con la eficiencia reproductiva (Tabla 6). Se considera que vacas con una CC mayor a 3, tienen un 29% mayores tasas de preñez comparada con vacas con una CC menor a 2.5 (Arthington, J, 1999).

Tabla 6: Efectos de la pérdida del grado de condición corporal (GCC) en el comienzo de la lactancia sobre la tasa de concepción. (Jim Linn, 1991).

Pérdidas en GCC	Tasa de concepción
Menos de una unidad	50 %
De una a dos unidades	34 %
Más de dos unidades	21 %

Se ha observado que la pérdida de peso después del parto parece retrasar la reanudación de los celos, pero en grado muy inferior a los cambios de peso y CC antes del parto y los cambios en la CC al parto (Ferguson, y Ka, 1989).

Se han observado bajos porcentajes de gestaciones en las vacas lecheras que pierden mucho peso y CC al comienzo de la lactación (> 10%, 1 unidad de CC) o siguen

perdiendo peso en el momento de la inseminación ($> 1\%$ semanal). Se ha señalado que las vacas lecheras en mal estado de carnes con índices de CC inferiores a 2.5 (escala 1 - 5) en el momento de la inseminación son subfértiles (McClure, 1994). Por lo tanto, la fertilidad suele estar correlacionada con el peso vivo, los cambios de peso y la CC (es decir, músculo, grasa intramuscular y grasa subcutánea) y ambas son manifestaciones del estado nutritivo y están afectadas por la distribución de los nutrientes de acuerdo con las distintas demandas para el anabolismo muscular y graso, la gestación y la lactación. La disociación de la fertilidad y los cambios de peso permitiría explicar las discrepancias observadas ya que al revisar los cambios de peso y la fertilidad en las vacas lactantes, se hace poco probable la obtención de valores críticos que puedan emplearse para predecir el rendimiento reproductivo a partir de los cambios de peso y los índices de CC en cada vaca en particular (McClure, 1994). Sencillamente, las determinaciones son muy poco exactas para ser de utilidad como indicadores del estado metabólico.

El mérito genético es responsable, en parte, de los cambios de peso y CC que pueden presentarse durante la lactación, de manera que las vacas de alto mérito genético producen más leche, pierden más peso y CC, de manera que si no son manejadas correctamente desde el punto de vista nutricional y el confort, se puede ver comprometida su fertilidad.

El efecto de la CC sobre la reproducción se explica ya que está afecta la frecuencia de liberación de hormona luteinizante (LH), al decrecer las reservas energéticas corporales decrece la liberación del factor liberador de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo y consecuentemente la LH.

2.1.13. Relación entre la condición corporal y la dinámica folicular

La nutrición es el mayor factor que determina la eficiencia reproductiva en ganado de leche. Una reducción en la toma de nutrientes, demora el comienzo de la pubertad en vaquillonas Holstein e incrementa el intervalo parto concepción (Bossis y col, 1999). Una restricción prolongada de energía en la dieta, tiene como resultado una pérdida de peso y CC y por ende una disminución en la actividad ovárica, debido principalmente a que se suprime la secreción de LH (Richards y col, 1991), reduce las concentraciones del factor de crecimiento similar a insulina tipo I (IGF-I) y de glucosa (Richards y col, 1991), e incrementa las concentraciones en el plasma de hormona de crecimiento (GH) y NEFAs (Richards y col, 1986).

La administración de glucosa en vacas posparto con buena CC 3,0 y vacas no lactantes con CC de 3,0 a 3,5 no altera la secreción de LH (Rhodes y col, 1995). Esto determina que los efectos de la glucosa sobre la secreción de LH, dependen de la CC del ganado y la disponibilidad de energía total.

Estas alteraciones de las hormonas metabólicas, como GH, insulina e IGF-I, y de metabolitos sanguíneos como glucosa y NEFAs, son indicativos de la disponibilidad energética del animal y pueden proveer señales que median los efectos de la subnutrición, sobre el eje hipotálamo - pituitaria - ovario.

Se realizaron estudios donde generaron situaciones de deficiencias de energía, modificando la dieta con el fin de obtener dos grupos de animales, alimentando uno de ellos con un nivel energético para mantenimiento (1.7Mcal/Kg.) y otro con un nivel de

restricción (1.5Mcal/Kg.). Estos estudios, determinaron que vacas en mantenimiento, tienen concentraciones mayores de LH 5.6 vs. 3.9 ng/ml, FSH 0.22 Vs 0.18 ng/ml, glucosa 72.9 vs. 56.9 mg/dl , insulina 1.9 vs. 0.8 ng/ml , IGF-I 96.8 vs. 11.2 ng/ml y concentraciones menores de GH 12.1 vs. 38.7 ng/ml al igual que NEFAs con 213 vs. 536 Eq/l (Richards y col, 1986; Bossis y col, 1999).

En cuanto al desarrollo folicular, una restricción alimenticia deprime el tamaño del folículo dominante y del cuerpo lúteo. Esto se debe básicamente a que animales con restricciones alimenticias alcanzan un diámetro folicular de 10.5 mm versus 15.8 mm, a su vez la tasa de crecimiento del cuerpo lúteo es menor con 0.89 vs. 1.4 mm y el tamaño máximo del cuerpo lúteo 15.5 vs. 19.7 mm, también se ve afectado negativamente (Bossis y col, 1999).

De igual forma, después del parto en vacas Holstein, el peso, CC y número de folículos (<5mm), (576 Kg, 2.93 y 7.2) respectivamente, es mayor en vacas con dietas altas en energía que en vacas con dietas bajas en energía (540 Kg, 2.75 y 6.1) (Kendrick, 1999). Además, las concentraciones de IGF-I, estradiol y P4 son mayores. Por otra parte, el número de oocitos aumenta linealmente para ambos grupos, pero con una tasa de incremento mayor para el grupo de vacas con dietas altas en energía, en comparación con el grupo de dietas poco energéticas (Richards y col, 1986).

Las implicaciones de estos desbalances energéticos, con su consecuente pérdida de CC, altera notoriamente el metabolismo y la función endocrina e igualmente el desarrollo folicular, teniendo como consecuencia final alteraciones de la actividad ovárica.

Fisiológicamente, los cambios endocrinos y metabólicos tienen una serie de respuestas que procuran restablecer el balance energético que se presenta en el animal. Desafortunadamente, dicho ajuste repercute negativamente sobre la actividad ovárica, ya que el organismo otorga mayor importancia a su supervivencia que al aspecto reproductivo.

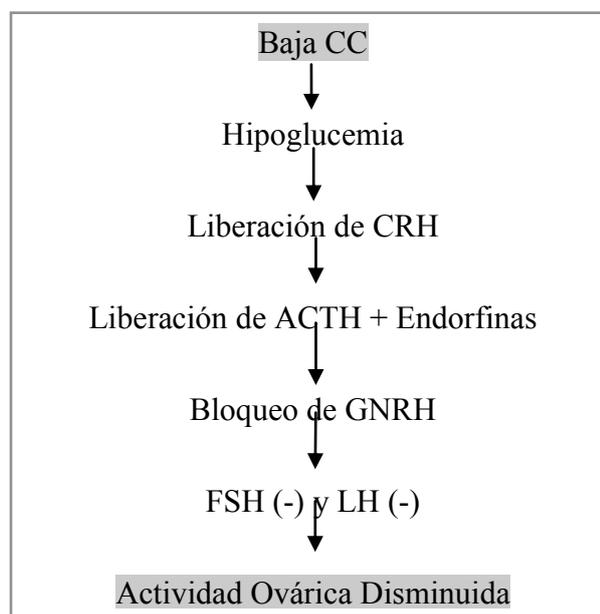


Figura 7. Fisiopatología reproductiva cuando se presenta una baja CC.

(Adaptado de Lopez, 2006)

En el Figura 7, se presenta una eventual cascada de eventos que se desencadenan cuando existe una baja en la CC (<2.0). En el caso contrario, una alta CC (>4.0), debido a un suministro elevado de energía, se manifiesta en el metabolismo a través de altos niveles ante parto y los procesos catabólicos que se presentan en estos animales durante el posparto, se traducen entonces en una disminución en el consumo de alimentos, el

cual a su vez se refleja en disminución en los niveles de glucosa. La sobrecarga ocasionada al metabolismo de energía se hará evidente también en los niveles incrementados de bilirrubina durante el posparto, lo cual se constituye esta vez en indicio de la presencia de acetonemia subclínica y/o clínica (Dehning, 1987).

2.1.15 Procesos bioquímicos relacionados con condición corporal

Sin duda alguna, toda alteración nutricional y en este caso en particular cambios en la CC, tiene un fiel reflejo en los efectos ocasionados a nivel fisiológico y bioquímico, con el fin de mantener los procesos de homeostasis para lo cual se desencadenan una serie de mecanismos regulados en su gran mayoría por hormonas y otros por compuestos metabólicos. Estos cambios, repercuten negativamente en la actividad folicular, desencadenando alteraciones ya sea a nivel celular o a nivel de liberación de factores hipotalámicos (GnRH), que impiden la foliculogénesis normal, que tiene como objetivo primordial la producción de un óvulo suficientemente maduro y fértil.

Algunas hipótesis relativas a la secuencia de procesos subsiguientes a la hipoglucemia, la reducción en la reserva de glucosa o el ritmo de entrada a las células, son las siguientes:

1. Impedir la síntesis hipotalámica o la liberación de GnRH debido a:
 - ✓ Insuficiente cantidad de ATP para las neuronas secretoras del GnRH y sus sinapsis.
 - ✓ Estimulación de neuronas secretoras de opioides endógenos.

2. Impedir la síntesis o la liberación de hormonas FSH y LH por la adenohipofisis, debido a:

- ✓ Insuficiente cantidad de energía (glucosa + insulina) para el metabolismo celular.
 - ✓ Alteraciones en la estimulación de la GnRH debido al insuficiente número de receptores de GnRH, o insuficiente cantidad episódica o pulsátil de GnRH.
3. Impedir el desarrollo del folículo y el óvulo fecundado, así, como la secreción de estradiol, P4 e inhibina debido a:
- ✓ Insuficiente cantidad de energía (glucosa + insulina)
 - ✓ Menor sensibilidad a las gonadotropinas.
 - ✓ Insuficiente cantidad de gonadotropinas.
4. Muerte del óvulo fecundado, embrión o feto, debido a:
- ✓ Insuficiente cantidad de glucosa (o productos glicolíticos) y probablemente insulina.
 - ✓ Insuficiente cantidad de hormonas esteroides ováricas.

2.2. Biotecnologías en reproducción animal.

Las biotecnologías aplicadas a la reproducción animal inician un crecimiento vertiginoso a mediados del siglo pasado, cuando en países de Europa y en los Estados Unidos se implementa la inseminación artificial (IA) en un importante número de rebaños bovinos. Estas tecnologías fueron evolucionando y perfeccionándose gracias a los avances de la ciencia y de esta forma podemos hablar de transferencia de embriones, producción *in vitro* de embriones y de animales transgénicos ampliamente difundidos en el mundo. Palma y Brem (2001), modificando la clasificación inicial realizada por Thibier (1990) establecieron que las biotecnologías surgieron por generaciones. Estos

autores señalan que la primera generación fue la inseminación artificial (1908), luego como segunda generación aparece el control hormonal del estro y la ovulación, la transferencia de embriones y la congelación de gametos a partir de 1970. La tercera generación es el sexado de embriones y espermatozoides y la producción *in vitro* de embriones en 1987. La cuarta generación es la clonación de células somáticas en 1997 y por último aparece como quinta generación la transgénesis en el año 2000.

Es importante reconocer el gran esfuerzo que tanto a nivel mundial como a nivel nacional los diferentes grupos de investigación han destinado para que estas biotecnologías permitan en la actualidad aumentar la productividad, además de servir como herramientas en la aplicación de otras biotecnologías, realizar selección y mejoramiento genético y disminuir la difusión de enfermedades, entre otras ventajas propias de cada biotecnología.

2.2.1. Inseminación artificial (IA)

Según una leyenda, la inseminación artificial fue utilizada por primera vez en el año 1332 en los equinos, por los árabes. Cuenta la historia que un ganadero de aquella época extrajo con un paño semen del fondo de la vagina de una yegua, la cual acababa de recibir servicio con un padrillo famoso, para luego colocarlo en la vagina de su propia yegua, logrando así fecundarla.

Si bien el acto mecánico de la maniobra del traspaso de semen fue muy rudimentario, el principio de hacerlo fue, ya por aquél entonces, el mismo que ha logrado que en la actualidad se haya producido un crecimiento importante de la técnica en el mundo

entero: “Difundir las virtudes productivas de importancia económica a través de la genética”. Hoy en día, muchos productores tienen bien en claro y con resultados a la vista, las ventajas de la implementación de esta técnica.

En 1780, el fisiólogo italiano Lorenzo Spalanzani, logró fecundar artificialmente a una perra con semen sin diluir. Desde entonces comenzaron, en forma vertiginosa, numerosos trabajos de investigación en otras especies. En 1914 se inventó la vagina artificial, con lo que se facilitó la correcta extracción de semen. En 1940 la utilización de la yema de huevo y luego la posibilidad de congelar el semen, facilitó un rápido crecimiento de la técnica. Actualmente se estima que alrededor de 80 millones de vacas son inseminadas anualmente en el mundo.

En nuestro país, la actividad cooperativa aunó el esfuerzo de muchos productores con vocación ganadera, que provocó el crecimiento de la técnica. En la década del 70, la actividad comercial a través del trabajo de los centros locales de inseminación artificial y luego debido al ingreso de semen importado de alta calidad genética, posicionó a la actividad en un lugar de privilegio.

Podemos definir a la inseminación artificial como un método reproductivo que consiste en la introducción de semen en el aparato genital de la hembra mediante instrumental adecuado, en el lugar indicado y en el momento oportuno. Con esta técnica sustituimos la cópula o apareamiento natural entre el macho y la hembra, por un método instrumental. Sus principales ventajas son:

- ✓ Mejoramiento genético del ganado en poco tiempo y a bajo costo a través de la utilización de semen de toros probadamente superiores para producción de leche.

- ✓ La utilización de toros, que se ha demostrado previamente que no ocasionan problemas de parto.
- ✓ Pequeños productores tienen acceso a estos toros “superiores”, diversificando inclusive el uso de los mismos.
- ✓ Con la aplicación de la técnica incrementamos la posibilidad de utilización de un reproductor, e inclusive él mismo puede seguir siendo aprovechado luego de muerto.
- ✓ Como ejemplo hoy en día existen varios toros padres que han sido utilizados en el mundo entero (más de 60 países), habiendo superado el millón de dosis de semen comercializadas.
- ✓ Control de enfermedades venéreas.
- ✓ Gracias a la inseminación artificial es posible la aplicación de programas de sincronización de celos y de sistemas de inseminación a tiempo fijo.
- ✓ La técnica “nos obliga” a llevar registros que, como consecuencia, nos permite conocer en detalle la situación reproductiva del rodeo.

2.2.2. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras (IATF)

Uno de los objetivos de un programa de manejo reproductivo en un establecimiento ganadero está orientado a obtener parámetros reproductivos óptimos, entre ellos una reducción del intervalo entre partos, buscando lograr la máxima eficiencia para garantizar un adecuado retorno económico. La búsqueda de elevados índices de producción asociados con una alta eficiencia reproductiva, deben ser las metas fijadas por los productores para mejorar su productividad y un satisfactorio resultado económico. Sin embargo, existen factores que dificultan la posibilidad de alcanzar las

metas fijadas, entre los que podemos considerar las deficiencias del nivel nutricional y las diferencias de manejo de los animales en cada uno de los establecimientos (Arthur y col, 1996). La Inseminación Artificial (IA) ha demostrado ampliamente su gran aporte para el mejoramiento genético en la ganadería lechera y nadie puede negar el gran impacto de esta técnica en la mejora de los índices de producción lechera en diferentes partes del mundo. Sin embargo, aún subsisten algunos factores que atentan contra una mejor eficiencia de la técnica y entre las que se pueden mencionar las dificultades y deficiencias en la detección de celos. El avance en el conocimiento de la fisiología reproductiva de los bovinos, especialmente en lo referente a las características del desarrollo folicular, ha contribuido al desarrollo de nuevas técnicas de inseminación como es la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF).

A partir del establecimiento de tratamientos hormonales para controlar el ciclo estral y la ovulación de animales domésticos, complementado con el conocimiento de la dinámica folicular, se ha mejorado la utilización de la sincronización debido a que se conoce con mayor exactitud el momento óptimo para la IA, evitando los problemas asociados a la detección del celo (Pursley y col, 1995; Pursley y col, 1997; Hiers y col, 2003; LeBlanc y Leslie, 2003; Cerri y col, 2004).

2.3. Efecto de diferentes protocolos para IATF sobre las tasas de concepción aplicados en ganado lechero.

El continuo aumento de la producción lechera en las últimas décadas ha llevado a disminuir la eficiencia reproductiva aumentando el intervalo entre partos (Lucy , 2001,

Wiltbank, 2006). Esto es debido a que las vacas lecheras no desarrollan una actividad ovárica regular durante el posparto, influyendo los días abiertos sobre la rentabilidad económica de la actividad lechera.

La detección ineficiente de los celos en la mayoría de los sistemas de manejo, por ausencia de un método eficiente de detección de celos, limita también el desempeño reproductivo (Lucy, 2004, Wiltbank, 2006).

Existe una correlación lineal, positiva y significativa entre preñez y el valor de CC en protocolos de Ovsynch (Burke, y col, 1996). Las vacas que sufren anestro posparto (concentraciones de P4 <1 ng/ml hasta los 60 días posparto) aparentemente ingieren menor cantidad de alimentos, producen menor cantidad de leche/día y pierden mayor peso lo que resulta en una menor CC que las vacas que ciclan durante el mismo periodo posparto (Staples y col, 1990).

Así para optimizar la eficiencia reproductiva en los establecimientos lecheros se ha realizado la implantación de programas basados en la sincronización del celo, la ovulación o ambos (Santos, 2007). Sin embargo, para que sean utilizados estos métodos de sincronización se debe tener en cuenta el costo de las hormonas utilizadas y el porcentaje de preñez, en definitiva tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados.

Cronológicamente se han desarrollado y estudiado varios sistemas de sincronización reproductiva que fueron ayudando a superar estos problemas y limitaciones, incrementando las oportunidades y la fertilidad de las vacas, entre los que se puede citar los siguientes:

Christian y Casida (1948): sugirieron la utilización de la P4 con el fin de bloquear la función reproductiva. La P4 reduce la frecuencia de los pulsos de LH, lo cual a su vez suprime el crecimiento del folículo dominante según la dosis. Rowson (1972) propuso un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F_{2α} como agente luteolítico. Drost y Thatcher (1992) reconfirmaron uno de los tratamientos más comunes de sincronización de celos mediante el uso de la prostaglandina (PGF). Una de las desventajas es la falta de efectividad en la inducción de la luteólisis en los primeros 5 ó 6 días y la variabilidad en la distribución de presentación de celo en un periodo hasta de 5 días, debido al estado folicular al momento del tratamiento. Macmillan (1993) comenzó a utilizar el dispositivo de liberación lenta de P4 CIDR B en el primer trabajo cuyo objetivo era determinar el efecto del tratamiento con CIDR B y el momento de la aplicación de PGF en los porcentajes del celo y de preñez en vaquillonas Holstein. Los resultados obtenidos evidenciaron una vez más la necesidad de desarrollar protocolos que sincronicen el desarrollo folicular, de manera que todos los animales tengan un folículo en crecimiento y con capacidad de ovular en el momento de la remoción del dispositivo y la administración de PGF.

Por otra parte, Pursley (1995) demostró que el momento de ovulación en ciclos inducido con PGFs presenta grandes variaciones. Por este motivo la detección de celo se hace imprescindible cuando se pretende adoptar la inducción de ciclos con ovulación e inseminación artificial. Este autor creó un programa que fue desarrollado en la Universidad de Wisconsin – Madison y se conoce hoy en día con el nombre de “Programa Ovsynch” La base de este protocolo es sincronizar la onda folicular con GnRH (100 ug) al inicio del tratamiento, lo cual provoca la ovulación o luteinización

del folículo dominante con independencia de la existencia del cuerpo lúteo, iniciándose una nueva onda folicular 2 a 3 días más tarde (Thatcher, 1996). Luego, 7 a 9 días después se provoca la luteolisis mediante la aplicación de PGF (25mg), así el porcentaje de animales sincronizados aumenta y la variabilidad de los celos disminuye (Thatcher, 1993). Utilizando una segunda dosis de GnRH (100ug) después de la aplicación de PGF se demostró una alta sincronización de la ovulación (en un período de 8 horas). Esto hace posible inseminar las vacas tratadas con este método a tiempo prefijado, sin necesidad de detectar celos siendo el momento óptimo 16 a 18 hs después de la segunda dosis de GnRH (Pursley, 1997).

Con estos trabajos el objetivo principal es buscar tratamientos que ayuden mejorar los índices de preñez posparto en vacas lecheras evitando el inconveniente de la detección de celos para lograr mayores porcentajes de preñez y mejorar el rendimiento reproductivo y productivo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Características de los rodeos:

El presente trabajo se llevó a cabo durante dos períodos: otoño-invierno y primavera del año 2010, en 3 establecimientos lecheros:

1. “EL CARMEN” propiedad del Dr. Abelardo Bertone, ubicado en zona rural Empalme San Carlos, latitud $31^{\circ}34'2.22''S$, longitud $60^{\circ}49'30.81''O$, del departamento Las Colonias Pcia. de Santa Fe. Esta unidad productiva tiene un promedio de 200 vacas en ordeño anual, con una producción promedio anual de 24 lts, 3,5 % de grasa butirosa y 3,2 % de proteína.
2. “SANTA ANA” propiedad de la firma Aldo y Abel Engler, ubicado en zona rural Pujato Norte, latitud $31^{\circ}30'36.12''S$, longitud $60^{\circ}57'23.58''O$, del departamento las Colonias Pcia. de Santa Fe. Esta unidad productiva tiene un promedio de 330 vacas en ordeño anual, con una producción promedio anual de 22 lts, 3,6 % de grasa butirosa y 3,25 % de proteína.
3. “LA ERMINDA” propiedad del Sr. José L. Perren, ubicado en zona rural Grutly, latitud $31^{\circ}15'17.86''S$, longitud $61^{\circ}7'40.45''O$, del departamento las Colonias Pcia. de Santa Fe. Esta unidad productiva tiene un promedio de 500 vacas en ordeño anual, con una producción promedio anual de 24 lts, 3,5 % de grasa butirosa y 3,2 % de proteína.

Los tres establecimientos tienen características productivas y de manejo similares. Se trata de explotaciones de tipo semi-intensivas, con alimentación parcialmente mezclada

cuya base forrajera consiste en pasturas de alfalfa en pastoreo directo, verdes de invierno avena y/o raigrás también a pastoreo directo, silaje de maíz, silaje de alfalfa, grano de maíz seco o húmedo, y subproductos de las diferentes industrias como expeller de girasol, expeller de soja, semilla de algodón, malta húmeda, cascarilla de soja, sales minerales y secuestrantes de micotoxinas, mezclados en el mixer y distribuidos 2 veces al día, en comederos para tal fin. Las dietas son reformuladas al menos cuatro veces al año (según estación) y de acuerdo a la disponibilidad de los distintos alimentos.

Se manejan:

2 rodeos de vacas en ordeño:

- a) vacas punta, paridas hasta 120 días y más de 25 litros de leche por día.
- b) vacas cola, más de 120 días de paridas y menos de 25 litros de leche por día.

Los promedios de producción individual rondan los 35 a 40 litros en el pico de lactancia.

2 rodeos de vacas secas:

- a) vacas seca atrasadas: entre 60 y 30 días antes del parto.
- b) Vacas parto: 30 días antes del parto.

La raza de las vacas lecheras es Holando Argentino puro por cruce, de mediano a alto mérito genético, con producciones de más de 6000 lts por lactancia a 305 días.

Todos realizan 2 ordeños por día, control lechero mensual, y control reproductivo cada 15 días.

Utilizan inseminación artificial y repaso con toro a corral, en algunas vacas con más de 3 servicios por inseminación y que repitan celo estando clínicamente “normales”.

Con respecto al semen utilizado, el mismo pertenece a distintos centros comerciales, tales como “CIALE”, “LA LILIA”, “EUROGENETICA” y “DE BERNARDI”, entre otros.

Con respecto a los índices reproductivos en los tres casos al momento de realizar una evaluación, se utilizan:

$$\text{Tasa de Inseminación} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas inseminadas en 21 días}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas liberadas al inicio del período}} \times 100$$

En los tres establecimientos esta tasa tiene un rango de entre el 50 a 55 %, con variaciones estacionales.

$$\text{Tasa de Concepción} = \frac{\text{n}^\circ \text{ vacas preñadas en 21 días}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas inseminadas en 21 días}} \times 100$$

En los tres casos esta tasa tiene un promedio anual del 30%, con fuertes variaciones estacionales, especialmente en el verano.

$$\text{Tasa de Preñez} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas preñadas en 21 días}}{\text{n}^\circ \text{ vacas liberadas al inicio del período}} \times 100$$

Esta tasa tiene un porcentaje promedio anual de entre el 15 y 16% en los tres establecimientos.

Otros de los indicadores utilizados a la hora de realizar la evaluación para observar el desempeño reproductivo y sobre los que hacemos especial énfasis, son el intervalo parto primer servicio (IPPS) procurando que el mismo se encuentre entre los 60 y 70 días.

Además, el intervalo parto concepción (IPC) teniendo como meta a lograr un rango de entre los 110 a 130 días, para lograr otro objetivo reproductivo-económico del rodeo como es el IEP, que debería estar entre los 400 a 420 días.

3.2. Animales utilizados y época del año

Se utilizaron 232 vacas Holando Argentino en lactancia, primíparas y multíparas, que no presentaron problemas de parto ni enfermedades metabólicas o de infecciones uterinas en el puerperio y que hayan superado el período de espera voluntario de 45 días.

El período en que se desarrolló este trabajo comprende la época de otoño-invierno (Abril, Mayo y junio) y primavera, (Septiembre y Octubre) evitando el verano, ya que el estrés calórico podría afectar de manera significativa la fertilidad de los rodeos y por consiguiente los resultados.

3.3. Clasificación de acuerdo a la CC

Los animales se categorizaron de acuerdo a su CC utilizando el sistema típico de escala de 1 a 5 (Wright y Russel, 1984), según lo descripto previamente. Luego de la categorización, se dividieron en dos grupos: CC menor o igual a 2,5 y CC mayor a 2,5. Esta clasificación en dos grupos se realiza sobre la base de la evidencia actual que

relaciona la CC con la eficiencia reproductiva, y que sugiere que las vacas lecheras deben parir con un condición corporal de 2,75-3,0 puntos y no deben perder más de 0,5 entre el parto y el primer servicio (Overton y Waldron, 2004; Mulligan y col, 2006). Por lo tanto, según lo mencionado anteriormente, la menor CC a la cual la eficiencia reproductiva no se encuentra alterada al momento del servicio es mayor a 2,5.

3.4. Descripción del protocolo de IATF utilizado

El protocolo empleado fue Ovsynch (Pursley, 1995), combinado con P4. Todas las vacas recibieron 2 ml de Biosin-OV (lecilerina 0,025 mg/ml, Lab. Biotay Argentina), por vía intramuscular, sumado a la colocación de un dispositivo intravaginal (DIV) (Cue.Mate, Lab. Bioniche Animal Helth, Canadá) con 1,56 gr de P4 de liberación lenta el día 0. El día 7 se retiró el dispositivo y se aplicó 2 ml de Bioprost-D (D-Cloprostenol 0,75 mg/ml, Lab. Biotay Argentina) intramuscular. Todas las vacas recibieron 2 ml de Biosin-OV (lecilerina 0,025 mg/ml, Lab. Biotay Argentina) 56 h posteriores al retiro del dispositivo y se inseminaron a tiempo fijo a las 72 h del retiro del mismo (Figura 8).

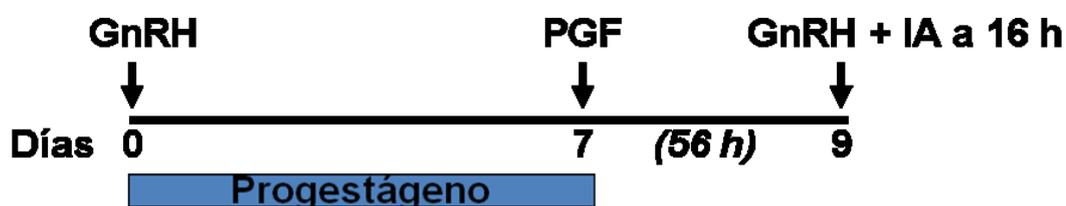


Figura 8: Protocolo de IATF Ovsynch + Progesterona.

3.5. Diagnóstico de gestación

Se realizó la detección y confirmación de preñez a los 30 días pos-servicio mediante el uso de ultrasonografía (Aloka 500, con transductor 5 MHz, Japón).

3.6. Análisis estadístico

En todas las variables se determinó el promedio y desvío estándar para el total de animales y en forma diferencial para cada categoría analizada. Para determinar diferencias en las variables entre categorías se utilizó la prueba de t de student. Para estudiar los efectos de la CC al inicio de la IATF sobre la tasa de concepción, se realizó la prueba de χ^2 mediante el PROC FREQ (Paquete estadístico SAS). El mismo test fue utilizado para analizar el efecto de la producción promedio, los días en lactancia y el número de lactancias.

4. RESULTADOS

Inicialmente se distribuyeron las vacas según la condición corporal, en dos categorías de CC: $CC \leq 2.5$ y $CC > 2.5$, siempre categorizadas por el mismo operador (médico veterinario), la inseminación artificial fue realizada por dos operarios (médicos veterinarios), distribuyendo los servicios en forma proporcional y al azar para ambos grupos de vacas.

Como se puede observar en las tablas 7 solo se evidenció diferencia significativa en la CC ($p < 0,01$), siendo los promedios de días en lactancia, número de partos y producción de leche similares entre ambas categorías ($p > 0,05$).

Tabla 7. Estadística descriptiva de las variables analizadas en todos los animales utilizados y diferencialmente en ambas categorías de CC analizadas.

	Totales	Categoría	
		CC \leq a 2,5	CC $>$ de 2,5
n	232	99	133
Preñadas	76	24	52
Vacías	156	75	81
% Concepción	32,5	24	39
CC	2,65 ($\pm 0,31$)	2,39 ($\pm 0,18$) *	2,86 ($\pm 0,17$) *
Días en lactancia	68,14 ($\pm 24,03$)	68,14 ($\pm 27,38$)	68,13 ($\pm 20,77$)
Producción de leche (l/día)	29,41 ($\pm 5,91$)	29,51 ($\pm 5,82$)	29,31 ($\pm 5,99$)
Nº de Lactancias	3,05 ($\pm 2,07$)	3,17 ($\pm 2,06$)	2,94 ($\pm 2,09$)

* diferencia entre grupos $p < 0,01$

En la tabla 8 se resumen los valores de las variables estudiadas, en ambas categorías de CC, detallando separadamente los datos correspondientes a animales preñados y no preñados. Solo se evidenció diferencia significativa en la condición corporal ($p < 0,01$), siendo los promedios de días en lactancia, número de partos y producción de leche similares entre ambos grupos ($p > 0,05$). No se hallaron diferencias significativas entre vacas preñadas y no preñadas de una misma categoría, ni comparando entre ambas ($CC \leq a 2,5$ vs $CC > de 2,5$)

Tabla 8. Estadística descriptiva de las variables analizadas en los animales preñados y vacíos de ambas categorías de CC analizadas.

	CC \leq a 2,5		CC $>$ de 2,5	
	Preñadas	No preñadas	Preñadas	No preñadas
N	24	75	52	81
CC	2,44 ($\pm 0,11$) ^a	2,35 ($\pm 0,20$) ^a	2,84 ($\pm 0,20$) ^b	2,88 ($\pm 0,20$) ^b
Días en lactancia	73,71 ($\pm 31,13$)	67,35 ($\pm 26,37$)	70,15 ($\pm 20,29$)	66,27 ($\pm 20,55$)
Producción de leche (l/día)	28,77 ($\pm 5,34$)	29,60 ($\pm 5,33$)	29,71 ($\pm 6,30$)	29,44 ($\pm 5,86$)
Nº de Lactancias	2,75 ($\pm 1,79$)	3,36 ($\pm 2,16$)	2,38 ($\pm 1,74$)	3,28 ($\pm 2,18$)

^a vs ^b diferencia $p < 0,01$

Al realizar la prueba de χ^2 para las categorías en que se dividieron los animales de acuerdo a su CC ($CC \leq a 2,5$ vs $CC > de 2,5$) y la tasa de concepción (Tabla 9), se encontró asociación estadísticas significativas entre mejor CC y tasa de concepción ($p = 0,0249$). Es por ello que se rechazó la hipótesis nula de igualdad de efectos de las CC y la tasa de concepción. Se demostró que hay diferencias estadísticamente significativas en las tasas de concepción entre las 2 categorías según la CC, siendo la tasa de

concepción de las vacas con condición corporal superior a 2,5, significativamente mayor que las vacas con condición corporal menor.

Tabla 9. Prueba de χ^2 para las categorías en que se dividieron según condición corporal al inicio de la IATF y la tasa de concepción.

	CC ≤ a 2,5	CC > de 2,5	Total
Preñadas	24	52	76
No preñadas	75	81	156
Total	99	133	232
Índice de concepción	24,2%	39,09%	32,76%

Tabla 10. Efecto de otras variables de las vacas inseminadas sobre la concepción.

Variable	Valor χ^2	Valor de p
Días de lactancia	1,0038	0,3164
Producción de leche	1,4704	0,2253
Número de lactancias	10,8276	0,0010

Por otra parte, como se puede observar en la tabla 10, los valores de p , no fueron significativos al analizar mediante la prueba de χ^2 el efecto de la condición corporal sobre los días en lactancia y producción de leche ya que ambas categorías tenían características similares, sin embargo se observó un valor de p altamente significativo para la variable número de lactancias, donde se evidenció que las vacas con menor número de lactancias, y con mejor condición corporal tuvieron un mejor desempeño reproductivo determinado por el porcentaje de concepción (Tabla 11 y figura 9).

Tabla 11. Efecto de la condición corporal y el número de lactancia sobre la probabilidad de concepción de vacas.

CC	N° de Lactancia					
	1	2	3	4	5	6
1,75	2,2	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8
2	9,7	8,1	6,7	5,6	4,6	3,8
2,25	25,3	21,7	18,4	15,6	13,1	11,0
2,5	41,4	36,6	32,1	27,9	24,0	20,5
2,75	49,5	44,5	39,6	34,9	30,5	26,4
3	47,6	42,6	37,8	33,2	28,9	24,9
3,25	35,9	31,4	27,2	23,4	20,0	17,0
3,5	18,6	15,8	13,3	11,1	9,3	7,7

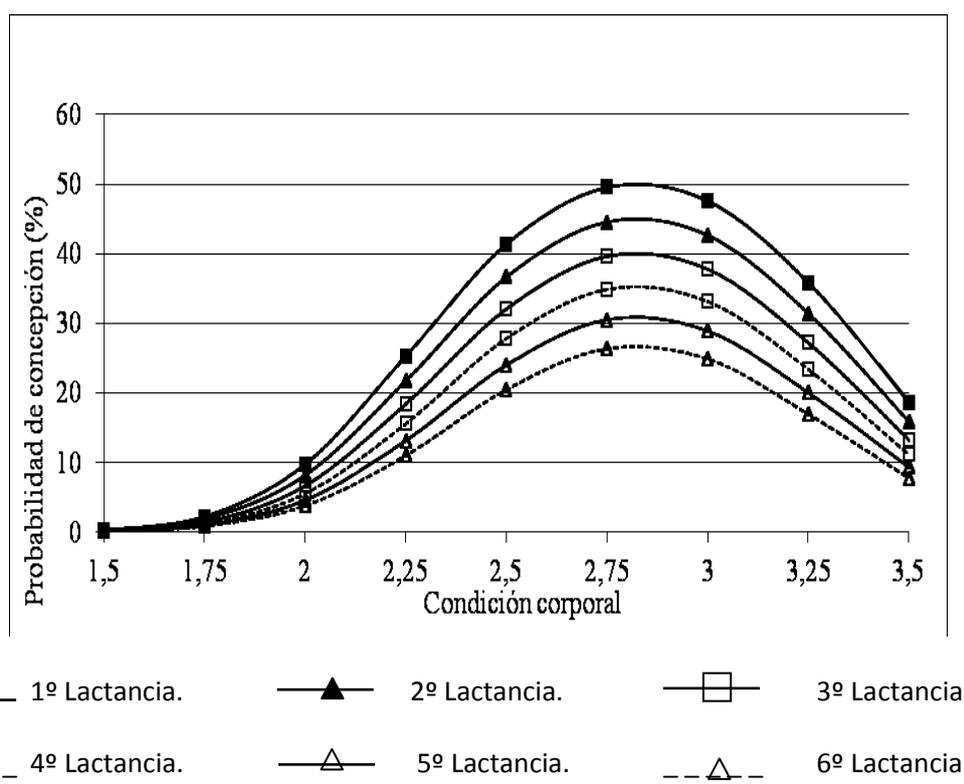


Figura 9. Tasa de concepción según la condición corporal y el número de lactancia.

En la tabla 12, se puede observar que no se evidenciaron diferencias significativas en la tasa de concepción para las inseminaciones realizadas por los dos operadores

($p > 0,05$).

Tabla 12. Tasa de concepción según inseminador.

Inseminador	Preñadas	No preñadas	total	Tasa de concepción
JB	39	87	126	31 %
MR	37	69	106	35 %
TOTAL	76	156	232	33 %

Tabla 13. Tasa de concepción según el toro.

TORO	Total	Preñadas	Vacías	% Concep
Limelyte	46	21	25	46
Tyrel	17	7	10	41
Pen	36	14	22	39
Drebyl	54	19	35	35
Oslo	23	7	16	30
Jenetic	15	3	12	20
Might	10	2	8	20
Pac Star	10	2	8	20
Mosaic	10	1	9	10
Teo	11	0	11	0
TOTAL	232	76	156	33

En la tabla 13 se pueden observar la tasa de concepción según los toros utilizados, quedando en evidencia una diferencia muy importante en la fertilidad de alguno de ellos. Es importante recordar que para no influenciar los resultados los mismos fueron utilizados durante todo el período que duró el ensayo, y se asignaron a cada grupo de vacas según CC en forma proporcional y al azar.

Por otra parte, también se observó un efecto positivo significativo ($p < 0,05$) de la presencia de cuerpo lúteo (como indicador de ciclicidad) al inicio de la IATF, teniendo una relación directa con el porcentaje de concepción (Tabla 14).

Tabla 14. Tasa de concepción según estructura ovárica encontrada al inicio de la IATF.

Estructura Ovárica al inicio de la IATF	Preñadas	%
CL	53	70
Folículo	23	30
Total	76	

Tabla 15. Relación entre funcionalidad ovárica, condición corporal y % concepción.

	CC ≤ a 2,5	Preñadas	%	CC > de 2,5	Preñadas	%
Anestro	42	7	16,66	35	16	45,71
Cíclicas	57	17	29,82	98	36	36,73

Además se puede observar que independientemente de la funcionalidad ovárica al inicio del tratamiento, las vacas con mejor CC obtuvieron una mejor tasa de concepción (Tabla 15).

Por último, aunque se trabajó en los meses de otoño-invierno y primavera para evitar el efecto del estrés calórico, en la tabla 17 se puede observar una tendencia a una menor concepción, los meses del año donde la temperatura ambiente y por lo tanto el índice de temperatura y humedad (ITH) comienza a aumentar.

Tabla 16. Tasa de concepción según mes del servicio.

	Total	Preñadas	No preñadas	% Concepción
Abril	19	8	11	42
Mayo	37	12	25	32
Julio	97	32	65	33
Septiembre	32	10	22	31
Octubre	47	14	33	30

Así mismo si se analizan diferencialmente los servicios por estación climática observamos que se evidencia mayor fertilidad ($p < 0,05$) en los meses de temperaturas ambiente más bajas (Tabla 17).

Tabla 17. Tasa de concepción según época del servicio.

	Total	Preñadas	Vacías	Tasa de concepción
A-M-J (otoño-invierno)	143	51	101	36
S-O (primavera)	79	24	55	30

5. DISCUSION

Bajo condiciones normales, una vaca posee el potencial de ovular poco tiempo después del parto (Wiltbank y col, 2002). Sin embargo, el ganado bovino lechero bajo condiciones de pastoreo con frecuencia posee una alta incidencia de anestro posparto asociado a un desbalance nutricional y un balance energético negativo, reflejada en la pérdida de CC, que extiende el intervalo desde el parto hasta la concepción y como consecuencia, afecta de manera negativa su desempeño reproductivo (Domecq y col. 1997b, Lucy y col, 2004; Cavalieri col, 2006).

Kim y Suh (2003) reportaron que la pérdida severa de la CC durante el período seco (1 a 1,5 puntos) se asoció a una mayor incidencia de metritis y enfermedades metabólicas después del parto, y el aumento de número de días para la primera inseminación. Esto está de acuerdo con lo descrito por Loeffler y col, (1999) quienes estimaron que la pérdida de un punto de CC durante la lactancia temprana es un predictor significativo del riesgo de bajos índices de concepción.

Curiosamente, el cambio en la CC durante la lactancia temprana no ha sido relacionado con ningún índice de fertilidad, lo que indica que, en gran medida, la CC durante la lactancia temprana está determinada por los cambios producidos durante el período pre-parto. Se ha descrito que las vacas con mayor CC a las 6 semanas pre-parto comenzaron a ciclar más tarde que las vacas con una CC moderada (Kim y Suh, 2003). Esto podría explicarse por el hecho de que las vacas con alta CC en el secado perdieron más peso durante el período pre-parto que las vacas con una CC menor, para terminar con una baja CC al parto. En este sentido, López-Gatius y

col. (2003) realizaron meta-análisis estudiando la relación entre la CC al parto o durante la lactancia temprana y tasa de concepción al primer servicio o el número de días abiertos. Once estudios de 10 artículos fueron incluidos en el análisis. Un efecto significativo sobre la tasa de concepción al primer servicio sólo se encontró para las CC al parto, que cayeron cerca de un 10% en las vacas que paren en malas condiciones. Esta reducción de la fertilidad puede ser explicada por períodos prolongados anovulatorios que tienen un impacto negativo en la tasa de concepción al primer servicio (Beam y Butler, 1999). Además, en el meta-análisis realizado por López-Gatius y col. (2003) el número de días abiertos fue influenciado positivamente por una buena CC al parto y en la primera IA, y negativamente por la pérdida de condición corporal importante durante la lactancia temprana.

La incidencia de anestro posparto prolongado ha ido en aumento a nivel mundial de 7% (Fagan y Roche, 1986) hasta un 38% en los últimos años (Opsomer y col., 2000; Lucy, 2001; Walsh y col., 2005; Wiltbank y col., 2007). Estos valores son cercanos al 30% de anestro (ausencia de cuerpo lúteo, sin tono uterino y sin presencia de folículo dominante) hallado por nosotros al inicio de la experiencia.

Prado y col. (1990) demostraron que el posible mecanismo mediante el cual la CC afecta el comportamiento reproductivo está vinculado con el balance de energía y sus efectos sobre la liberación de la LH. Las vacas con buena CC tienen una mayor frecuencia de pulsos de LH y un periodo de anestro más corto y mayor desarrollo folicular, situación que pudiera explicar la baja fertilidad al primer servicio que observamos en vacas de baja CC. De igual manera Wright y col, (1992) concluyeron que con una baja CC se produce una inhibición de los pulsos de GnRH procedentes del

hipotálamo, afectando directamente los pulsos de LH y con ello la presentación del celo y la ovulación. Una baja CC también afecta negativamente el peso del ovario, el tamaño del cuerpo lúteo y disminuye la liberación de LH por la hipófisis, reduciendo con ello la fertilidad (Rasby y col, 1991). En este sentido, Saturnino (1993) observó que vacas con buena CC al parto tienen mejor desempeño reproductivo, debido a la mayor frecuencia de los pulsos de LH determinado por la mayor frecuencia de liberación de GnRH del hipotálamo. Butler y col (1981), al evaluar la relación del balance energético y la actividad ovárica al postparto, determinaron que la primera ovulación postparto ocurre aproximadamente 10 días después del balance energético cero, concluyendo que a mayor déficit energético aumenta el atraso de la primera ovulación postparto. Esto confirma que el balance energético negativo, lo mismo que la subnutrición, atrasan el inicio de la actividad ovárica por lo que impide la liberación pulsátil de LH (Butler y Smith 1989).

Estudios realizados por Lucy y col (1991) mostraron que un balance energético negativo, también afecta el número y tamaño de folículos al postparto en las vacas. Además, Villa-Godoy y col (1988) observaron que el balance energético negativo influye en la función del cuerpo lúteo en vacas lecheras, con reducción de la fase luteal del ciclo estral y de la concentración de P4, comprometiendo la manifestación del estro, concepción y supervivencia embrionaria.

Se ha determinado claramente que cuando las vacas presentan una CC menor a 2.5 se establece un desbalance endocrino que trae como resultado el establecimiento del anestro y/o la inactividad sexual, y que las vacas con mejores CC tienen un número de folículos estrógenos-activos potencialmente ovulatorios 10 veces más altos que aquellas

con baja CC (Alvarez, 1999). Por otra parte, Pedroso y Bonachea (1995) relacionaron la CC con la capacidad de respuesta de las vacas a los tratamientos hormonales para la sincronización de celo, observado tasas de concepción de 8.3% en vacas de CC 1 a 2 y 41.3% en vacas de CC de 2.5 a 3. Esto concuerda con los resultados obtenidos en esta tesis, donde se puede evidenciar que independientemente de la funcionalidad ovárica al inicio del tratamiento, las vacas con mejor CC obtuvieron una mejor tasa de concepción. Sumado a esto, Miño (2008) obtuvo una tasa de concepción de 9.5% en vacas de CC de 2.25 y 43.47% en vacas de CC de 2.50, mientras que nosotros describimos una tasa de concepción del 24% para las vacas de $CC \leq 2,5$ y del 39% para las vacas con $CC > 2,5$.

Sumado a lo descripto, Bell y col (1990), verificaron que las vacas de primer parto que parieron con $CC < 5$ (escala 1 - 9), manteniendo su peso corporal, presentaron tasas de concepción de 7 y 36% a los 90 y 120 días postparto, respectivamente, contra 18 y 66% de las vacas que ganaron peso en el mismo período. Entre tanto, las vacas que parieron con $CC \geq 5$, que mantuvieron su peso, presentando tasa de concepción de 35 y 91%, a los 90 y 120 días posparto, respectivamente, versus 53 y 94% de las vacas que ganaron peso. Este resultado no concuerda con lo descripto por Waltner y col, (1993) y Ruegg y Milton, (1993), que observaron que no hay una relación entre la condición corporal y la eficiencia reproductiva en vacas Holstein, afirmación que se contradice con los resultados obtenidos en nuestro trabajo. Por otra parte, de acuerdo con Moreira, (1999) las tasas de concepción en el primer servicio de vacas sometidas al protocolo Ovsynch / IATF son influenciadas por la condición corporal, vacas con una baja condición, tienen una concepción menor que las que presentaron una condición óptima ($p < 0,02$), reflejando los mismos resultados hallados por nosotros. Por otra parte, Butler,

(2000) claramente estableció que cuanto mayor es la pérdida de condición corporal, mayor es la reducción en la tasa de concepción. En este sentido, las vacas que pierden una unidad o más CC (escala de cinco puntos) durante la lactancia temprana están en mayor riesgo de baja fertilidad con tasas de concepción del 17% al 38% registrado en los diversos estudios. Claramente existe una correlación negativa entre la condición corporal sub-óptima y la fertilidad, y se ha propuesto que la CC debería ser utilizada como una herramienta de gestión para mejorar el rendimiento reproductivo (Pryce, 2001). Además según Staples y col, (1990) y Rhodes y col, (1995) la reducción de la fertilidad como consecuencia de balance energético negativo en lactancia temprana puede explicarse por un prolongado anestro anovulatorio en casi el 30% de las vacas, valores semejantes a los encontrados en este trabajo.

Sumado a lo descripto previamente, se ha documentado una asociación positiva entre la reanudación temprana de los ciclos ovulatorios y la mejora de la tasa de concepción (Butler, 2000). Reducir al mínimo el intervalo a la primera ovulación posparto proporciona tiempo suficiente para que se produzcan múltiples ciclos antes de la inseminación, lo que a su vez mejora la tasa de concepción (Butler y Smith, 1989). Por otra parte, Britt (1992) también ha demostrado que los folículos ováricos pueden resultar perjudicados por la exposición a metabolitos debido al balance energético negativo durante su crecimiento y desarrollo temprano y que la ovulación de folículos no desarrollados adecuadamente daría lugar a la secreción baja de P4.

Los tratamientos de sincronización e inducción del celo y/o IATF, se realizan con la finalidad de: 1) controlar el desarrollo de las ondas foliculares, 2) promover la ovulación y 3) sincronizar el estro y/o la ovulación al final del tratamiento. Estos tratamientos

están dirigidos a aumentar la frecuencia de pulsos de LH y así permitir que el folículo dominante madure y ovule (Peter y col. 2009). Los protocolos de tratamiento con GnRH han sido utilizados en gran medida durante los últimos años para la IATF de bovinos de leche en los Estados Unidos (Pursley y col, 1995, 1997; Geary y col, 2001). Sin embargo, se ha descrito que el uso del protocolo Ovsynch no tiene éxito para sincronizar las vacas en anestro posparto. Este protocolo induce aparentemente la ovulación en un alto porcentaje de vacas lecheras en anestro, pero algunas de estas vacas tienen una fase lútea posterior más corta (Gumen y col, 2003), lo que produce tasas de concepción menores que en las vacas cíclicas (Moreira y col, 2001). De esta manera, si bien el Ovsynch puede inducir la ovulación en vacas no cíclicas, la reducción en las tasas de concepción de estas vacas no se mejora sustancialmente.

En los últimos años, varios grupos han combinado la utilización de un dispositivo de liberación de P4 con el protocolo Ovsynch en vacas de leche no cíclicas. Un ensayo inicial reveló una mejora significativa en las tasas de preñez (55,2% vs 34,7%; n=182) para las vacas tratadas o no tratadas con dispositivos de liberación de P4 en el momento de la primera GnRH (Pursley y col, 2001). En este sentido, la utilización de P4 es necesaria si se quiere obtener una mejor fertilidad en vacas en anestro (Macmillan y Peterson, 1993). Con la utilización de P4 se busca imitar la fase luteal corta producida previo al reinicio de la actividad sexual cíclica posparto. La utilización de P4 mejora los porcentajes de preñez en animales inseminados artificialmente ya que ésta evita la formación de un cuerpo lúteo de vida corta (Breuel y col., 1993), por lo tanto el cuerpo lúteo de la ovulación precedida por el tratamiento de P4 tendrá una actividad normal permitiendo el desarrollo y el mantenimiento de la preñez (Wiltbank y col., 2002).

Productores de leche de todo el mundo utilizan estos protocolos con tasas de concepción entre 35 y 55%. Las tasas de preñez son principalmente influenciadas por la CC, los días en lactancia de los animales sincronizados y la producción de leche de las vacas (Bó y col, 2006, Cavalieri y col, 2006, Lucy y col, 2004). Además el protocolo empleado en esta tesis, sin la utilización de benzoato de estradiol, pretende ser la alternativa a futuro en caso que se prohíba la utilización del mismo, como ya sucede en varios países.

6. CONCLUSIONES

Actualmente, la economía mundial requiere de prácticas de manejo eficaces para mejorar la rentabilidad de los establecimientos de producción de leche. La eficiencia reproductiva óptima es crucial para incrementar los rendimientos netos. Es muy importante utilizar tecnologías reproductivas. Sin embargo, la variabilidad de las respuestas a los tratamientos tradicionales y el tiempo y esfuerzo que se requieren para realizar la detección del celo han afectado al rendimiento reproductivo de los rodeos lecheros.

La incorporación de técnicas diseñadas para controlar la dinámica de la onda folicular y la ovulación en los últimos años ha reducido los problemas asociados con la detección del celo. Además, los tratamientos con dispositivos de liberación de progesterona, estradiol y gonadotrofinas han brindado la posibilidad de aplicar la IATF con altas tasas de preñez en vacas lecheras cíclicas y no cíclicas. No obstante, es muy importante reconocer que el éxito del programa reproductivo también depende de muchos factores de manejo tales como el manejo nutricional y de la salud, las instalaciones y la disponibilidad de personal calificado.

Por último, los resultados obtenidos en esta tesis y su discusión con los aportes de diferentes autores, nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. Existe una correlación positiva y significativa entre tasa de concepción y la condición corporal.
2. Bajo las condiciones de este estudio se determinó que la eficiencia de la IATF es directamente proporcional con la condición corporal.

3. Existió una clara diferencia en la tasa de concepción entre las vacas que presentaron como estructura ovárica un cuerpo lúteo al inicio del protocolo, versus las que presentaron solamente folículos.
4. Se observa una mayor tasa de concepción en los servicios de otoño-invierno que los de primavera.
5. Quedo demostrado a pesar de no ser el objetivo de esta tesis, que el número de lactancias, es una variable altamente significativa en la tasa de concepción. Por lo tanto es un factor muy importante a tener en cuenta al momento de decidir que vacas someter a una IATF.
6. Queda totalmente en evidencia que existen toros con marcada diferencia en su fertilidad y por lo tanto antes de implementar un protocolo de IATF, deberíamos asegurarnos la calidad del semen que vamos a utilizar.

7. BIBLIOGRAFIA:

- Alvarez J. 1999. Sistema integral de atención a la reproducción. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). EDICENSA. La Habana. p 129.
- Arthington J. 1999. Utilize Body Condition Scoring to Improve Beef Cow Productivity. South Florida Beef - Forage Program. http://sfbfp.ifas.ufl.edu/articles/article_1999_december.shtml
- Arthur G, Noakes D, Pearson H, Parkinson T. 1996. Veterinary Reproduction and Obstetrics (7th edn). W B Saunders Company. London. p 726.
- Beam S, Butler W. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J Reprod Fertil Suppl.* 54:411-424.
- Bell A. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci.* 73:2804-2819.
- Bell D, Wetemann RP, Lusby KS. 1990. Effects of body condition score at calving and postpartum nutrition on performance of two year old heifers. *Animal Science Research Report.* http://beefextension.com/research_reports/1990rr/90_6.pdf
- Bo G, Cutaia L, Veneranda G. 2006. Manejo de las hormonas en los programas reproductivos del ganado lechero. 6° Congreso Internacional de Especialistas en Bovinos. Torreón. México 9 al 11 de Noviembre de 2006. (falta la página del libro de resúmenes)
- Boland M, Lonergan P, O'Callaghan D. 2001. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology.* 1:1323-1340.

- Bossis I, Wettemann R, Wetty S, Viscarra J, Spicer L, Diskin G. 1999. Nutritionally Induced Anovulation in Beef Heifers: Ovarian and Endocrine Function Preceding Cessation of Ovulation. *J Anim Sci.* 77:1536-1546.
- Breuel KF, Lewis PE, Inskip EK, Butcher RL. 1993. Endocrine profiles and follicular development in early-weaned postpartum beef cows. *J Reprod Fertil.* 97:205-212.
- Britt J. Impacts of early postpartum metabolism on follicular development and fertility. Annual Convention of the American Association of Bovine Practitioners. Estados Unidos, Enero de 1992, p 39-43.
- Burke J, De La Sota R, Risco C, Staples C, Schmitt E, Thatcher W. 1996. Evaluation of timed insemination using a gonadotropin-releasing hormone agonist in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 79:1385-1393.
- Butler W, Smith R. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- Butler W, Everett R, Coppock C. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci.* 53:742-748.
- Butler W. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci.* 60-61:449-457.
- Canfield R, Butler W. 1990. Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Domest Anim Endocrinol.* 7: 323-330.

- Cavalieri J, Hepworth G, Fitzpatrick L., Shepard R, Macmillan K. 2006. Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. *Theriogenology*. 65:45-64.
- Cerri R, Santos J, Juchem S, Galvão K, Chebel R. 2004. Timed artificial insemination with estradiol cypionate or insemination at estrus in high-producing dairy cows. *J Dairy Sci*. 87:3704-3715
- Christian R, Casida L. 1948. The effects of progesterone in altering the oestrous cycle of the cow. *J Anim Sci*, 7: 540.
- Contreras L, Ryan C, Overton T. 2004. Effects of dry cow grouping strategy and prepartum body condition score on performance and health of transition dairy cows. *J Dairy Sci*. 87:517-523.
- Dehning R. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad. Curso manejo de la fertilidad bovina. Medellín. Colombia, 18 al 23 de Mayo de 1987, p 38.
- Domecq J, Skidmore A, Lloyd J, Kaneene J. 1997. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J Dairy Sci*. 80:113-120.
- Drost M, Thatcher W. 1992. Application of gonadotrophin releasing hormone as a therapeutic agent in animal reproduction. *Anim Reprod Sci*. 28:11-19.
- Ducker M, Morant S. 1984. Observations on the relationships between the nutrition, milk yield, live weight and reproductive performance of dairy cows. *Anim Prod*. 38:9-14.

- Ducker M, Haggett R, Fisher W, Morant S, Bloomfield G. 1985. The effect of level of feeding in late pregnancy and around the time of insemination on the reproductive performance of first lactation dairy heifers. *Anim Prod.* 41:1-12.
- Edmonson A, Lean I, Weaver L, Farver T, Webster G. 1989. A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 72:68-78.
- Fagan J, Roche J. 1986. Reproductive activity in postpartum dairy cows based on progesterone concentrations in milk or rectal examination. *Irish Vet J.* 40:124-131.
- Ferguson D, Otto K. Managing body condition in dairy cows. Cornell Nutrition conference for Feed Manufacturers. Syracuse. Estados Unidos, 24 al 26 de Octubre de 1989, p 75-87.
- Ferguson J, Galligan D, Thomsen N. 1994 .Principal descriptors of Body condition Score in Dairy Cattle. *J Dairy Sci.* 77:2695-2703.
- Fourichon C, Seegers H, Malher X. 1999. Effects of disease on reproduction in the dairy cow. A meta-analysis. *Theriogenology.* 53:1729–1759.
- Gallo L, Carnier P, Cassandro M, Mantovani R, Bailoni L, Contiero B, 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.
- Garnsworthy P, Topps J. 1982. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim Prod.* 35:113-119
- Garnsworthy P, Jones G. 1987. The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Anim Prod.* 44:347-353.

- Gearhart M, Curtis C, Erb H, Smith R, Sniffen C, Chase L, Cooper M. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J Dairy Sci.* 73: 3132-3140.
- Geary T, Whittier J, Hallford D, MacNeil M. 2001. Calf removal improves conception rates to the Ovsynch and Co-synch protocols. *J Anim Sci.* 79:1-4.
- Grigera J, Bargo F. 2005. Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. Informe Técnico. www.produccion-animal.com.ar
- Grummer R, Mashek D, Hayirli A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20:447-470.
- Gumen A, Guenther M, Wiltbank M. 2003. Follicular size and response to Ovsynch versus detection of estrus in anovular and ovular lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 86:3184-3194.
- Heersche G, Nebel R. 1994. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J Dairy Sci.* 77:2754-2761.
- Hiers E, Barthle C, Dahms M, Portillo G, Bridges G, Rae D, Thatcher W, Yelich J. 2003. Synchronization of *Bos indicus* x *Bos taurus* cows for timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone plus prostaglandin F2alpha in combination with melengestrol acetate. *J Anim Sci.* 81:830-835.
- Holmes C, Brookes I, Garrick D, Mackenzie D, Parkinson T, Wilson G. 2002. Milk production from pastures. Massey University. Palmerston. p 602.
- Holy L. 1972. Importancia del control de la reproducción bovina en la economía ganadera. Ed. Universidad de la Habana. La Habana.

- Jim Linn. 1991. Feeding for optimal reproductive performance in high producing dairy cows. En: *Breeding for Profit...in the 90's*. Cooperative Extension Service, Iowa State University.
- Kendrick K. 1999. Effects of Energy on Hormones, Ovarian Activity, and Recovered Oocytes in Lactating Holstein Cows Using Transvaginal Follicular Aspiration. *J Dairy Sci.* 82:1731-1740.
- Kim I, Suh G. 2003. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology.* 60:1445-1456.
- Leaver J. 1977. Effect of Level of Nutrition and Body Condition on the Fertility of Heifers. *Anim Prod.* 28:219-224.
- LeBlanc S, Leslie K. 2003. Short communication: presynchronization using a single injection of PGF2alpha before synchronized ovulation and first timed artificial insemination in dairy cows. *J Dairy Sci.* 86:3215-3217.
- Loeffler S, de Vries M, Schukken Y. 1999. The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *J Dairy Sci.* 82:2589-2604.
- Lopez F. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial.* 4:77-86.

- Lopez-Gatius F. 2000. Reproductive performance of lactating dairy cows treated with cloprostenol, hcg and estradiol benzoate for synchronization of estrus followed by timed AI. *Theriogenology*. 54:551-558.
- Lopez-Gatius F, Santolaria P, Yaniz J, French M, Lopez-Bejar M. 2002. Risk factors for postpartum ovarian cysts and their spontaneous recovery or persistence in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 58:1623–1632.
- López-Gatius F, Yániz J, Madriles-Helm D. 2003. Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology*. 59:801-812.
- Lucy M, Staples C, Michel F, Thatcher W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci*. 74:473-482.
- Lucy M. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will it End. *J Dairy Sci*. 84:1277-1293.
- Lucy M, McDougall S, Nation D. 2004. The use of treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture based management systems. *Anim Reprod Sci*. 82-83: 495-512.
- Macmillan K, Peterson A. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for estrus synchro-nization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anestrus. *Anim Reprod Sci*. 33:1-25.
- Maizon D, Oltenacu P, Grohn Y, Strawderman R, Emanuelson U. 2004. Effects of diseases on reproductive performance in Swedish red and white dairy cattle. *Prev Vet Med*. 66:113–126.

- McClure T. 1994. Infertilidad Nutricional y Metabólica de la Vaca. Ed Acribia. Zaragoza. P 141.
- Miño J. 2008. Efecto de la condición corporal en la respuesta a la sincronización de celo en vacas lecheras con anestro posparto. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa. p 7-11.
- Moreira F, Risco C, Pires M, Ambrose J, Drost M, DeLorenzo M, Thatcher WW. 2000. Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology*. 53:1305-1319.
- Moreira F, Orlandi C, Risco C, Mattos R, Lopes F, Thatcher W. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 84:1646-1659.
- Morrow D, Hillman D, Dade A, Kitchen H. 1979. Clinical investigation of a dairy herd with the fat cow syndrome. *J Am Vet Med Assoc*. 174:161-167.
- Mulligan F, O'Grady L, Rice D, Doherty M. 2006. A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. *Anim Reprod Sci*. 96:331–353.
- Opsomer G, Grohn Y, Hertl J, Coryn M, Deluyker H, De Kruif A. 2000. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology*. 53:841-857.
- Otto K, Ferguson J, Fox D, Sniffen C. 1991. Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*. 74:852-859.

- Overton T, Waldron M. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J Dairy Sci.* 87:105-119.
- Palma G, Brem G. 2001. Biotecnología de la Reproducción. En: *Biotecnología de la Reproducción*. Ediciones INTA. Balcarce. p 1-19.
- Pedroso R, Bonachea S. 1995. Influencia de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo del ganado bovino. Revisión bibliográfica. *Rev Cubana Reprod Anim.* 21:1-14.
- Peter A, Vos P, Ambrose D. 2009. Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology.* 71:1333-1342.
- Prado R, Rhind S, Wright I. 1990. Ovarian follicle population, steroidogenicity and micro morphology at 5 and 9 weeks post-partum in two level of body condition. *Anim Prod.* 51:103-108.
- Pryce J, Coffey M, Simm G. 2001 The relationship between body condition score and reproductive performance. *J Dairy Sci.* 84:1508-1515.
- Pryce J, Royal M, Garnsworthy P, Mao I. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Prod Sci.* 86:125–135.
- Pursley J, Mee M, Wiltbank M. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2a and GnRH. *Theriogenology.* 44:915-923.
- Pursley J, Wiltbank M, Severson J, Ottobre J, Garverich H, Anderson L. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J Dairy Sci.* 80:295-300.
- Pursley J, Kosorok M, Wiltbank M. 1997. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronized ovulation. *J Dairy Sci.* 80:301-306.

- Pursley J, Fricke P, Garverick H, Kesler, Ottobre J, Stevenson J, Wiltbank M. Improved fertility in noncycling lactating dairy cows treated with exogenous progesterone during Ovsynch. Midwest Branch ADSA Meeting. Des Moines. Estados Unidos, 19 al 21 de Marzo de 2001, p 63.
- Rasby R, Wetlemaun R, Geisert R, Wagner J, Lusby K. 1991. Influence of nutrition and body condition on pituitary ovarian and thyroid function to nonlactating beef cows. *J Anim Sci.* 69:2067-2073.
- Rhodes F, Fitzpatrick L, Entwistle K, De'Ath G. 1995. Sequential changes in Ovarian Follicular Dynamics in *Bos Indicus* Heifers before and After Nutritional Anoestrus. *J Fertility.* 104:41-49.
- Richards M, Wettemann R, Schoenemann H. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: concentrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. *J Anim Sci.* 67:2354-2362.
- Richards M, Wettemann R, Spicer L, Morgan G. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: Effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin - like growth factor - I . *Biol Reprod.* 44:961-966.
- Roche J. 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci.* 96:282-296.
- Rowson L. Synchronisation of estrus in cattle by means of prostaglandin F2a. VII International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Munich. Alemania, 6 al 9 de Julio de 1972, p 2: 865.

- Ruegg P, Milton R. 1995. Body condition scores of Holstein cows on prince Edward Island, Canada: Relationship with yield, reproductive performance, and disease. *J Dairy Sci.* 78:552-564.
- Santos J. Optimization tips and alternatives for timed insemination at first service. 2nd Convention dairy cattle reproduction council. Denver. Estados Unidos, 2 al 3 de Noviembre de 2007, p 23-35.
- Saturnino H. Condition corporal e eficiencia reproductiva em bovinos. Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. Belo Horizonte. Brasil, 05 al 09 de Julio de 1993, p 58-69.
- Senger P. 1994. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci.* 77:2745-2753.
- Staples C, Thatcher W, Clark J. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci.* 73:938-947.
- Stockdale C. 2001. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Aust J Exp Agric.* 41:823-839.
- Thatcher W, Drost M, Savio J, Macmillan K, Entwistle K, Schmitt E, De La Sota R, Morris G. 1993. New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Anim Reprod Sci.* 33:27-49.
- Thatcher W, Schmitt E, De La Sota R, Burke J, Risco C. Sincronización de estros en rodeos lecheros. II Simposio Internacional de Reproducción Animal. Carlos Paz. Argentina, 31 de Octubre al 02 de Noviembre de 1996, p 109-130.

- Thibier M. New Biotechnologies in Cattle Production. 7th Congress of the FAVA. Pattaya. Thailand, 4 al 7 de Noviembre de 1990, p 513–524.
- Villa-Godoy A, Hughes T, Emery R, Chapin L, Fogwell R. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 71:1063-1072.
- Walsh R, Walton J, Leslie K, Leblanc S. 2005. Prevalence and risk factors for postpartum anestrus in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 90:315-324.
- Waltner S, McNamara J, Hillers J. 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing holstein dairy cattle. *J Dairy Sci.* 76:3410-3419.
- Waltner S, McNamara J, Hillers J, Brown D. 1994. Validation of indirect measures of body fat in lactating cows. *J Dairy Sci.* 77:2570-2579.
- Wattiaux M, Combs D, Shaver R. 1994. Lactational responses to ruminally undegradable protein by dairy cows fed diets based on alfalfa silage. *J Dairy Sci.* 77:1604-1617.
- Wildman E, Jones G, Wagner P, Bowman R. 1982. A Dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J Dairy Sci.* 65:495-501.
- Wiltbank M, Gümen A, Sartori R. 2002. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology.* 57:21-52.
- Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S, Gumen A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology.* 65:17-29.

- Wiltbank M, Gumen A, Lopez H, Sartorio R. Manejo y tratamiento de vacas de leche no cíclicas o con quistes foliculares. VII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba. Argentina, 29 de Junio al 01 de Julio de 2007, p 114-130.
- Wright I, Russel A. 1984. Estimation in vivo of the chemical composition of the bodies of mature cows. *Anim Prod.* 38:33-44.
- Wright I, Rhind S, Whyte, T. 1992. A note on the effects of patterns of food intake and body condition on the duration of postpartum anoestrous period and LH profiles in beef cows. *Anim Prod.* 54:143-146.