

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

---

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS**



**Estudio Bibliográfico de la Hormona del  
Crecimiento y sus Usos en el Ganado  
Bovino Lechero.**

**TESIS PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A :**

**Abelardo de Jesús Flores López**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M.V.Z. Luis Roberto Bourguetts López**

**LAS AGUJAS, NEXTIPAC, JALISCO, JULIO DEL 2000**

## DEDICATORIA

Con todo mi cariño y respeto

A:

DIOS

A MIS PADRES:

Andres Flores E.  
Maria de Jesus Lopez

A MI ABUELA:

Ramona (q.e.p.d)

A MIS ESPOSA:

Maria de Lourdes

A MIS HIJAS:

Andrea Sayuri  
Mitzi Natalia

A MIS HERMANAS Y CUÑADOS:

Imelda y Carlos  
Claudia y Gerardo

A MI SOBRINA:

Fernanda

A todos aquellos que han intervenido en mi desarrollo personal y profesional.

Muchas gracias

## AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A la FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Mi eterno agradecimiento por la oportunidad de lograr una profesion y ser util a la sociedad.

A mis maestros, amigos y compañeros, a todos ellos gracias.

En especial a mi director de tesis:

M.V.Z. LUIS ROBERTO BOURGUETTS LOPEZ

Por su paciencia y contribucion por el enriquecimiento de esta tesis.

# CONTENIDO

|                                | <u>Páginas</u> |
|--------------------------------|----------------|
| RESUMEN -----                  | I              |
| GLOSARIO DE ABREVIATURAS ----- | II             |
| INTRODUCCION -----             | 1              |
| REVISION DE LITERATURA -----   | 11             |
| CONCLUSIONES -----             | 138            |
| LITERATURA CITADA -----        | 140            |

## RESUMEN

EL principal motivo para la elaboración de este estudio bibliográfico de la hormona del crecimiento y sus usos en el ganado bovino lechero es: 1.- Que en un solo tomo se recopilara en forma ordenada la información que en los últimos años se a publicado sobre esta hormona y sus usos en el ganado lechero. 2.- Mencionar sus aplicaciones en todo el proceso de crianza y productivo del ganado productor de leche. Para esto se consultó libros, revistas especializadas, memorias de congresos y bancos de información, obteniéndose que es aplicable en todas las etapas, produce aumento en la producción láctea, no afecta la incidencia de mastitis, los parámetros reproductivos en algunos ensayos se vieron afectados, las características organolepticas y nutricionales de la leche no sufrieron modificación alguna el publico consumidor hasta el momento no se ha visto afectado ( grupos " ecologistas o de defensa del consumidor " opinan lo contrario ). Concluyendo, no es una "panacea" de la productividad, pero se necesitan ciertos requisitos para que los resultados esperados se den sin afectar la calidad de la leche, la salud animal.

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

**ACTH.-** Hormona Adrenocorticotrópica.

**FCM.-** Leche corregida en grasa ( por sus siglas en ingles ).

**FSH.-** Hormona Folículo- Estimulante

**GH - RH.-** Hormona Liberadora de Hormona de crecimiento (por sus siglas en ingles).

**GnRH.-** Hormona Liberadora de Gonadotropinas.

**GH - RIH o Somatostatina.-** Hormona Inhibidora de la Liberación de Hormona del Crecimiento

**HC.-** Hormona del crecimiento.

**HLHC.-** Hormona Liberadora de la Hormona del Crecimiento.

**IGF-1.-** Factor de Crecimiento Insulínico 1

**rBGH o GH.-** Hormona del crecimiento bovina obtenida por tecnología recombinante ( por sus siglas en ingles ).

**STB o BST.-** Somatotropina Bovina.

**STH.-** Hormona Somatotropina

**TSH.-** Hormona Estimulante de la Tiroides ( Tirotrópica )

## INTRODUCCION

Aunque la producción de leche en el mundo ha aumentado en los últimos 25 años no ha mantenido el mismo ritmo de crecimiento de la población: la producción de leche aumentó en un 49%, mientras que la población creció en un 53% en algunos países del continente Africano y de Latinoamérica, la diferencia en el aumento de leche y poblaciones es mas grande, caso contrario ha sucedido en países Europeos en donde el aumento de leche fue proporcionalmente mayor que el de la población humana. ( 9, 66 ).

Durante la década de los 70's el crecimiento promedio anual de la producción láctea fue del orden del 4.1 %. Para la década siguiente la producción nacional de leche se mostró deficitaria en su crecimiento en relación al de la población, con tasa cercanas al 1.0 %, llegando en 1983 a presentar un decremento del -1.0 % y en 1987 un descenso marcado sufriendo un decremento del 16 % en relación con el año de 1986. Sin embargo, el volumen de la producción por entidad federativa para los años de 1989 a 1997 muestra un mayor dinamismo, con tendencias de crecimiento, similar al ritmo del incremento de las importaciones que presentan en el periodo más del 30 % anual del consumo nacional aparente, a excepción del estimado para 1995 en el que solo llegan al 27.8 %. ( 72 ).

En Marzo de 1985 el "Proyecto de Desarrollo Lechero" del programa de cooperación FAO/BANCO MUNDIAL, señaló que en 1995 la demanda total de leche fresca se acercaría a los 11,800'000,000 de litros, mientras que la producción probablemente llegue a los 9,500'000,000 de litros, por lo que se estima que se atenderá al 80.5% de la demanda y habrá un déficit de alrededor de 2,300'000,000 de litros de leche, esta demanda será mas notoria en 4 estados: Distrito Federal, México, Nuevo León y Guerrero, por lo anterior para contrarrestar en forma parcial esta deficiencia de leche fluida se ve la necesidad de realizar importaciones de leche en polvo ( 9, 19, 42 ).

La producción nacional de leche se canaliza al consumidor en forma de diferentes productos: el 6% como leches industrializadas ( evaporada, condensada y en polvo ), el 22% como productos derivados ( quesos, mantequilla, crema, yoghurt y otros productos ), el 24% como leche pasteurizada y el 48% se consume como leche bronca ( 9, 19, 44 ).

De acuerdo con las encuestas directas de consumo nacional realizadas por el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ), en 1979 la ingestión diaria de leche por persona era de 120 mililitros en el medio rural y de 310 mililitros en el ámbito urbano proletario. En 1980, el porcentaje de la población total que manifestó no consumir leche fue del orden del 30.0%, además que el 12.3% de los



niños menores de 5 años que comienzan a ingerir otro tipo de alimento no consumen leche.

Sin duda estos son promedios alrededor de los cuales se esconden diferencias regionales y variaciones de consumo entre los miembros de una familia. Lo reducido de la cifra puede obedecer a cuestiones económicas de simple falta de disponibilidad en algunos lugares, de hábitos y tal vez en muchos casos, de intolerancia ( 14, 32, 43 ).

En fin, se podrían enumerar cientos de datos referentes a la escasez de alimentos que tan gravemente perjudica a México, pero especialmente a la niñez. Sin embargo la importancia de la producción lechera radica en que es un alimento básico necesario para satisfacer los mínimos requerimientos nutricionales de la población infantil. (Un litro de leche aporta todas las proteínas que se requieren para los niños hasta los 6 años y mas del 60% de las necesidades para el crecimiento de los niños hasta los 14 años) ( 4, 43, 44 ).

Para el año 2000 México tendrá mas de 100 millones de habitantes de los cuales mas del 50% no habrá cumplido los 16 años. Uno de los problemas más graves será el tener que alimentar a esa población joven. La leche de vaca es un elemento fundamental para la alimentación y para el desarrollo del ser humano, pero

la insuficiente producción primaria y sus altos costos son una barrera para su oferta y , por lo tanto para su consumo.

El consumo nacional aparente no ha tenido mayores avances, siendo de 116 a 118 mililitros anuales per cápita entre 1988 y 1991 y de 127 y 131 para los tres años siguientes. Para 1995 se estimó nuevamente la cifra más alta de los primeros cuatro años que fue de 118 mililitros anuales per cápita. ( 51 72 ) La ingestión per cápita mencionada equivale a 7 % de la energía y 12 % de la proteína del consumo medio aparente en el país y por lo tanto la leche ocupa un lugar secundario en la dieta media. ( 15 ). Lo anterior se traduce que la producción ha sido incapaz de satisfacer los requerimientos mínimos de la población, teniéndose que recurrir a las importaciones para completar la oferta nacional, así por ejemplo:

| AÑO   | PRECIO POR TON.<br>DE DÓLARES | TOTAL DE TON<br>IMPORTADAS | VALOR MILLONES<br>DE DÓLARES |
|-------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1984  | 860                           | 100,000                    | 86.0                         |
| 1985  | 640                           | 189,000                    | 120.9                        |
| 1986  | 850                           | 128,400                    | 109.1                        |
| 1987  | 890                           | 157,200                    | 139.9                        |
| 1988  | 1500                          | 208,000                    | 312.0                        |
| 1989  | 2300                          | 250,000                    | 575.0                        |
| 1992  | 1500                          | 140,000                    | 210.0                        |
| 1993  | 1400                          | 170-180,000                | 255.0                        |
| 1994  | 1648                          | 200,000                    | 320.0                        |
| 1995  | 2107                          | 127,195                    | 268.0                        |
| 1996  | 1948                          | 202,772                    | 395.0                        |
| 1997  | 1733                          | 200,807                    | 348.0                        |
| 1998  | 1470                          | 130,000                    | 161.0                        |
| 1999* | 1350                          | 130,000                    | 175.5                        |

( + hasta el mes de Agosto )

esto coloca a México como primer importador de este producto, lo anterior provoca fomentar y subsidiar a ganaderos pertenecientes a otros países de donde provienen la importación masiva de leche en polvo como son: Australia, Alemania, Francia, Estados Unidos, Irlanda del Norte, Canadá, Suiza y Nueva Zelanda

Si mientras las producciones de leche fresca bajaron en un promedio de 13.5% (1984-1989), las importaciones de leche en polvo en cambio aumentaron un 50% en un lapso de 6 años (1984-1989) y de 1990 a 1997 la importaciones crecieron en 16%. ( 9.,23, 44 ).

La importación de leche en polvo no puede acabar de un golpe, pero si debe procurar su eliminación gradual; el camino es el aumento de la producción interna con base en incrementos de la productividad, mayor rendimiento del hato mediante la aplicación de los conocimientos tecnológicos disponibles y la adaptación de tales conocimientos a las situaciones sociales, políticas y ecológicas de este país, permitirá aumentar a corto plazo, la oferta de proteínas de origen pecuario y a la vez conservar los recursos naturales ( 22, 65, 67 ).

Una alternativa para incrementar la producción pecuaria la constituye el uso de aditivos para mejorar el metabolismo del animal. La hormona del crecimiento ha mejorado la ganancia de peso en bovinos. En el caso de vacas lecheras el uso de la hormona del crecimiento extraídas de glándulas pituitarias de animales de sacrificio,

así como la obtenida por biotecnología ha incrementado la producción de leche. Los programas de inseminación artificial y selección de toros, mejoran la producción de leche en un promedio de 100 Kilos por vaca, frente a un incremento calculado en 135 Kilos de leche en programas de transferencia de embriones, algunos autores señalan que el uso de la hormona del crecimiento obtenida por biotecnología, es posible incrementar la producción de leche en 2,000 Kilos, es decir un 40% en una sola lactancia, haciendo más eficiente la utilización del alimento por vaca lechera.

El uso de la somatotropina obtenida de extractos de la glándula pituitaria para incrementar la producción de leche, en la actualidad, este producto, puede obtenerse por biotecnología (desarrollada por MONSANTO, Inc.) en cantidades abiertas denominada somatotropina de origen pituitario. En consecuencia, a corto plazo se podrá disponer de este aditivo para su uso comercial en los hatos lecheros. Y si bien la producción de leche por vaca en Estados Unidos en 1984 fue de 5,860 Kg. con una adecuada selección, alimentación y manejo, la producción se elevará a 7,425 Kg. para el año 2000, pero si se usa somatotropina metionil bovina (STB), se podría llegar a niveles de 9,281 Kgs. La somatotropina bovina será el primer producto de la biotecnología empleada en la ganadería, mas de 800 reportes sobre unas 20,000 vacas han demostrado que las respuestas productivas observadas con este producto, han sido notablemente consistente en todo el mundo. La mejor eficiencia productiva tendrá un impacto en la producción del ganado lechero en las próximas décadas ( 39 ).

El México de la década de los 90's fue un país con un fuerte déficit de producción de alimentos, uno de los cuales es la leche esto se debe a un sin número de factores, entre los cuales se pueden mencionar algunos muy importantes

1. Baja productividad del hato lechero nacional.
2. Excesivo crecimiento demográfico.
3. Altibajos en los incentivos económicos para producir leche (precio) lo que ahuyenta inversionistas de este sector.
4. Retiro de muchos productores cada año a causa de lo anterior.
5. Disponibilidad limitada de insumos alimenticios que impide visualizar una expansión importante en el futuro.
6. Altos costos de producción.
7. Competencia desleal ante industriales que prefieren la utilización de sustitutos lácteos que leche fresca.

En el sector lechero, los ganaderos han iniciado, a pesar de las dificultades que enfrentan, la búsqueda de opciones que permitan mejorar la competitividad de la cadena productiva, empleando nuevas tecnologías para incrementar la producción y así ser más eficientes.

La capacidad de la somatotropina bovina para incrementar la tasa de crecimiento de los animales y la producción lechera durante la lactancia se conoce desde hace más de 50 años. Sin embargo, la puesta en práctica de este conocimiento tuvo que esperar hasta que el desarrollo de la biotecnología permitiera la producción de las cantidades importantes de somatotropina para su uso comercial. Debemos de estar enterados del uso de nuevas tecnologías y ser capaces de comunicar, motivar y preparar a los estudiantes, profesionistas y ganaderos para así incrementar la producción láctea.

El manejo de la explotación lechera es complicada y requiere de conocimientos y dedicación para lograr el éxito y una buena rentabilidad.

Todas las áreas de la explotación lechera son importantes, sin embargo la de mayor trascendencia es la vaca en producción, por representar la leche el 95% de los ingresos del hato. Los factores de mayor importancia que promueven su productividad son: Manejo, Alimentación, Reproducción, Sanidad y Genética.

Además existen otras áreas de importancia que están involucradas en la eficiencia del animal, como son: los registros, los ordeños y el mejoramiento genético. A este conjunto de áreas y actividades se le conoce como manejo del ganado, que permiten establecer un ritmo de crecimiento y productividad del ganado en un grado óptimo.

Los objetivos que han motivado el interés por la realización de esta recopilación bibliográfica sobre los usos y beneficios de la Hormona Somatotropina Bovina en ganado productor de leche, son las de contribuir a formar un acervo actualizado y sistematizado de los datos que sobre esta hormona se han publicado en los últimos años.

Así como la de transmisión de datos, hechos y experiencias cuyos conocimientos se puedan aplicar y adaptar eficientemente para obtener el máximo aprovechamiento de la hormona del crecimiento, incrementando producción láctea con el fin de que esta actividad sea más rentable y en constante superación



## REVISION DE LITERATURA

La información obtenida se ordeno en los siguientes temas y subtemas

### 1. SOMATOTROPINA U HORMONA DEL CRECIMIENTO.

### 2. MECANISMO FISIOLÓGICO.

### 3. MECANISMO DE ACCION.

### 4. CAMBIOS FISIOLÓGICOS INDUCIDOS POR LA SOMATOTROPINA.

### 5. CRIANZA DE VAQUILLAS DE REEMPLAZO.

- Desarrollo de la glándula mamaria y relaciones hormonales previas a la lactancia.
- Desarrollo post-natal, antes de la pubertad, crecimiento isométrico y alométrico
- Becerras en lactancia.
- Vaquillas de reemplazo.

### 6. VACAS EN PRODUCCION.

- Calidad del manejo.
- Formas de STB y Métodos de Administración.
- Reacción al rendimiento de la leche.
- La alimentación, condición corporal y la eficiencia de la alimentación.
- Etapa de lactancia, partos, razas condiciones climáticas, genotipo y fenotipo.

### 7. FERTILIDAD EN VACAS TRATADAS CON HORMONA DEL CRECIMIENTO.

### 8. LA HORMONA DEL CRECIMIENTO Y LAS EVALUACIONES GENÉTICAS.

### 9. SALUD ANIMAL.

### 10. CALIDAD DE LA LECHE Y EFECTOS EN LA SALUD DEL PÚBLICO CONSUMIDOR DE LECHE PROVENIENTE DE VACAS TRATADAS CON HORMONA DEL CRECIMIENTO.

**11.POLITICAS INTERNACIONALES SOBRE SU USO EN LA PRODUCCION DE LECHE.**

**12.LA HORMONA DEL CRECIMIENTO EN EL SECTOR LECHERO MEXICANO.**

# 1 SOMATOTROPINA U HORMONA DEL CRECIMIENTO

La somatotropina u hormona del crecimiento, es una proteína compleja que ha sido estudiada por muchos grupos durante varias décadas. Existen diferencias entre especies, pero parecen mas similares que lo que se penso alguna vez y el peso molecular es aproximadamente 22,000 para la mayor parte de las especies. La estructura de la STH humana, que tiene 188 a 191 aminoácidos con dos puentes disulfuros. Existe una considerable especificidad de especies para STH y la mayor parte de los investigadores tratan hormonas homólogas para estudios experimentales. La refracción se desarrolla con hormonas heterólogas, así como otros efectos adversos de la inyección de una sustancia extraña. La rata responde a la mayor parte de STH excepto a la STH de pescado. El humano sólo responde a la STH humana o de mono. La mayor parte de los animales domésticos responden mejor a la STH homóloga y menos a la STH heteróloga .

La molécula completa de la proteína no es necesaria para la actividad de la STH. Pueden suprimirse ciertas secuencias peptídicas sin alterar la potencia biológica. De hecho, se han encontrado fragmentos de 38 a 40 aminoácidos activos. ( 53, 68, 70 ) (Fig. 1).

Ya en los años 30's, la STH demostró ser importante para el crecimiento y lactancia en los animales estudiados en laboratorio. Durante la segunda guerra

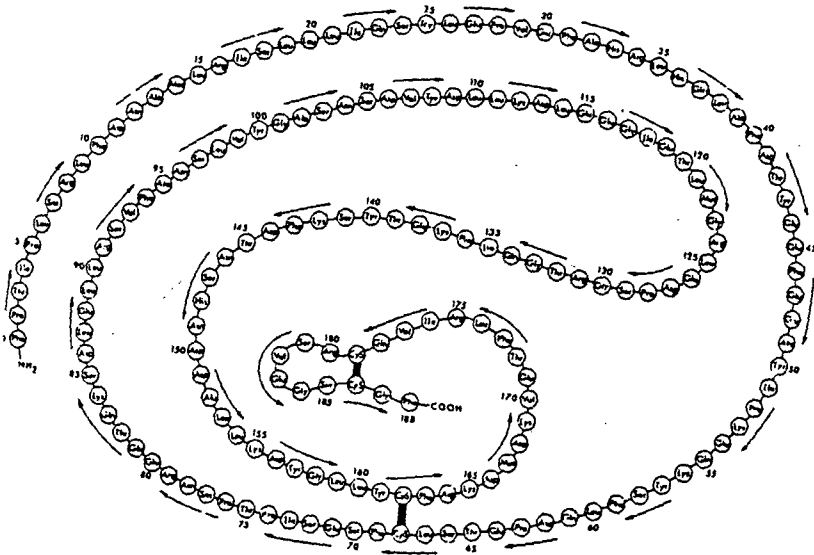


Fig. 1.- Secuencia de aminoácidos de la molécula STH humana. (De Li, C. H.: Estudios recientes sobre la química de la hormona de crecimiento humana. McDonald L.E. Endocrinología veterinaria y reproducción. Glándula hipofisis.

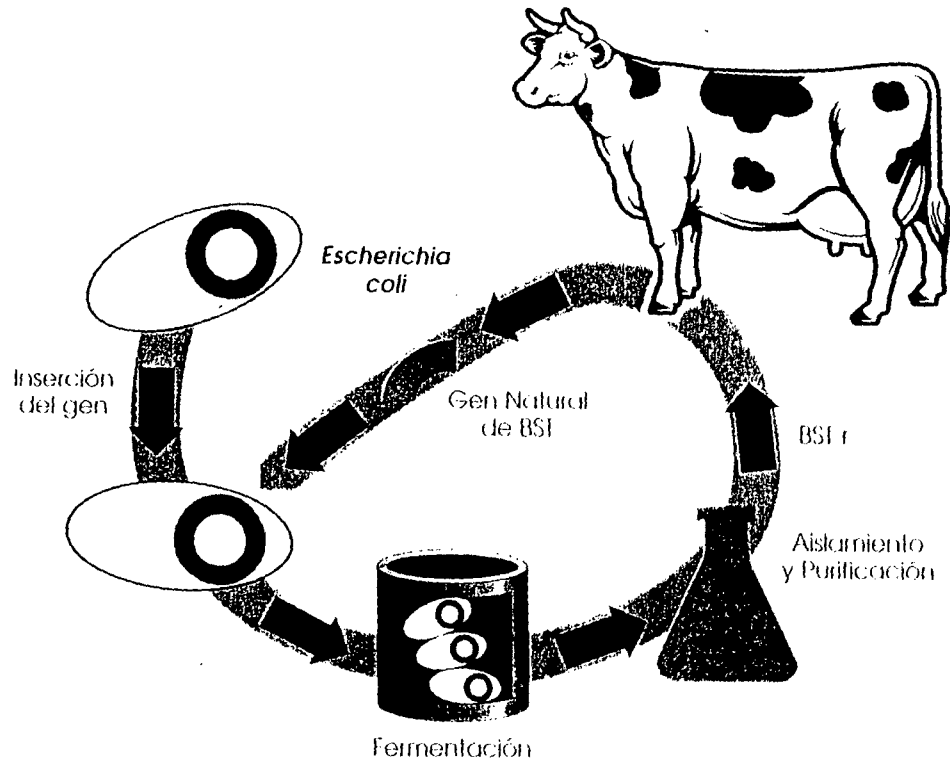
mundial, se pensaba que podría usarse para ayudar a disminuir la escasez de leche en la Gran Bretaña. Se hubiera necesitado las pituitarias de 200 vacas sacrificadas para proporcionar suficiente STH para inyectar a una vaca tan solo por un día. En 1964, se determinó que la STH se necesitaba para la lactancia usando cabras hipofisectomizadas. La aplicación de este conocimiento y los esfuerzos para identificar los mecanismos de las acciones de STH eran lentos porque el abastecimiento de STH era limitado, tanto que solo podía ser extraído con una variación de pureza de las glándulas pituitarias de los animales sacrificados. ( 68 ).

En 1973 se demostró que por primera vez en Inglaterra inyecciones de extracto de la parte anterior de la glándula pituitaria producían un aumento de la producción lechera en bovinos. A pesar de estos resultados alentadores, los investigadores concluyeron que era imposible purificar suficiente hormona a partir de glándulas pituitarias bovinas como para producir un cambio en la producción lechera que tuviera un impacto a nivel nacional. ( 17 ).

Desde la construcción e inserción de la gene completa para la STH para bovinos en un plasma y después en una bacteria ( *Escherichia Coli* ) para su expresión durante la fermentación bacteriana, grandes cantidades de STH altamente purificadas han sido disponibles para propósitos de investigación. La disponibilidad de la STH producido por recombinación en la tecnología de DNA, la hormona producida es un recombinante idéntico a la BST que se denomina BSTr ( 70 ) nos ha

traído al umbral de la implementación de esta tecnología en el nivel de granja como una forma de alterar la lactancia, velocidad del crecimiento y la composición del esqueleto. Esta tecnología es similar a la que se usa una bacteria para producir la mayor cantidad de la insulina usada en el tratamiento de la diabetes en humanos. Las reacciones de la STH, especialmente en el ganado, cabras y ovinos, han sido estudiados extensamente porque sus efectos benéficos sobre el metabolismo en relación a la producción de la leche y el crecimiento corporal ( 68 ) (FIG. 2).

Fig. 2 PRODUCCION BIOTECNOLÓGICA DE LA STB



## 2 MECANISMO FISIOLÓGICO

La somatotropina, es una sustancia producida por el lóbulo anterior de la glándula hipófisis que tiene múltiples efectos sobre casi todas las funciones del organismo jugando un papel homeorrético en el metabolismo y al coordinar una gran variedad de procesos fisiológicos en la vaca lechera en producción, los nutrientes son destinados preferencialmente para la producción láctea.

La partición de nutrientes para demandas metabólicas a corto plazo se denomina homeostasis y el conjunto de procesos de desarrollo a largo plazo se llama homeorresis.

En condiciones naturales, la secreción de la somatotropina es regulada por un factor hipotalámico de liberación llamado hormona liberadora de la hormona del crecimiento (HLHC).

El control de gasto de STH se realiza por un balance entre hormona liberadora de hormona de crecimiento ( GH.- RH ) y hormona inhibidora de la liberación de hormona ( GH - RIH o somatostatina ).( 53 ).

La HLHC induce una secreción pulsátil de somatotropina, el ritmo de producción es irregular y ocurre tanto de día como de noche, con variaciones y



ritmos diferentes en cada individuo, sin relación con las horas de luz, sexo o estado de vigilia o sueño, la tensión, el ejercicio, el ayuno, la ingestión de alimentos altos en proteínas.

El aminoácido arginina, la vasopresina y los agentes alfa-adrenérgicos tienen un efecto liberador de STH, aunque su mecanismo se desconoce. ( 53 ).

No existen receptores celulares en la ubre para la hormona del crecimiento y se desconoce a ciencia cierta la forma en que la administración de este principio aumenta o influye en la producción de leche, pero el conocimiento de las interrelaciones fisiológicas ha dado por resultado la postulación de varias hipótesis. (45, 75 ).

El mecanismo fisiológico por el cual opera la somatotropina es por interacción con varias hormonas.

La somatostatina es un tetradecapéptido producido en el hipotálamo que inhibe la liberación de la somatotropina y por lo tanto es antagónico a la HLHC.

Cuando alcanza concentraciones plasmáticas elevadas, la somatotropina estimula la producción de somatostatina y ésta a la vez inhibe la producción de somatotropina por retroalimentación negativa.

La insulina es antagónica a la somatotropina, existiendo competencia entre ambas hormonas a nivel de receptores celulares en hígado, tejido adiposo, linfoblastos y células beta pancreáticas. Estos receptores también son similares a los de la prolactina, pero no en la glándula mamaria y en ese órgano la prolactina opera de manera independiente.

Las hormonas sexuales estimulan la producción de somatotropina; los implantes anabólicos incrementan la secreción de la hormona pero no aumenta su vida media ( 45, 46, 70 )

La reducción en ingestión de alimento disminuye la concentración de somatotropina; este efecto puede presentarse por muchas causas, por ejemplo, el exceso de magnesio en la dieta.

El estado nutricional y el estrés disminuyen las concentraciones de somatotropina circulante. Los ácidos grasos libres en el plasma, inhiben a la hormona y su disminución la incrementa simultáneamente con la producción de HLHC.

Paradójicamente, la infusión de glucosa aumenta la concentración de somatotropina porque inhibe los ácidos grasos del plasma; las dietas ricas en grasa,

por el contrario, incrementan la insulina basal y la relación insulina: glucagon; reacciones que son opuestas a la producción de leche.

Existen dos factores de crecimiento similares a la insulina que son mediadores de la somatotropina, se les llama somatomedinas 1 y son sintetizadas en muchos tejidos; siendo su efecto complementario a la vez antagónico. Al aumentar la cantidad de somatotropina no aumenta la concentración de somatomedinas pero la insulina sí provoca incremento de estos factores.

Las somatomedinas son influenciadas por el aporte nutricional; al disminuir los nutrientes también se reducen, pero al aumentar éstos, por ejemplo, al cambiar de una ración rica en forraje a una de concentrado, hay un incremento paralelo. Los esteroides incrementan la cantidad de somatomedinas, pero probablemente como consecuencia indirecta del aumento de nutrientes.

Tanto la insulina como las somatomedinas son lipogénicas, pero la potencia de la insulina es de 80 a 100 veces mayor a la somatomedina 1.

La insulina determina la fijación de las somatomedinas al tejido mamario; y estas sustancias incrementan el transporte de glucosa a los tejidos.

La somatotropina es antagónica a estas acciones, ya que interviene en proceso de división celular, crecimiento del esqueleto y síntesis de proteína, con importantes efectos metabólicos, lipólisis, oxidación de las grasas e inhibición del transporte de glucosa, actividades que se llaman diabetogénicas, habiéndose encontrado asociado con incremento de crecimiento y aumento en la eficiencia en conversión de alimento (45, 46, 70 ).

La STH parece ser liberada a una tasa basal constante a lo largo de la vida del animal. Aunque el crecimiento esquelético cesa después de la pubertad, la STH tiene una función biológica a lo largo de la vida como agente anabólico así como una función sinérgica al incrementar la acción de ACTH, TSH, LH y FSH sobre sus órganos blanco. ( 53 ).

### 3. MECANISMO DE ACCION

La hormona del crecimiento incrementa la producción de leche, pero el mecanismo por el cual ocurre este fenómeno, es desconocido, se sabe que no está relacionada con la prolactina ni con la hormona liberadora de la tirotrópina y que actúa como un regulador homeorrético. ( 75 ).

Se han postulado tres teorías:

La primera se basa en que la administración de somatotropina incrementa la cantidad de somatomedinas, con aumento del transporte de glucosa, pero el mecanismo exacto por el que este puede redundar en mayor producción de leche es desconocido, debiéndose hacer hincapié que en condiciones normales, sin suplementación con somatotropina, el aumento en hormona del crecimiento no provoca aumentos en las concentraciones de somatomedinas.(Fig. 3)

La segunda teoría postula que la somatotropina induce aumento en trabajo cardíaco y flujo de sangre hacia la glándula mamaria aumentando la disponibilidad de nutrientes para la síntesis de leche.

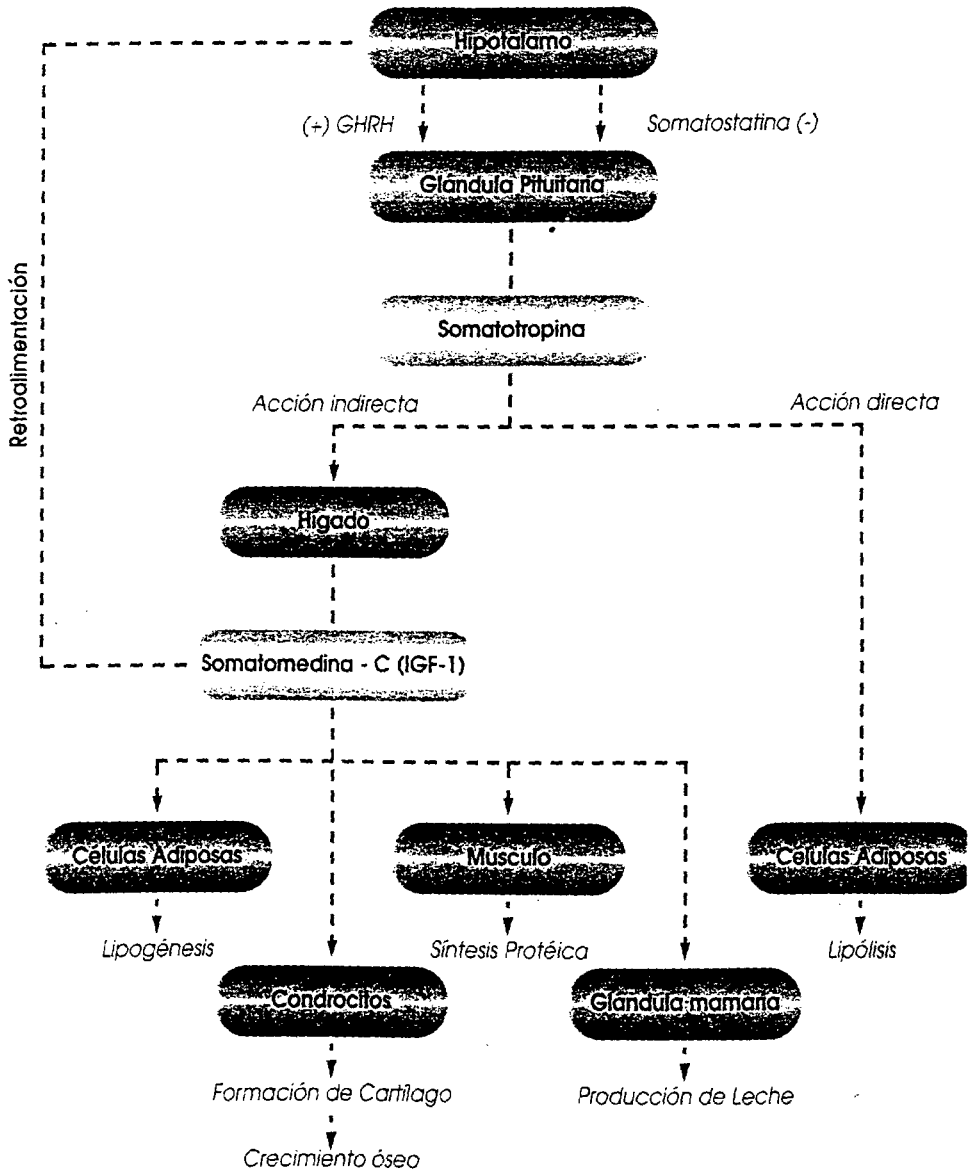
La tercera hipótesis presume que la hormona del crecimiento optimiza las vías de síntesis de glucosa o gluconeogénesis por las cuales se puede obtener el azúcar

necesario para la síntesis de la lactosa, a partir del glicerol y ácido propiónico o reduciendo la oxidación ( 46, 70 ).

El análisis de las proporciones normales en pastoreo o suplementación de vacas en producción han demostrado que en balance energético inferior los animales muestran mayores concentraciones de hormona del crecimiento y menores de glucosa, insulina y glucagon.

El aumento en temperatura ambiental disminuye la ingestión de alimento y concentraciones de somatotropina e insulina. La administración de somatotropina revierte estos efectos y proporciona una mayor cantidad de glucosa circulante.

Fig. 3 *Diseño Esquemático del Mecanismo de Acción de la Somatotropina Bovina*



#### **4. CAMBIOS FISIOLÓGICOS INDUCIDOS POR LA SOMATO-TROPINA.**

El metabolismo de proteínas está influenciado en forma marcada por la STH. Una de las formas más importantes en que afecta el metabolismo de proteínas es al incrementar la retención de nitrógeno en el cuerpo. La pérdida de nitrógeno en la orina como urea u otros productos de desecho nitrogenados disminuye, lo que indica una retención en el organismo ( 53 ).

El metabolismo de los lípidos se ve afectado con el aumento de la somatotropina, en particular el de los ácidos grasos, sin embargo, el tratamiento con hormona del crecimiento no aumenta la cantidad de ácidos grasos circulantes, los cambios en estas sustancias están en relación directa con el status energético.

Si el balance energético es negativo, hay aumentos en grasa en la leche, pero si es positivo, los aumentos en grasa y cantidad de leche son paralelos. Este fenómeno se debe a que la somatotropina regula la movilización de lípidos, si el balance nutricional es positivo, hay disposición de grasas y si es negativo, hay movilización. Los efectos son antagónicos a la epinefrina en el primer caso y a la insulina en el segundo.

La somatotropina aumenta el porcentaje de ácidos grasos de cadenas media y larga en la leche y las dosis de 50 a 100 U.I. por día quedan cerca o en balance



energético negativo que induce incrementos aun mayores del porcentaje de grasa en la leche.

Cuando se han analizado dosis progresivas de hormona del crecimiento de 5 hasta 100 U.I. por día de origen pituitario, se ha observado que el porcentaje de grasa en la leche aumenta en relación directa con la dosis y los ácidos grasos en plasma continúan incrementándose hasta que los animales caen en un balance energético negativo.

En los glúcidos, la somatotropina induce reducciones en la oxidación de la glucosa que proporcionan 30 % de la glucosa adicional requerida para la síntesis de la lactosa en la leche extra producida. La gluconeogénesis a partir del ácido propiónico también se incrementa y la tercera fuente es la producción a partir de triglicéridos, formando, glicerol y después glucosa, con lo que el animal puede contar con un 27 % del azúcar suplementaria ( 46, 70 ).

Otro y posiblemente más importante efecto de la STH es el aumentar la permeabilidad de la célula a los aminoácidos al favorecer así un aumento de la masa muscular del cuerpo. La evidencia sugiere que la STH favorece la síntesis de proteínas por activación de genes, síntesis de m RNA y producción de RNA ribosomal y RNA de transferencia por las células hepáticas. Las células hepáticas producen somatomedinas que actúan sobre células blanco.

El efecto de la STH sobre el metabolismo de carbohidratos es indirecto, aunque se sabe que influencia de manera marcada el metabolismo de carbohidratos. Por ejemplo, la administración de STH a perros, cerdos y varias especies inducirá eventualmente una hipoglucemia permanente. La forma de acción puede suponer la elevación de glucosa sanguínea por mecanismos extrapancreáticos ( 53 ). La acción en el hígado estimula la producción de las somatomedinas 1 y 2, las cuales provocan crecimiento del esqueleto, mayor disposición de proteínas y aumento en la producción de insulina ( 45 ).

Aparte del factor hipotalámico de liberación de la hormona del crecimiento, existe otro factor pancreático que también estimula la liberación de la somatostatina y que tiene acción similar a la insulina y por eso se les ha llamado también factores parecidos a la insulina, son sintetizados principalmente en el hígado, aunque también en otros órganos como el riñón; existen receptores para estas sustancias en cartílago, músculo, placenta, hígado y tejido fibroso.

Los efectos de las somatomedinas sobre la producción y acción de la somatotropina difieren entre especies por lo que los resultados no se pueden extrapolar, por ejemplo, en bovinos los niveles de somatotropina endógena no inciden en las concentraciones de somatomedinas, sin embargo, en cerdos la

somatomedina 1 aumenta de manera lineal de acuerdo con la dosis de somatotropina administrada ( 5, 45 )

## **5. CRIANZA DE VAQUILLAS DE REEMPLAZO.**

### **Desarrollo de la glándula mamaria y relaciones hormonales previas a la lactancia**

Al momento del nacimiento la diferenciación celular en la hembra sólo ha llegado al desarrollo de canales primarios y secundarios. Sin embargo, excepto por futuro desarrollo en tamaño, todas las estructuras no glandulares se encuentran en un grado de desarrollo muy similar al del estado adulto. Esto significa que el énfasis sobre el desarrollo se concentra en la parte alveolar. El crecimiento mamario post-natal comprende varios periodos. Primero el que antecede a la pubertad; segundo, el de la pubertad; tercero, el de la gestación, y cuarto, el que acompaña a la lactancia. Finalmente es de interés el cambio estructural de la glándula mamaria en el periodo seco y posteriormente la reanudación del desarrollo para una segunda, o posteriores lactancias.

### **Desarrollo post-natal, antes de la pubertad, crecimiento isométrico y alométrico.**

Por crecimiento isométrico se entiende el que ocurre con la misma validez en un órgano aislado que en la totalidad del individuo. Alométrico, por lo tanto, es el crecimiento en que la rapidez del cambio en el órgano es mayor ( o menor ) que el

cambio en el total del individuo. Para el caso de la glándula mamaria se han utilizado medidas del área total del cuerpo con relación al área de la glándula mamaria en especies de glándulas que proliferan en un solo plano ( rata, conejo ) o bien área alveolar, en la que proliferan en tres dimensiones. El crecimiento de la glándula mamaria está sujeto a la influencia de hormonas ováricas hipofisarias y placentarias. Se había postulado que ese crecimiento era completamente isométrico hasta llegada la pubertad. En primer lugar en animales de laboratorio, antes del destete, el crecimiento mamario se presenta con alometría negativa. Se propuso inclusive que la ingestión de leche tenía un efecto depresor sobre el crecimiento mamario de la cría. Después de este periodo hay otro de completa isometría. Antes de la pubertad ocurre una aceleración del crecimiento mamario que está acorde con la actividad ovárica antes de la primera ovulación. El crecimiento resultante es principalmente del sistema colector y es una respuesta directa a la aparición periódica de mayores cantidades de estrógeno circulante. Si se presentan varios ciclos estruales en sucesión, en especies que normalmente entran en una fase luteal, el crecimiento es mas pronunciado.

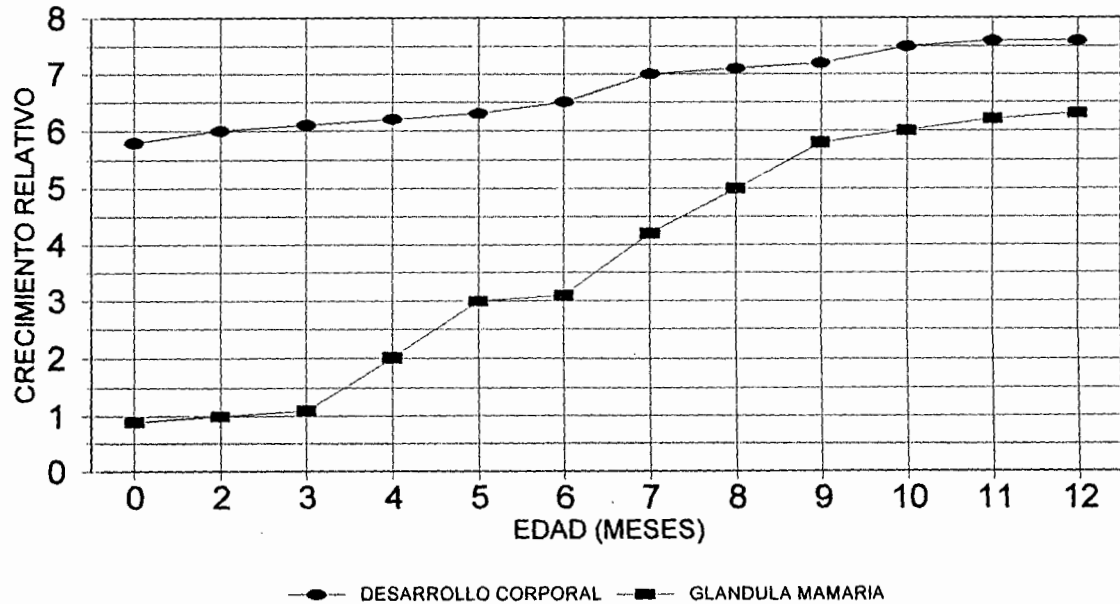
Además, la evidencia experimental indica que la inyección simultánea de estrógenos y progesterona se manifiesta en un crecimiento mucho mayor que si se recurre exclusivamente a estrógenos. Todo esto con la presencia de secreciones de la pituitaria, prolactina y hormona del crecimiento. Sin embargo, entre cada ciclo estrual aparece un periodo de regresión de tejido. De esta manera no hay ninguna

ventaja en desarrollo mamario en vaquillas que retrasan su cubrición muchos ciclos después de la pubertad. Basándose en el contenido de DNA en la ubre se encontraron contenido muy similar a los 9 meses (378 mg./ 100 Kg. de peso vivo) y a los 16 meses ( 326 mg./100 kg. de peso vivo ). El desarrollo mayor ocurre durante los primeros 3 ciclos estruales y el escaso desarrollo alveolar que ocurre en cada ciclo desaparece en la siguiente fase progesteronal. La mayor concentración de prolactina ocurre en los dos días anteriores a cada celo y la mínima durante la ovulación.

Conviene recordar que todo esto es posible únicamente en presencia de hormonas de la hipófisis. En 1966 confirmaron en la cabra lo que ya se había confirmado en animales de laboratorio: en ausencia de la hipófisis, ninguna dosis de estrógenos ( hexestrol ), solos o en combinación con progesterona, produjo crecimiento mamario. ( 21 ).

De los dos a los nueve meses de edad ( 88 - 259 kilogramos ) la glándula mamaria de las vaquillas experimenta un crecimiento alométrico; es decir, un ritmo de crecimiento más acelerado que el del resto del organismo debido a que la hormona del crecimiento o somatotropina ( STH ), se concentra en la síntesis de DNA en los tejidos por 3.5 veces. Este crecimiento se revierte a isométrico después de los 10 meses de edad. (Fig. 4). Los estudios indican que cuando se da una sobrealimentación durante este periodo, los tejidos que producen la leche o las

**FIG. 4.- CRECIMIENTO RELATIVO DE LA GLANDULA MAMARIA  
COMPARADA CON EL CRECIMIENTO CORPORAL**



FUENTE: BAILEY T.: Evaluación económica de la vaquilla de reemplazo. Mex. Holst. 28 (1):14-18 (1997).

secreciones mamarias en la ubre se reduce en forma importante para producción futura de leche. ( 5, 54 ).

## **Becerras en lactancia.**

Las respuestas de anticuerpos a somatotropina fueron analizadas en becerros (as) nacidos (as) de vacas que recibieron tratamiento con somatotropina, el anticuerpo antihormona del crecimiento (somatotropina recombinante ) fue detectable en los becerros a los 10 - 13 Mg/ Ml. pero estos niveles fueron indistinguibles en comparación a los encontrados en becerros nacidos de vacas no tratadas. Los becerros que recibieron leche de vacas tratadas con BST demostraron niveles antihormona del crecimiento dentro del límite normal de becerros control (8 Mg/Ml. ). Estos datos demuestran que la suplementación de BST está asociada con la inducción de una respuesta de anticuerpos de nivel muy bajo que se estabiliza a un nivel bajo, decrece al transcurso del tiempo y no da respuesta secundaria . Estos anticuerpos no están asociados con efectos de salud adversos o interferencia con los efectos biológicos de somatotropina bovina ( 12 ).

## **Vaquillas de reemplazo**

En la Universidad Estatal de Washington, se usaron 80 vaquillas Holstein entre 13 y 16 meses de edad y con un peso promedio de 325 Kg. que fueron



lotificadas en dos tratamientos. Los resultados fueron publicados en el Journal of Science en Enero de 1990, determinados por el efecto de inyecciones diarias de una STB sobre la concepción, crecimiento y la subsecuente lactancia.

Las vaquillas fueron tratadas con 41.2 miligramos de STB y/o solución salina diariamente por cinco meses. Los servicios de inseminación comenzaron dos meses después de que se iniciaron los tratamientos de STB y/o solución salina.

Tazas de concepción y número de servicios no difieren entre ambos tratamientos. Durante el periodo de inyección, vaquillas tratadas con STB ganaron alrededor de 0.20 gr. por día más que las del grupo control. Durante los cinco meses siguientes al tratamiento, vaquillas con solución salina ganaron 0.13 gr. por día más rápidamente que las vaquillas con STB. Al finalizar el estudio de 10 meses, los pesos de ambos grupos fueron similares. Vaquillas con STB tuvieron un incremento grande en puntas de ancas y tamaño de estas, comparado con el grupo control durante los 5 meses de tratamiento. La dificultad de parto fue similar entre ambos tratamientos.

Los autores concluyeron que el tratamiento con STB no afecta la producción de leche durante la primera lactancia cuando se suministra el medicamento siendo vaquillas. ( 38 ).

Haciendo un breve análisis de la relación que existe entre el programa de alimentación, el desarrollo de las glándulas mamarias y la subsecuente lactancia en vaquillas de reemplazo con base en los experimentos realizados en el Instituto Nacional de Zootecnia en Dinamarca. (1)

En trabajos realizados en donde se comparo el desarrollo de las glándulas mamarias antes y después de la pubertad en vaquillas bajo alimentación restringida contra alimentación a libre acceso ( adlibitum), se observó que cuando la dieta consistía de 60 % de concentrado y de 40 % de forraje, la cantidad de tejido secretor se vio reducida un 23 % en las ubres de las vaquillas alimentadas a libre acceso (tabla 1).

Sin embargo, cuando las mismas dietas fueron ofrecidas a las vaquillas después de la pubertad, solo se observó una diferencia de 3 % en tejido secretor ( tabla 2 ).

En otro estudio realizado en donde se comparó tasa de crecimiento, el uso de la hormona del crecimiento (10 mg. de la usada en vacas en producción cada 14 días ) y la composición de la glándula mamaria a la pubertad. ( Tablas: 3 y 4 ).( 64 )

Así tenemos que vaquillas sobrealimentadas que ganaron más de un kilogramo al día, durante el período de crecimiento alométrico, sufrieron una deposición de tejido graso. Los niveles de STH se redujeron y los niveles de

| <b>TABLA 1</b>   |                       |                |
|--|-----------------------|----------------|
| <b>Efectos en el desarrollo de las glándulas mamarias en vaquillas alimentadas bajo dos niveles de nutrición antes de la pubertad.</b> |                       |                |
|  | Nivel de Alimentación |                |
|  | Restringido           | A libre acceso |
| Edad, meses  |                       |                |
| Inicial  | 7.4                   | 7.0            |
| Final  | 14.9                  | 10.9           |
| Peso corporal, Kg.   |                       |                |
| Inicial  | 180.0                 | 172.0          |
| Final  | 320.0                 | 320.5          |
| Ganancia de peso, g/d  | 635.6                 | 1,271.2        |
| Peso de las glándulas mamarias, g.   | 1,683.0               | 2,203.0        |
| Tejido adiposo, g.   | 1,040.0               | 1,708.0        |
| Tejido secretor, g.  | 642.0                 | 495.0          |
| Reducción en tejido secretor, %  |                       | 23.0           |

FUENTE: AGUILAR A. A.: Desarrollo de la ubre en vaquillas de reemplazo. Mex. Hólst. 17 (20) 38-39 (1986).

| <b>TABLA 2</b>   |                       |                |
|--|-----------------------|----------------|
| <b>Efectos en el desarrollo de las glándulas mamarias en vaquillas alimentadas bajo dos niveles de nutrición después de la pubertad.</b> |                       |                |
|  | Nivel de Alimentación |                |
|  | Restringido           | A libre acceso |
| Edad, meses  |                       |                |
| Inicial  | 13.1                  | 13.1           |
| Final  | 20.9                  | 16.9           |
| Peso corporal, Kg.   |                       |                |
| Inicial  | 301.4                 | 303.7          |
| Final  | 439.5                 | 437.6          |
| Ganancia de peso, g/d  | 590.2                 | 1,180.4        |
| Peso de las glándulas mamarias, g.   | 2,739.0               | 3,020.0        |
| Tejido adiposo, g.   | 1,751.0               | 2,113.0        |
| Tejido secretor, g.  | 987.0                 | 957.0          |
| Reducción en tejido secretor, %  |                       | 3.0            |

FUENTE: AGUILAR A. A.: Desarrollo de la ubre en vaquillas de reemplazo. Mex. Hólst. 17 (20) 38-39 (1986).

| <b>TABLA 3</b>   |      |              |           |              |           |
|--|------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| <b>Tasa de crecimiento Vs Uso de Hormona del crecimiento</b> |      |              |           |              |           |
|  |      | <b>DIETA</b> | <b>HC</b> | <b>DIETA</b> | <b>HC</b> |
|  |      | <b>800</b>   |           | <b>1200</b>  |           |
| Peso inicial   | Kg   | 128          | 128       | 126          | 126       |
| Ganancia de peso   | grs. | 770          | 850       | 1,190        | 1,270     |
| Tasa de pubertad   | Kg   | 313          | 337       | 266          | 269       |
| Peso de pubertad   | Kg   | 296          | 326       | 305          | 329       |
| Altura de cruz   | cms  | 117          | 119       | 115          | 119       |

FUENTE: Romano M. J. L.: Actualización en la crianza de terneras y vaquillas en los sistemas modernos de producción lechera. AFIA AGRO 98

| <b>TABLA 4</b>                         |      |              |           |              |           |
|--|------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| <b>Composicion de glandula mamaria</b> |      |              |           |              |           |
|  |      | <b>DIETA</b> | <b>HC</b> | <b>DIETA</b> | <b>HC</b> |
|  |      | <b>800</b>   |           | <b>1200</b>  |           |
| Grasa                                  | grs. | 392          | 367       | 956          | 851       |
| Parenquima                             | grs. | 401          | 520       | 408          | 661       |
| ADN total en G. mamaria                | mg.  | 1,469        | 2,219     | 1,824        | 2,696     |
| ARN total en G. mamaria                | mg   | 1,394        | 2,226     | 1,634        | 3,156     |

FUENTE: Romano M. J. L.: Actualización en la crianza de terneras y vaquillas en los sistemas modernos de producción lechera. AFIA AGRO 98

prolactina, insulina y glucocorticoides se elevaron en cinco vaquillas alimentadas en forma controlada y ganaron 0.610 kg./día. Los niveles de somatotropina fueron correlacionados positivamente con la cantidad de tejido secretor y negativamente con la cantidad de tejido adiposo extraparenquimal. La cantidad de tejido secretor se redujo 23 % en el primer grupo, en comparación con el segundo. Estas vaquillas disminuyen su producción aproximadamente seis a nueve kg. de leche en su pico de lactancia y de 900 a 1360 kgs. en la producción completa de la primera lactancia. (54 ).

Esto implica que hay un periodo crítico en el desarrollo de la glándula mamaria y que éste puede ser adversamente afectado por un programa de alimentación excesiva previo a la pubertad. Los resultados de estos trabajos, sugieren que este período crítico ocurre cuando las vaquillas se encuentran entre 100 y los 300 Kg. de peso.

En otro estudio donde se utilizaron nueve pares de gemelas idénticas, una vaquilla de cada par recibió una dosis de somatotropina (hormona del crecimiento) antes de la pubertad, obteniendo como resultado un incremento en la cantidad de tejido secretor de la ubre inmadura del 18 %, cuando la medición se hizo por medio de disección, y de un 46 % cuando se midió utilizando una tomografía.

Desafortunadamente con estos resultados, no se puede más que especular sobre los efectos que este aumento de tejido secretor puedan tener en la primera lactancia. Por lo mismo, faltan proyectos a largo plazo para evaluar los efectos en la lactancia de la administración de somatotropina en vaquillas.

Los investigadores de la Universidad de Dakota del Norte han utilizado un enfoque "escalonado" para la administración de la energía durante el crecimiento de las vaquillas de los 6 a los 24 meses. El concepto básico consiste en utilizar la ganancia compensatoria durante las 3 fases del crecimiento ( prepubertad, pubertad/concepción y gestación tardía ) para mejorar la eficiencia del crecimiento. Comenzando a los 6 meses de edad se administró una dieta restringida en energía (15 % menos de lo recomendado por NRC) durante 3 meses, para después administrar una dieta que contenía 40 % más del nivel recomendado por dicho Consejo. Después de lo anterior se dieron otros 2 periodos alternados, de 5 meses de energía restringida y 2 meses de alta energía. El contenido de proteína de todas las dietas estaba al nivel recomendado por el NRC o ligeramente por encima de éste. Las vaquillas que recibieron el esquema escalonado tuvieron ganancias de peso más eficientes durante la fase de crecimiento y produjeron aproximadamente un 10 % más de leche que las vaquillas desarrolladas bajo la manera tradicional.

(41).

Los resultados de estos estudios traen implícito un futuro muy prometedor para los productores de leche en cuanto esta tecnología se encuentre a su disposición.

De lo anterior y a manera de conclusión, podemos decir que hay un periodo crítico en el desarrollo de la glándula mamaria que puede ser adversamente afectado por una sobrealimentación en vaquillas que se encuentran entre los 100 y los 300 Kg. de peso.

Aumentos de peso por encima de los 900 gr. diarios antes de la pubertad pueden afectar negativamente el desarrollo de la ubre.

La reducción en la cantidad de tejido secretor como resultado de una sobrealimentación previa a la pubertad, es permanente.

La administración de somatotropina en vaquillas antes de la pubertad, parece aumentar la cantidad de tejido secretor considerablemente ( 1, 46 ).

La vaquilla prepúber debe tener, como máximo, una condición corporal de 2.5.(59 )

En becerras púberes la aplicación diaria de 20 U.I. de somatotropina por 15.6 semanas produjo un 46 % de aumento en el desarrollo de tejido mamario parenquimatoso y aunque se desconoce si este incremento redundará en mayor producción de leche, de acuerdo con otros estudios las probabilidades indican que habrá un incremento substancial, ya que se han encontrado consistentemente correlaciones significativas entre el tamaño de la ubre y la producción de leche ( 46).

A la revisión del trabajo sobre efectos de la hormona del crecimiento sobre vaquillas lecheras en desarrollo y producción de carne en ganado vacuno, ovejas, y cerdos. Aplicación exógena de hormona del crecimiento bovina producida por tecnología recombinante (r BGH) para animales domésticos permite que mecanismos de control homeorretico apoyen procesos dominantes de desarrollo o fisiológico tales como crecimiento y lactancia. En estudios a largo y corto plazo sobre ganado lechero lactante, inyecciones diarias de rBGH han incrementado los rendimientos medios diarios de leche en 4-5 kg. sin ningún cambio en la composición de la leche ( 52 ).

Existe poca información referente a la concentración sanguínea de la hormona del crecimiento durante la gestación y la lactancia. Mediciones realizadas en vaquillas desde 26 días antes del parto y hasta 26 días después del parto indican que la concentración de esta hormona aumenta gradualmente a partir de 9 días antes del parto. Hay un incremento rápido al momento del parto y posteriormente



decrece a niveles basales alrededor del 4º día pos-parto. Lo que posiblemente estimula la liberación de esta hormona al momento del parto en ruminantes, puede ser al estímulo asociado con el nacimiento, sin embargo los niveles de la hormona del crecimiento son influidas poco por los estímulos considerados como "Stress", como por ejemplo a intervenciones quirúrgicas. ( Fig. 5 ).

Alternativamente, cambios en la concentración de estrógenos también pueden causar un incremento en los niveles de la hormona del crecimiento, como lo indican observaciones realizadas en animales alimentados con dietilestilbestrol. Aunque esta posibilidad no es reconocida por la mayoría de los autores.

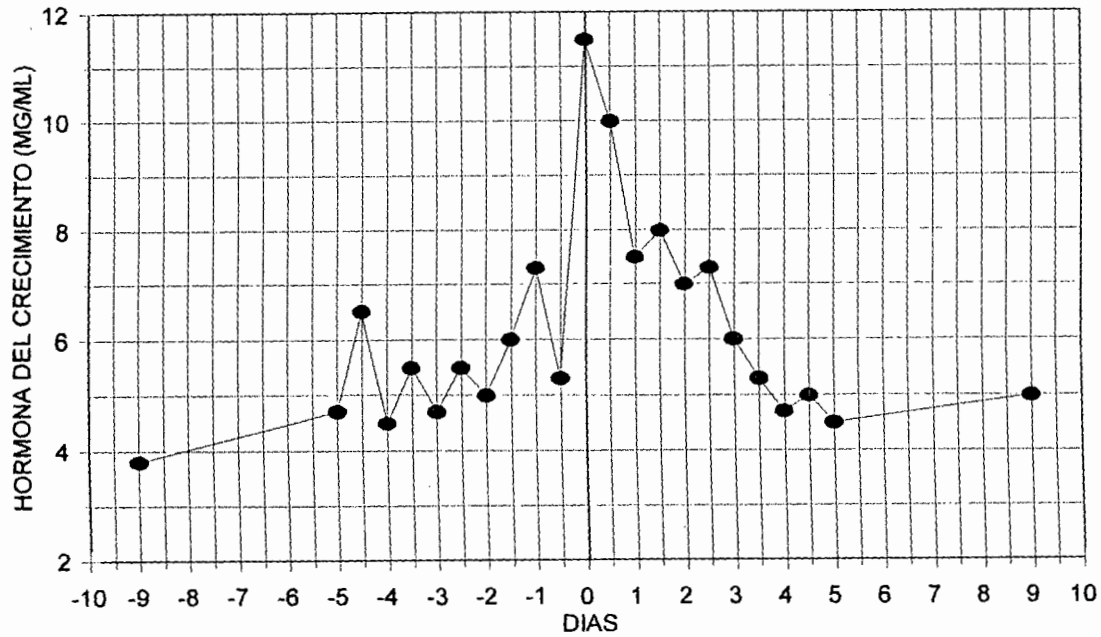
Cualquiera que sea el estímulo liberador de la STB al momento del parto, se debe considerar su acción fisiológica. Esta hormona es reconocida por su importancia como galactopoyética en vacas, cabras, y borregas. Cuando se inyecta STB a vaquillas desde 9 días antes del parto hasta 16 días después de este se incrementa la producción de leche durante esa lactación. De la misma manera en experimentos realizados con vaquillas gemelas idénticas, en donde a uno de los pares se le administraba STB desde el día 14 antes hasta 14 días post-parto, se encontró una mayor producción. Este efecto, sin embargo, se dejó de observar a los pocos días después de retirar el suministro de la hormona ( 61, 71 ) (Fig. 5).

Las hormonas que participan para lograr el crecimiento mamario durante la gestación son la prolactina y la hormona del crecimiento (somatotropina) ambas de la pituitaria anterior. Las hormonas esteroideas de origen ovárico y placentario, estimulan el crecimiento mamario únicamente en presencia de las hipofisiarias y del lactógeno placentario. Esto último ha sido probado en roedores y primates. De particular interés para la explotación pecuaria es el descubrimiento de su importancia en la cabra.

La hormona del crecimiento ha sido difícil de separar de la prolactina, sobre todo en el ser humano. Sus funciones son obviamente de sinergismo con otras hormonas y es bien probado que hay un ascenso de hormona del crecimiento coincidente con el momento del parto ( fig. 5 ). Actualmente se cree que muchas especies sustituyen y complementan la hormona del crecimiento y al lactógeno placentario y se ha descubierto que, por lo menos en el ser humano, la placenta es capaz de secretar prolactina. Se concluye que la hormona del crecimiento es más importante en el sostenimiento de la lactancia que en la iniciación de esta. ( 21 ).

Pero se piensa que la condición corporal al momento del parto previo al inicio del tratamiento puede tener un efecto considerable. Esto, sumado al uso de nutrientes para los procesos de crecimiento en vaquillas, puede determinar una escasez de elementos nutritivos que evitarán una expresión máxima de la respuesta a las inyecciones de STB ( 17 ).

FIG. 5.- HORMONA CREC. EN SUERO DESDE 9 DIAS ANTES Y 9 DESPUES DEL PARTO



Fuente: Perez D.M.: manual sobre ganado productor de leche. Editorial Diana 1991

## **6. VACAS EN PRODUCCION**

Durante años los productores lecheros han empleado nuevas tecnologías para incrementar la producción y mejorar la eficiencia. La capacidad de la somatotropina para incrementar la tasa de crecimiento de los animales y la producción lechera durante la lactancia se conoce desde hace más de 50 años. Sin embargo, la puesta en práctica de este conocimiento tuvo que esperar hasta que el desarrollo de la biotecnología permitiera la producción de las cantidades importantes de somatotropina necesaria para su uso comercial.

La somatotropina bovina será el primer producto de la biotecnología empleada en la ganadería. Más de 800 reportes sobre unas 20, 000 vacas han demostrado que las respuestas productivas observadas con este producto han sido notablemente consistente en todo el mundo. La mejor eficiencia productiva observada tendrá un impacto en la producción del ganado lechero en las próximas décadas ( 39 ).

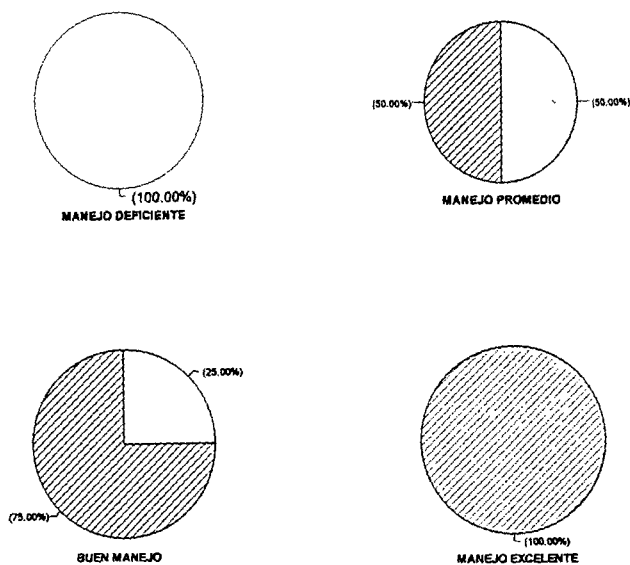
### **Calidad del manejo**

La calidad del manejo de las vacas será sin duda el factor que afectará con mayor importancia la respuesta a STB (Fig. 6). El manejo es la llave de la operación

exitosa de cualquier negocio. En el campo de la agricultura se tiende a usar este término de manera vaga, y se refiere a las explotaciones con alto grado de productividad y/o ganancia como "bien manejada". Milligan define el manejo y elabora una lista de habilidades necesarias según él para que un negocio lechero prospere. A la hora de evaluar el provecho potencial de la adopción de STB en su explotación deberíamos tomar en consideración los siguientes factores:

1. La STB no es una "vara mágica". La producción adicional que se registra en las vacas que reciben STB tienen esencialmente los mismos atributos que la producción adicional relacionada con cualquier otro cambio de manejo. Por consiguiente, es necesario introducir ajustes en la dieta y la cantidades alimento si no la magnitud de las respuestas a STB se verá afectada según el grado de inadecuación de la dieta.
2. STB no depende básicamente del tamaño de la explotación. No se necesitan importantes inversiones de capital con esta tecnología. Por consiguiente la economía de escala que favorece por lo general las explotaciones grandes no se da.
3. Como en el caso de otras tecnologías el éxito dependerá de la habilidad administrativa. No hay que olvidar que en el caso de una explotación lechera el manejo involucra mucho más que las vacas.

FIG. 6 EFECTO DE LA CALIDAD DEL MANEJO SOBRE LA RESPUESTA EN LECHE DE LAS VACAS EN PRODUCCION TRATADAS CON SOMATOTROPINA BOVINA.



FUENTE: AGUILAR A. A.; Somatotropina Bovina en la producción de Ganado Lechero. CIGAL 1990. Mex. Holst. 21 ( 8 ) 1990.

4. Por la extrema heterogeneidad de las habilidades de manejo, de las facilidades, de la nutrición, las condiciones climáticas y de otros factores relacionados que pueden encontrarse en la industria lechera a lo largo del país, la respuesta a corto plazo en cuanto a producción lechera a la introducción de STB probablemente no será uniforme. ( 2 ).

Al intentar lograr los resultados más grandes y eficientes con la STB, se han identificado diversas áreas de importancia, como son la disponibilidad del alimento, la comodidad de las vacas y la selección de las mismas. En lo que se refiere a la disponibilidad del alimento, simplemente necesitamos que las vacas cuenten facilidad el acceso al alimento palatable todo el tiempo posible. Uno de los puntos más críticos es el evitar a toda costa que la vaca permanezca sin acceso al alimento, nunca mantengamos a las vacas lejos del alimento, en el área de espera o en la sala de ordeño durante más de una hora por ordeña, una hora y media deberá ser el tiempo máximo absoluto. Después del ordeña, los animales estarán hambrientos, sedientos y cansados, por lo tanto se deberá proporcionarles, precisamente en este orden, agua, alimento y un lugar para echarse, si la forzamos a que camine hasta el comedero antes de echarse, lo más probable es que coma varios Kg. de materia seca antes de irse a descansar.

Bajo situaciones de pastoreo, esto se puede lograr colocando algunos comederos con suplemento en el área que primero visiten las vacas al regresar de la

sala de ordeño. Debido a que la mayoría de las vacas estará comiendo al mismo tiempo, es importante que se cuente con suficiente espacio de comedero recomendándose 60 cm. por vaca, si existe demasiada competencia las vacas más tímidas se darán por vencidas pronto y se irán a echar en lugar de comer. Es importante que los animales no tengan empujar obstáculos para tener acceso al alimento. La superficie del piso que conduce al área del pesebre también es crítica, si el piso es de concreto y si éste está cuarteado o inclinado puede causar falta de control, si hay piedras incrustadas en el concreto, las vacas pueden rehusar pararse en ese lugar para comer. Por el contrario, si el piso está demasiado liso, los animales estarán muy nerviosos y no desearán caminar ni estar de pie ahí, a menos que sea absolutamente necesario. Se debe limpiar esta área con frecuencia, pues las vacas tienden a defecar mientras comen, de tal manera que es necesario eliminar frecuentemente las excretas.

En lo que se refiere al alimento en sí, es importante mantenerlo palatable enfrente de las vacas. La cantidad ideal de proporcionar alimento al día depende de la mezcla del alimento mismo.

La cantidad y calidad del agua es importante pues si la vaca tiene acceso limitado al agua, también su consumo del alimento se limitará, es importante que las vacas puedan beber siempre que quieran. Al igual que ocurre con el alimento, una



vaca sedienta que no tiene acceso rápidamente al agua, se desanimará y buscará un sitio para descansar.

El confort que tengan las vacas, fuera del área de alimentación, también afecta la respuesta del hato a la somatotropina. Una vaca que se ve forzada a echarse en un sitio incómodo, o que se mantiene en una instalación mal ventilada o expuesta al sol sin protección alguna, limitará su propio consumo de materia seca. Poniéndolo en términos sencillos, mientras más cómoda esté la vaca mejor comerá y mejor será su respuesta a la somatotropina. ( 56, 57 ).

## **Formas de STB y métodos de administración.**

Durante los últimos años y con el advenimiento de la biotecnología, el problema de la disponibilidad de STB se ha solucionado. Actualmente en los Estados Unidos (EE.UU.) existen varias compañías farmacéuticas multinacionales las cuales están compitiendo para producir STB. Básicamente han extraído de vacas lecheras el material genético que produce la STB y lo han insertado en el código genético de bacterias. Luego estos microorganismos son capaces de producir cantidades casi ilimitadas de STB.

Una vez superado el problema de la disponibilidad de STB, las compañías farmacéuticas, en conjunto con diferentes universidades en los EE.UU., Canadá y

Europa, han alcanzado proyectos de investigación a gran escala para evaluar los efectos de la STB sobre la producción lechera bovina y otros aspectos de nutrición y salud animal.

Existe una gran cantidad de información científica producida principalmente en EE.UU., Canadá y Europa, la cual respalda el efecto estimulante que tiene la STB sobre la producción lechera en el ganado bovino ( 17 ).

Estos productos han sido administrados a las vacas lecheras por medio inyecciones diarias ( SC e IM ), o por medio de preparaciones ( SC e IM ) cada 14 o 28 días ( 2, 10 ). Pero la aparición de forma comerciales para agregar en el alimento es inminente ( 46 ).

## **Reacción al rendimiento de la leche.**

**Inyecciones a corto plazo.-** La STB debe ser inyectado en el animal y tener algún efecto en vez de alimentarlo por ser una proteína y así es digerido por el animal tal como otras proteínas. Los primeros estudios evaluando la inyección de STB en una vaca lactante normalmente duraban solamente varios días. Resultados representativos de las inyecciones a corto plazo de STB natural y recombinada están indicados en la tabla 3 Inyecciones de STB en las vacas con una habilidad de mediana o alta producción, especialmente las Holstein, durante la lactancia ya sea

temprana, mediana o tardada, resultó en una clara constancia de un incremento de la producción actual del 5 % al 40 %, la variación de los resultados se debe al número de días de las inyecciones, la dosis inyectada, la etapa de la lactancia, las condiciones de como es manejada y de factores genéticos en los animales no identificados. Un aumento en la producción de la leche ocurrió dentro de las 24 horas después de iniciar las inyecciones.

En las fases tempranas de lactancia el incremento en la producción de leche puede verse limitado por la falta de suficiente lactosa para la síntesis de glucosa (43).

En estos estudios de corto plazo, la alimentación no fue incrementada durante el periodo de inyección. Normalmente, un incremento en la leche producida por unidad del alimento tomado, ocurrió mientras la eficiencia parcial de la producción de la leche seguía sin cambios. Por lo tanto, la movilización del tejido del cuerpo era necesario para soportar el incremento de la producción de leche. Aunque los rendimientos de los componentes de la leche individual, a no ser que los animales tuvieran una energía severa o una deficiencia en proteínas. Así, los incrementos en el rendimiento de la leche y sus componentes eran fundamentalmente paralelos (Tabla 5) ( 68 ).

TABLA 5. RESUMEN DE LA REACCION DE VACAS LECHERAS LACTANTES HACIA LAS INYECCIONES A CORTO PLAZO DE SOMATOTROPIN (5 A 21 DIAS) SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE, ENERGIA INGERIDA Y BALANCE.

| REFERENCIAS                   | Na | Nb  | DOSIS<br>BST | CONTROL        |                    | EFECTOS DEL TRATAMIENTO DE BST SOBRE<br>LAS VACAS CONTROLADAS |                |                    |                  |              |                    |      |
|-------------------------------|----|-----|--------------|----------------|--------------------|---|----------------|--------------------|------------------|--------------|--------------------|------|
|                               |    |     |              | PROD.<br>LECHE | BALANCE<br>ENERGIA | PROD.<br>LECHE  | GRASA<br>TOTAL | TOTAL<br>PROTEINAS | TOTAL<br>LACTOSA | MS<br>TOMADO | ENERGIA<br>BALANCE |      |
|                               |    |     |              | (1 u/D)        | (Kg/dia)           | (Mcal/dia)  | (Kg/D)         |                    |                  | (Mcal/dia)   |                    |      |
| PEEL Y OTRAS, 1981            | 5  | 3   | 51           | 34.4           | -5.6               | +3.3  | +4.6           | -1.3               | +2.4             | -1.7         | -5.5               |      |
| BAUMAN Y OTRAS, 1982          | 4  | 4   | 35c          | 32.6           | -                  | +3.5  | 0              | 0                  | 0                | 0            | -2.5               |      |
| TYRELL Y OTRAS, 1982          | 8  | -   | 51           | 27.5           | -1.2               | +3.3  | +8.7           | -2                 | -                | -0.7         | -6.6               |      |
| FRONK, 1983                   | 4  | 9   | 51           | 13.4           | +2.7               | +4.5  | -0.1           | -4.8               | -0.5             | -0.8         | -4.3               |      |
| MCDOWELL Y OTRAS, 1983        | 5  | 5   | 40           | 18.3           | +2.6               | +2.8  | +2.5           | -1.1               | +0.1             | -0.3         | -3.1               |      |
| PEEL Y OTRAS, 1983            | 4  | 3-4 | 51           | 28.3           | +7.0               | +4.3  | +0.4           | -0.5               | +2.4             | -0.6         | -4.0               |      |
|                               |    |     | 9            | 51             | 12.8               | +5.5  | +3.9           | +3.6               | -3.8             | +1.9         | -2.6               | -7.5 |
| CHALUPA Y OTRAS, 1984a, 1987a | 6  | 5   | 25           | 21.8           | +4.0               | +3.8  | +1.7           | -0.4               | +0.1             | +0.4         | -2.5               |      |
| LOUGH Y OTRAS, 1984           | 4  | 3   | 50           | 26.3           | +4.5               | +4.3  | +2.6           | -2.3               | -                | +0.9         | -4.2               |      |
| EPPARD Y OTRAS, 1985a         | 6  | 7   | 25           | 26.7           | +7.3               | +4.8  | -0.6           | -0.9               | +0.2             | +0.6         | -2.1               |      |
|                               |    |     | 50           | -              | -                  | +7.6  | +2.0           | -1.8               | +0.2             | -0.3         | -6.1               |      |
| RICHARD Y OTRAS, 1985         | 8  | 3   | 50           | 34.6           | +0.4               | +4.1  | +2.8           | +0.8               | -                | -0.6         | -5.0               |      |
| FRENCH Y OTRAS, 1986          | 6  | 4   | 54           | 27.9           | +6.7               | +2.5  | +2.0           | 0                  | 0                | -0.1         | -2.1               |      |
| LOUGH Y OTRAS, 1986           | 4  | 9   | 50           | 21.5           | -                  | +3.3  | +2.0           | -2.4               | -                | -0.4         | -1.4               |      |
| MCCUTCHEON Y BAUMAN, 1986     | 4  | 9   | 25           | 17.7           | +4.2               | +5.7  | -3.5           | -0.3               | +1.7             | +1.6         | -0.9               |      |
| POCIOUS Y HERBEIN, 1986       | 4  | 5   | 50           | 24.6           | +11.9              | +5.4  | +5.1           | -2.3               | -0.9             | -2.1         | -8.4               |      |

a = NUMERO DE VACAS  
b = ETAPA DE LACTACION (MESES)  
c = MG POR DIA

FUENTE: Staples C. R., Head H. H. and Bachman K. C.: Milk response and nutritional management of cows treated with bovine somatotropin. Dairy Sci. Dept. Univ. of Florida, Gainesville, 1980.

Antes del pico de la lactancia no es posible ver resultados muy significativos porque las vacas se encuentran en un balance negativo de energía. En un estudio controlado, la administración de somatotropina por 10 días a partir del día 20 post-parto produjo aumentos en producción de leche de 6 % pero de 25 % en grasa, sin alteraciones notables en la proteína. En una segunda parte, el mismo tratamiento, iniciado a los 60 días post-parto, produjo aumentos en producción del 10 % sin que se alteraran los porcentajes de grasa, proteína o composición de la leche y en el animal no se observaron incrementos en ingestión, digestibilidad de nutrientes ni mejoras en la eficiencia de la energía utilizada para mantenimiento ( 46, 68 ).

En la practica comercial, la evaluación del suero de STB por inyección sería por una larga y no corta duración. Claramente, la inyección de STB a largo plazo o prolongada liberación de una liberación endógena de STB pondrá una alta demanda sobre los procesos metabólicos del animal ( el cuerpo entero y la glándula mamaria ) mientras sostiene este incremento en la síntesis de la leche.

**Inyecciones a largo plazo.** -Estudios a largo plazo han demostrado claramente la administración de la hormona nativa o recombinada de STB causó y sostuvo grandes incrementos en el rendimiento de la leche en las vacas, borregas, cabras y búfala.

Sumando algunos resultados representativos obtenidos durante pruebas a largo plazo están en la (tabla 6). El tratamiento en vacas a largo plazo de 84 a 226 días nos da un porcentaje mas grande o igual en el rendimiento de la leche especialmente durante las últimas etapas de lactancia. Cuando las inyecciones eran administradas antes de que las vacas alcanzaran su rendimiento máximo, los incrementos del rendimiento de la leche eran mas bajos y mas variables. Incrementos en la producción en vacas lecheras Holstein altamente productivas (mas de 25 kgs por día ) eran tan grande como de 10 kgs. por día y reflejaba un aumento del 8 al 40 % en la producción diaria. La respuesta normal era de 4 a 5 kg. por día. Respuestas positivas no son limitadas a las vacas alimentadas totalmente con dietas mixtas y estabuladas. Las vacas que recibieron forraje como único alimento también obtuvieron un 18 % mas de leche al ser inyectadas con STB durante 22 semanas. Si las vacas se mantienen con energía positiva y con un balance de proteínas, la STB no tiene mayor efecto en porcentaje de la composición de la leche y por lo tanto incrementos a largo plazo ocurren en el rendimiento de la grasa en la leche, lactosa y las proteínas. Si las vacas se mantienen en un balance negativo de energía, los lípidos se movilizarán de los tejidos adiposos y el porcentaje de la grasa en la leche reducirá. La cantidad del aumento es influenciado en gran parte por la etapa de lactancia cuando se empezaron las inyecciones, la cantidad de STB inyectada, la frecuencia de las inyecciones, la condición nutricional del animal, paridad y otros factores no identificados. La importancia relativa de cada uno de estos factores sobre la reacción de la leche no es completamente conocida.

TABLA 6 . RESUMEN DE LA REACCION DE VACAS LECHERAS LACTANTES HACIA INYECCIONES DE SOMATOTROPIN A LARGO PLAZO (70 - 266 DIAS) SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE, ENERGIA INGERIDA Y BALANCE.

| REFERENCIAS              | N(a) | DURACION (b) | DOSIS<br>BST | CONTROL              |              | EFECTOS DEL TRATAMIENTO DE BST<br>SOBRE LAS VACAS CONTROLADAS |              |                    |
|--------------------------|------|--------------|--------------|----------------------|--------------|---|--------------|--------------------|
|                          |      |              |              | PROD.<br>LECHE       | DM<br>TOMADO | PROD.<br>LECHE  | DM<br>TOMADO | ENERGIA<br>BALANCE |
|                          |      |              |              | ----- (Kg/DIA) ----- |              | (MCAL/DIA)  |              |                    |
| BAUMAN Y OTRAS, 1985     | 6    | 188          | 27           | 27.9                 | 21.9         | +10.1   | +3.3         | -1.9               |
| PEEL Y OTRAS, 1985       | 5    | 147*         | 50           | 19.8                 | 15.5         | +3.5  | +1.8         | -0.3               |
| BAIRD Y OTRAS, 1986      | 8    | 266*         | 21.6         | 25.7                 | 21.3         | +4.7  | +1.1         | -1.5               |
| CHALUPA Y OTRAS, 1986    | 8    | 260*         | 21.6         | 24.2                 | 17.0         | +5.3  | +0.5         | -2.9               |
| HUTCHINSON Y OTRAS, 1986 | 6    | 188          | 27           | 26.0                 | --           | +7.3  | 0            | -4.9               |
| SADERHOLM Y OTRAS, 1986a | 9    | 260*         | 21.6         | 28.5                 | 21.8         | +8.7  | +2.2         | -2.7               |
| ANNEXSTAD Y OTRAS, 1987  | 7    | 259*         | 21.6         | 29.8                 | 23.7         | +7.0  | +3.7         | +0.9               |
| BURTON Y OTRAS, 1987     | 9    | 266*         | 21.6         | 26.7                 | 19.5         | +4.8  | +1.0         | -1.8               |
| CHALUPA Y OTRAS, 1987    | 30   | --*          | 21.6         | 27.7                 | 20.5         | +4.4  | +1.0         | -2.1               |
| ELVINGER Y OTRAS, 1987   | 9    | 266*         | 21.6         | 21.1                 | --           | +8.2  | 0            | -5.7               |
| THOMAS Y OTRAS, 1987     | 20   | 259*         | 21.6         | 20.1                 | --           | +4.8  | +1.3         | -1.6               |
| MCGUFFEY Y OTRAS, 1987a  | 7    | 84           | 46(c)        | 22.9                 | 20.2         | +4.1  | +0.8         | -1.7               |
| MCGUFFEY Y OTRAS, 1987be | 63   | 84           | 11-69(c)     | 26.4                 | 19.9         | +5.0  | +0.5         | -2.4               |
| REMOND Y OTRAS, 1987e    | 24   | 70           | 36           | 23.9                 | 16.6         | +2.2  | 0            | -1.5               |
| BAUMAN Y OTRAS, 1989e    | 12   | 252          | 34.6         | 25.3                 | 17.4         | +2.7  | +0.9         | +0.2               |
|                          | 28   | 251          | 34.6         | 28.2                 | 20.3         | +2.9  | +0.7         | -0.6               |

ADAPTADO DE CHILLARD, 1987

a NUMERO DE VACAS

b\* DOCUMENTOS INDICAN QUE LAS INYECCIONES SE EMPEZARON DE 4 A 5 SEMANAS DESPUES DE PARIR. NINGUN DOCUMENTO INDICA QUE LAS INYECCIONES SE INICIARON ALREDEDOR DE 60 DIAS DESPUES DE PARIR.

c CUATRO INYECCIONES DE 960 MG A INTERVALOS DE 3 SEMANAS

d NUEVE GRUPOS DE 7 VACAS INYECTADAS CON 320, 640, O 960 MG. A INTERVALOS DE 14, 21 O 28 DIAS.

e FORMULACIONES DE LIBERACION SOSTENIDA ( 14 DIAS )

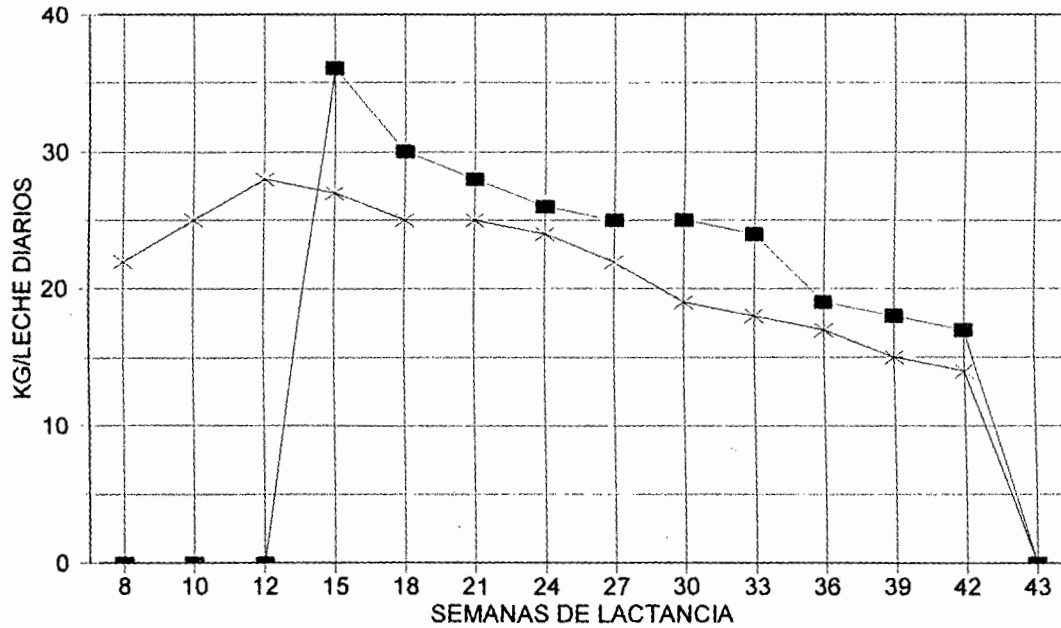
FUENTE: Staples C. R., Heed H. H. and Bechman K. C.; Milk response and nutritional management of cows treated with bovine somatotropin. Dairy Sci. Dept. Uni. of Florida, Gainesville, U. S. A. 1990.

La cantidad o el porcentaje de aumento en el rendimiento de la leche es sensible a la cantidad de STB inyectada diariamente o esta presente en las formulaciones de liberación sostenida. En más de ocho experimentos, las vacas que recibieron, 5.1, 10.3, 20.6 o 41.2 mg./día de STB produjeron un promedio de 3.6, 3.8, 5.0 y 5.7 Kgs. más 3.5 % de grasa en la leche que la controlada. La dosis más probable de ser utilizada en un hato será entre 20 a 40 mg./día, la cual deberá dar un buen resultado en cuanto a producción y corresponde al segmento con la inclinación hacia arriba de la curva de los resultados con la dosis.

Como los experimentos con inyecciones a corto plazo, los aumentos en la producción de la leche típicamente ocurren dentro de los días después de que se iniciaron las inyecciones lo cual causa desde una moderada a un dramático cambio vertical en la curva de lactancia (Fig. 7) (las inyecciones empezaron en la semana 12 ). Un máximo incremento en la producción de la leche para las vacas normalmente ocurre de 4 a 10 semanas después de empezar las inyecciones. El incremento relativo en la leche se parece a aquello visto después del parto; sin embargo, no es tan repentino ni tan grande el incremento. Si las inyecciones de la somatotropina son retiradas antes del final de la lactancia, la producción de la leche baja a niveles esperados como en la ausencia de STB dentro de una a tres semanas.



**FIG. 7.- PRODUCCION LECHERA EN VACAS  
TRATADAS CON STB**



—x— +control —■— -stb

FUENTE: Burchard F. J., Block B. E.: Uso de la somatotropina ( STB ) en la vaca lechera.  
Mex. Holst. 22 (1): 31-38 ( 1991 ).

Los efectos de la somatotropina bovina sobre el rendimiento de leche se observan desde los primeros días del tratamiento. La magnitud de la respuesta depende de la dosis, se publicó un resumen de 39 experimentos con unas 800 vacas en los cuales la producción de leche se incrementó 4.0 lt./día en promedio cuando las vacas recibieron somatotropina diariamente para lograr una respuesta en cuanto a producción lechera. Esto se debe a que STB es eliminada rápidamente de las corrientes sanguíneas y no se almacena en el cuerpo. Las respuestas a diferentes tratamientos han sido semejantes.

En la tabla 7 se puede ver un ejemplo de respuesta productiva. Observaciones semejantes se han obtenido en condiciones comerciales cuando la somatotropina fue administrada durante más de una lactancia y cuando las vacas fueron ordeñadas 3 veces al día. En términos generales podemos decir que la curva de la producción lechera se ve alterada hacia arriba de manera persistente con el empleo de STB. (Fig.7) ( 68 ).

En un estudio a largo plazo en vacas altas productoras, con promedios de 27.9 kg./vaca/día, la administración de 13.5 a 40.5 mcg. de somatotropina pituitaria produjeron aumentos en producción de leche de 23 a 14 % con la primera y de 16 % con la segunda, sin cambios en el contenido de lactosa, proteína o grasa en la leche, con aumentos paulatinos en ingestión de alimento para compensar el incremento en producción.

| <b>TABLA 7</b>   |          |             |             |             |             |
|--|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Respuestas de grasa (3.5%) leche corregida (lt/d)</b> |          |             |             |             |             |
| <b>BST (MGD)</b>   |          |             |             |             |             |
| <b>LOCACION</b>  | <b>0</b> | <b>5.15</b> | <b>10.3</b> | <b>20.6</b> | <b>41.2</b> |
| <b>RESPUESTAS</b>  |          |             |             |             |             |
| Florida  | 21.4     | 3.6         | 4.5         | 7.3         |             |
| Kentucki   | 27.0     |             | 3.4         | 2.3         | 4.0         |
| Minnesota  | 29.1     |             | 2.8         | 6.8         | 6.4         |
| Ohio   | 28.9     |             | 1.7         | 2.4         | 5.9         |
| Pennsylvania   | 24.2     |             | 6.8         | 5.9         | 6.9         |
| Ontario  | 26.7     |             | 3.8         | 4.8         | 4.1         |
| United Kingdom   |          |             |             |             |             |
| TMR (1)  | 22.0     |             | 3.1         | 6.2         | 5.1         |
| FLR (2)  | 1.5      |             | 4.5         | 4.4         | 6.0         |
| LS promedio  | 24.9     | 3.6         | 3.8         | 5.0         | 5.7         |
| SE   | 1.3      |             | 0.4         | 0.4         | 0.5         |

( 1 ) Ración totalmente mezclada

( 2 ) Alimentación tasa plana

FUENTE: AGUILAR A. A.: Somatotropina Bovina en la producción de ganado lechero CIGAL 1990 Mex. Holst. 21 ( 8 ): 15-20 ( 1990 ).

El experimento se inició el día 84 de lactancia y duró 188 días. El peso corporal de los tratados y controles aumentó durante la observación entre 17 y 22 % ( 44 ).

Oldenbroek utilizó STB recombinante y fue implantada S. C: detrás de la escápula en 32 vaquillas ( dosis 640 mg ) y en 211 vacas ( dosis de 960 mg ) de tres razas, principalmente Holstein, durante tres lactancias consecutivas, fueron tratadas en seis ocasiones, durando cada una 28 días. El tratamiento mejoró la eficiencia de producción de leche sin efectos adversos sobre la salud, tasa de concepción y calidad de leche. Solo se incrementó la cuenta celular en la leche. ( 58 ).

Wolter llegó a la conclusión que si el tratamiento con STB es iniciado 60 - 90 días después del parto y se mantiene a un nivel de dosificación de 25 - 40 mg/vaca/día, y siempre que los niveles de alimentación sean elevados en línea con la producción de leche, un incremento en rendimiento de leche de 5 - 6 kgs/vaca/día puede ser esperado.( 26, 70, 74 ).

Jenny et al. ( 1989 ) realizaron el siguiente experimento: vacas holstein fueron asignadas a tratamientos a los 98 a 105 días post - parto después de un periodo de pretratamiento de 28 días. Las vacas eran inyectadas bien fuera con 0, 56, 140 o 350 mg. de somatotropina bovina (gh) cada 14 días durante un ensayo de 182 días. FCM (3.5%) mostró un efecto de tratamiento significativo, produciendo vacas con

350 mg. de dosis mas que vacas con 0 y 56 mg de dosis. El porcentaje de grasa y proteína en la leche fue similar en todos los tratamientos. Los resultados indicaron que (GH) administrada en vehículo de liberación sostenida cada 24 días mejora el rendimiento y eficiencia de producción láctea.( 34 ).

Sin embargo, también es importante la manera cómo se seleccionan las vacas para la suplementación. Esto es cierto por dos razones. La primera de ellas es simplemente la economía pues, según se ha observado, las mejores respuestas se logran en las vacas en las que se inicia el tratamiento poco tiempo después de haber logrado un balance energético positivo, lo cual generalmente ocurre hacia la 9a semana, e invariablemente hacia los primeros 100 días en leche.

La segunda razón es no esperar demasiado antes de iniciar la suplentación, es la condición corporal. La producción de las vacas se incrementa más rápidamente que su consumo de materia seca, cuando están tratadas con somatotropina. Por lo tanto, habrá un periodo al principio de la suplementación, en el que la vaca no aumentará de peso tan rápido como si no se hubiese suplementado. Este periodo tiene una duración de 1 a 2 meses. ( 56, 57 ).

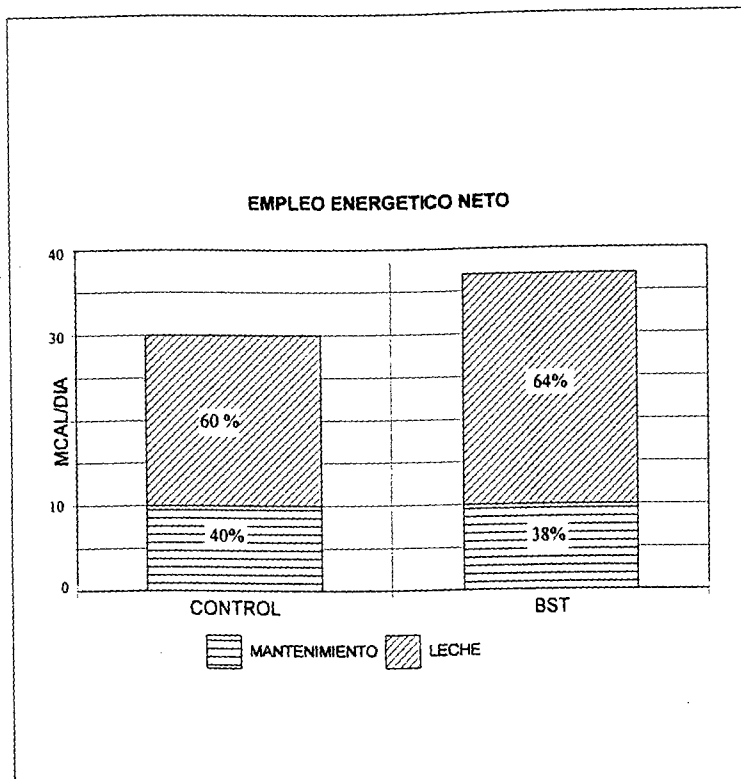
Aunque las inyecciones diarias de STB da buenos resultados en cuanto a producción. Las desventajas incluyen gastos y tiempos extras para el manejo del animal a parte que los animales se pueden perturbar con inyecciones frecuentes

alternando las inyecciones cada tercer día con cantidades de STB equivalentes a dos dosis diarias, formuladas extensivamente en una y múltiples lactancias de las mismas vacas. Aunque estas formulaciones son galactopoyéticas y la reacción parece ser proporcional a la dosis, la leche y su consistencia y rendimiento parece ser menos que cuando ocurre en una cantidad similar de STB es inyectada diariamente. Estas formulaciones contienen entre 140 a 960 mg. por dosis de inyección y son dadas en intervalos de 2, 3 o 4 semanas para proveer un equivalente de 14 a 35 mg. de STB por día ( 62, 68 ).

## **La alimentación, condición corporal y la eficiencia de la alimentación.**

De los estudios bioenergéticos se concluye que los requerimientos en nutrientes para el mantenimiento y para la producción de leche no se ven alterados por STB. La vaca tratada con somatotropina tiene un requerimiento nutricional total más elevado puesto que produce más leche (Fig. 8). Sin embargo tiene una eficiencia productiva más elevada porque su mantenimiento representa una proporción menor del total del consumo nutricional. El incremento de la eficiencia por medio de la dilución del mantenimiento sirve también de base para los avances logrados con otras tecnologías lecheras tales como los programas de selección genética. La diferencia principal es que la magnitud del avance observado con la administración de la somatotropina tardaría de 10 a 20 años en lograrse por medio

**FIG. 8.- INCREMENTO DE EFICIENCIA POR MEDIO DE LA DIVISION DEL MANTENIMIENTO. LA VACA DE CONTROL PRODUJO 15,000 LBS. LECHE EN UNA LACTANCIA Y EL TRATAMIENTO STB INCREMENTO LA PRODUCCION LECHERA EN 20%.**



FUENTE: Aguilar A. A.: Somatotropina bovina en la producción de ganado lechero, CIGAL 1990, Mex. Holst. 21 ( 8 ): 15-20 ( 1990).

del empleo de una combinación de sementales superiores, inseminación artificial y transferencia de embriones. ( 2 ).

Las reacciones de las vacas inyectadas diariamente o con una liberación sostenida no es afectada en gran parte por empezar las inyecciones durante 4 a 5 o 8 a 9 semanas después de parir. Claramente, los animales inyectados son capaces de movilizar las reservas corporales para proporcionar los nutrientes adicionales y la energía necesaria para producir la leche adicional. ( 46 ).

La eficiencia productiva del animal está determinada por la forma en que éste regula la partición de los nutrientes. Así, una vaca alta productora dirige una mayor parte de los nutrientes absorbidos hacia la glándula mamaria que una vaca de baja producción. De hecho, si se visualiza a una vaca de alta producción en términos de requerimientos nutritivos, la vaca debería considerarse como un apéndice de la ubre y no al contrario. Es importante tener en cuenta que a diferencia de otros tejidos la glándula mamaria no confiere ninguna ventaja al animal. Por lo contrario la utilización de los nutrientes por parte de la glándula mamaria representa una demanda tal que todo el metabolismo de los tejidos maternos debe alterarse para cubrir las necesidades para la síntesis de leche. La habilidad de la vaca lechera para coordinar la partición de nutrientes es más crítica cuando se establece la lactación ya que es cuando ocurre el mayor cambio en el flujo de los nutrientes. Si el metabolismo de la vaca no puede alterarse a tal grado y en la rapidez necesaria



para mantener o apoyar los requerimientos de la glándula mamaria, entonces pueden ocurrir desórdenes metabólicos o subclínicos.

Los cambios metabólicos que ocurren en el inicio de la lactancia se presentan en la tabla 8. Con el inicio de la lactación, tanto el tamaño como la capacidad de absorción del tracto digestivo por unidad de área se incrementa, permitiendo así mayor absorción de nutrientes. Se ha demostrado con animales de laboratorio y de granja que el metabolismo de varios minerales se altera con el inicio de la lactación. Tal vez el metabolismo del calcio sea uno de los de mayor importancia para la vaca lechera.

Las alteraciones más dramáticas en la participación de nutrientes que suceden durante el inicio de la lactación están asociados con el metabolismo de energía. Típicamente en vacas lecheras la máxima producción de leche y el mayor gasto energético ocurren en la tercera o cuarta semana después del parto, pero el consumo de energía alcanza su máximo hasta varias semanas después. Durante este período, las reservas de grasa son utilizadas para cubrir este déficit de energía. El significado cuantitativo de las reservas de energía se aprecia mejor en vacas de alta producción si se considera que durante el primer mes de lactación la cantidad de grasa utilizada de las reservas corporales ( o sea el déficit neto de energía ) es energéticamente equivalente a cerca de un tercio de la cantidad de leche producida ( 8 ). La magnitud de la mejora en producción de leche que resulta del tratamiento

| TABLA 8  |   |   |
|--|---|---|
| LISTA PARCIAL DE LOS CAMBIOS METABOLICOS QUE SUCEDEN CON EL INICIO DE LA LACTACION EN VACAS LECHERAS |   |   |
| Procesos Fisiologicos  | Cambio Metabólico   | Tejidos Involucrados                            |
| Síntesis de leche  | Aumento de la utilización de nutrientes   | Glándula mamaria                                |
| Absorción de los nutrientes de la dieta  | Aumento de la toma de nutrientes  | Tracto gastrointestinal                         |
| Absorción de minerales   | Aumento en la absorción y movilización de los minerales   | Riñón, hígado, tracto gastrointestinal y hueso  |
| Metabolismo de lípidos   | Aumento en la movilización de lípidos y disminución de la síntesis de lípidos<br>Aumento del uso de lípidos como fuentes de energía       | Tejido adiposo<br>Tejidos corporales en general |
| Metabolismo de Carbohidratos   | Aumento en la síntesis de glucosa y movilización de las reservas del glucógeno<br>Disminución del uso de glucógeno como fuente de energía | Hígado<br>Tejidos corporales en general         |
| Metabolismo de proteínas   | Movilización de las reservas de proteínas   | Músculo y otros tejidos corporales              |

FUENTE: BAUMAN D. E.: Regulación de la utilización de nutrientes en vacas lecheras en producción. INFORMACION. Bol. de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. de la Uni. de Guadalajara. 1983.

con STB se relaciona con factores de alimentación, de los animales y de su ambiente. Factores tales como la historia nutricional, condición física y etapa de lactación pueden también afectar la respuesta ( 13 ). Es importante tener en presente que todos los rebaños sobre los cuales se basa la información relativa al STB son rebaños experimentales. En estos animales existe un elevado nivel genético y un eficiente manejo alimentario reproductivo. En general son hatos de estabulación permanente donde el consumo de alimento se determina en forma individual. Las raciones han sido balanceadas de manera de sobrepasar los niveles normales de nutrición del consejo nacional de investigación de los EE.UU. Pero se piensa que la condición corporal al momento del parto previo al inicio del tratamiento puede tener un efecto considerable.(Figs. 9 y 10). Esto, sumando al uso de nutrientes para los procesos de crecimiento en vaquillas, puede determinar una escasez de elementos nutritivos que evitarán una expresión máxima de la respuesta a las inyecciones de STB( 17 ). Las vacas movilizan el tejido corporal para satisfacer la demanda para la producción de leche. Por lo tanto el peso y la condición corporal disminuyen al principio de la lactancia. Esto es cierto con o sin STB. Sin embargo puesto que las vacas tratadas con STB dirigen más nutrientes hacia la producción de leche es importante vigilar su condición corporal para que las reservas corporales puedan ser rebastecidas al final de la lactancia y/o en periodo seco. Si se inicia el tratamiento con STB al principio de la lactancia (de 40 a 60 días después del parto) la vaca registrará un pico de producción más elevado pero también puede sufrir una reducción de su condición corporal ( tabla 9 y fig. 11 )( 2 ). Como resultado de ingerir

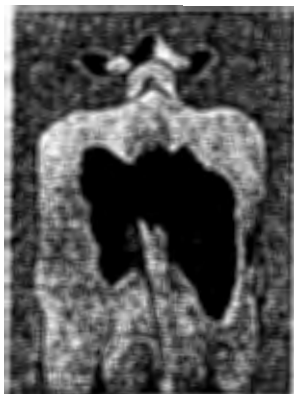
Fig. 9 EVALUACION DE LA CONDICION CORPORAL

**CALIFICACION = 1**

Presenta una cavidad profunda alrededor de la base de la cola. Los huesos de la pelvis y del lomo son fácilmente visibles. Sin tejido graso en las áreas pélvica o del lomo. Depresión profunda en el lomo.

**CALIFICACION = 2**

Cavidad superficial alrededor de la base de la cola con algo de tejido graso recubriéndolo al igual que las puntas de agujas. La pelvis se detecta fácilmente. Extremos de las costillas flotantes se presentan redondeados y en la superficie se pueden sentirlos aplicando ligera presión. Se nota una depresión visible en el área del lomo.

**CALIFICACION = 3**

El área alrededor de la base de la cola se presenta lleno de tejido graso fácilmente palpable en el área. La pelvis puede sentirse con ligera presión. Capas gruesas de tejido cubren los extremos de las costillas flotantes, que aun se pueden sentir aplicando ligera presión. Ligera depresión en el área del lomo.

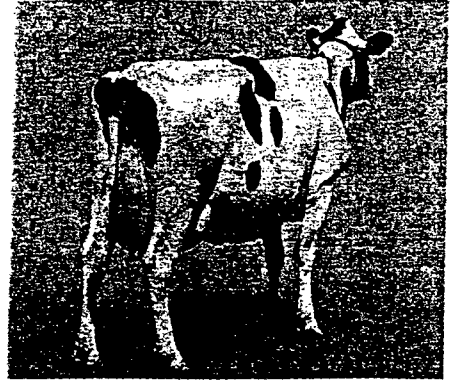
**CALIFICACION = 4**

Pieques de tejido graso son vistos alrededor de la base de la cola con masas de grasa cubriendo las puntas de agujas. La pelvis puede palparse con presión firme. Las costillas flotantes no pueden ser sentidas. No se detecta ninguna depresión en el área del lomo.

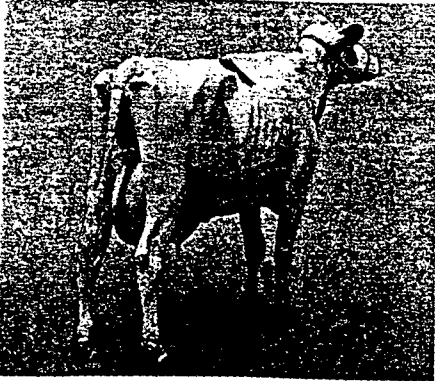
**CALIFICACION = 5**

La base de la cola se encuentra recubierta por una capa gruesa de tejido graso. Los huesos de la pelvis no pueden ser sentidos aún aplicando presión firme. Las costillas flotantes están cubiertas con una capa gruesa de tejido graso.

Fig. 10 EVALUACION DE LA CONDICION CORPORAL



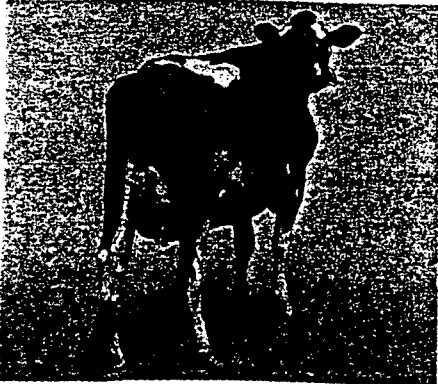
CALIFICACION = 3



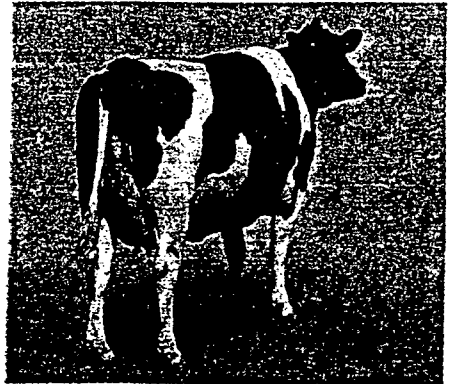
CALIFICACION = 1



CALIFICACION = 4



CALIFICACION = 2



CALIFICACION = 5

**TABLA 9**  
**Resultado promedio de la condición corporal de las vacas tratadas con BST empezando en distintas etapas de la lactancia**

| BST (MG/28D)<br>Etapa | 0    | 320    | 640    | 960    |
|-----------------------|------|--------|--------|--------|
| Temprana              | 2.62 | 2.14 b | 2.17 b | 2.17 b |
| Mediana               | 2.62 | 2.57   | 2.69   | 2.41   |
| Tardia                | 2.79 | 2.59   | 2.63   | 2.68   |

d  
Basado en escala 5 puntos (1=extremadamente delgada, 5=extremadamente gorda)

b  
Diferente del control (p 0.05)

FUENTE: AGILAR A. A.: Somatotropina Bovina en la producción de ganado lechero. CIGAL 1990. Mex. Holst. 21 ( 8 ): 15-20 ( 1990 ).

FIG. 11 CONDICION CORPORAL DURANTE EL PERIODO DE LACTANCIA

Calificación  
de Condición  
Corporal  
deseada:

(Escala 1-5)



3.5-3.75

2.25-2.5

2.5-3.0

3.0-3.5

3.5-3.75



la energía inadecuadamente. Esta tendencia de cambios en el peso corporal es invertido después de incrementar el alimento ingerido y reprovionar el tejido corporal, cambios similares pero menos exagerados en el peso corporal ocurren en las vacas altamente productivas durante la primera, media y última etapa de la lactancia ( 68 ). Por otra parte sí se inicia el tratamiento con somatotropina en una etapa más avanzada de la lactancia (100 días) la vaca experimentará un segundo pico de producción lechero pero podrá mantener su condición corporal o bien la baja será mínima. ( tabla 9 ).

Para obtener una condición satisfactoria las vacas secas que han recibido STB requieren de raciones con más alta densidad energética durante más tiempo que aquellas que no han recibido STB. Se debería pasar las vacas a raciones con densidad nutricional más bajo no solamente en base a la producción de leche sino también a la condición corporal. La restauración de la condición corporal ( pérdida al inicio de la lactancia ) es más eficiente en las últimas etapas de la lactancia que durante el periodo seco. Varios estudios sobre la lactancia indican que se puede restaurar una condición corporal adecuada en las vacas tratadas con STB sí están alimentadas de manera adecuada ( 2,57 ).

Un incremento en los alimentos durante la continua estimulación de la lactancia por la STB o los tejidos almacenados serán agotados, la salud del animal se vera comprometida y la producción de leche no podrá mantener una excepción a esta regla general parece ocurrir en animales tratados mas tarde en su lactancia



cuando se encuentran con un balance de energía positiva y menos dependiente de las reservas del tejido corporal. Las vacas que lactan mas tarde pueden ingerir suficientes nutrientes para soportar la lactancia y algunas reproviciones de las reservas del tejido corporal. Esta es la mejor explicación que responde a la ausencia o solo pequeños incrementos en la toma de los alimentos por las vacas de lactancia tardada y tratadas por tan largo tiempo como seis meses con STB. Cuando el balance de energía negativa, o se convierte en negativa durante el tratamiento, la toma de alimentos aumenta dentro de tres a ocho semanas y se mantiene alta durante el resto de la lactancia. Un relativo incremento en la producción de la leche es mas grande de lo que toma de alimentos, por consiguiente, un aumento en la eficiencia resulta ( kgs. de leche producida por Kgs. de alimento consumido ). La causa de este incremento en los alimentos no son claramente conocidos pero el concepto "pull" ( jalar ) se mantiene popular; extra nutrientes son exportados por la glándula mamaria están creando una demanda de más nutrientes para ser importados por vía de alimentos.

Un gran porcentaje de energía disponible es transferida a la leche y menos a las reservas corporales. La habilidad para movilizar las reservas de lípidos está interrelacionada con los cambios en el metabolismo de los carbohidratos. Con el inicio de la lactación en una vaca de alta producción hasta un 80% del total de glucosa disponible es requerido por la glándula mamaria para la síntesis de leche. Puesto que las reservas de glucosa ( en forma de glucógeno) son limitadas y que se

absorbe muy poca glucosa, la vaca lechera depende de la producción de glucosa hepática y renal a partir del propionato y aminoácidos. Durante la lactancia temprana cuando todavía no se ha alcanzado el máximo consumo, es probable que las reservas de proteína sean utilizadas para producción de glucosa además de utilizarse para funciones normales tales como el mantenimiento de los tejidos corporales y para la síntesis de la proteína de la leche. Alrededor del 25% del total de la proteína corporal en la vaca en producción puede considerarse como proteína de reserva pero se desconoce qué proporción es disponible normalmente para las diferentes funciones productivas. Los lípidos no pueden servir como fuentes de carbono para la síntesis de glucosa, pero sí sirven como una fuente alterna de energía para muchos tejidos corporales. De este modo, la oxidación de los lípidos reduce la utilización de la glucosa en muchos tejidos de tal manera que haya más glucosa disponible para la síntesis de leche ( 8 ). Efectos directos de la STB, factores de desarrollo como la insulina ( IGF ), o nutrientes en el núcleo hipotalámico ( quizás en el centro del apetito ) son posibilidades como otros tantos efectos indirectos. Muchos órganos, incluyendo la tráquea digestiva durante una lactancia normal y esto puede tener un incremento adicional mediante las inyecciones de STB, pero como puede ser esto interpretado en un incremento de la toma de alimentos aun no es conocido.

Claramente, las vacas lecheras en lactancia que son inyectadas con STB deben tener nutrientes almacenadas en el cuerpo para poder extraerlos cuando son

estimuladas. Indicadores subjetivos de la disponibilidad de los nutrientes corporales almacenados son la condición corporal y el peso corporal del animal. Una correlación del peso corporal resulta al principio de las inyecciones de STB y la relación al FCM durante 12 semanas de inyecciones es muy bajo ( $r = .12$ ). Una posible razón de esta correlación es que las vacas no fueron inyectadas con STB hasta después de 60 días post-parto cuando todas aun estaban en bastante buena condición corporal. Cualquier déficit de energía que requiere la movilización del cuerpo (energía almacenada) para soportar la lactancia causará que el animal pierda peso, es aparente que las vacas con una pobre condición corporal tendrán limitados los tejidos del cuerpo para moverse y serán malos candidatos para el uso efectivo de la hormona son mas aptas a sufrir de la salud y de problemas reproductivos si se les aplica STB. El manejo nutricional debe ser excelente si las vacas van a beneficiarse con el uso de la hormona. Deben recibir dietas bien balanceadas y permitirle comer tanto como quieran las 24 horas del día. Las vacas permanecerán con una buena condición corporal durante el principio de la lactancia y reponer sus reservas de energía en las últimas etapas. Si las vacas no consumen alimento en cantidades recomendadas debido al pobre cuidado, entonces algunos ajustes deben hacerse. Se debe comprar o cultivar mas alimento ?, se deben vender algunas vacas para que más alimento sea disponible a menos vacas ?, se debe contratar mas personal para mantener alimentos de alta calidad enfrente de las vacas continuamente, si las practicas de manejo de alta calidad no son usados, entonces un resultado de una productividad muy corta o aun una reacción negativa

hacia las inyecciones de STB es muy probable de ocurrir. Las vacas que reciben STB funcionan como vacas genéticamente superiores y deben ser manejadas como tal.

La dieta de los animales puede influir en la reacción hacia STB. Las vacas que recibieron dietas altas en concentrados producen mas leche que las vacas cuyas dietas eran altas en forraje aun cuando ambas fueron inyectadas con STB. El efecto de un regulador ( compuesto ionico ) en las dietas de las vacas recibiendo la STB fue aditivo. Mientras las vacas recibiendo STB producen 3.1 kgs. más por día del 3.5% FCM que las vacas controladas, la suplementación de sales con calcio de una larga cadena de ácidos grasos ( MEGALAC ) en la dieta aumenta el rendimiento de la leche 6.5 kgs. por día más que las controladas. Suministrando las cantidades correctas de proteínas alimenticias indegradables pueden realzar la reacción la tratamiento con STB ( 68 ).

Usar STB en una lactación aumenta significativamente la producción de leche y la eficiencia en la conversión de los alimentos. Un ensayo canadiense halló que la STB ejerce efectos beneficiosos sobre la producción y la eficiencia durante el primer año, pero que estas tendencias eran disminuidas considerablemente en la segunda lactancia y las siguientes. Resultados semejantes se observan cuando se cambian las vacas de dos a tres ordeñas diarias, si no se ejecutan los ajustes necesarios en alimentación y manejo.

Por lo tanto para obtener el máximo beneficio de la administración de la somatotropina es básico efectuar un plan nutricional adecuado. La dieta deberá formularse para proporcionar el balance adecuado de la proteína ruminal degradable y no degradable. Cuando la densidad de las dietas se incrementen usando más concentrado, entonces amortiguadores (BUFFERS) deberán incluirse para prevenir alteraciones del balance del hidrogeno ( pH ) del rumen y de los tejidos. Una alternativa para el concentrado es aumentar la densidad energética de la dieta con grasas como lo son sales de calcio de los ácidos grasos o bien ácidos grasos saturados de cadena larga ( 30 ).

También se ha demostrado que las vacas aumentan el consumo de alimento alrededor de un 7% de materia seca y su eficiencia alimenticia en un 6% durante el tratamiento con STB. Las vacas tratadas tienden a deteriorar en forma más marcada su condición corporal o cobertura corporal de grasa ( body score ) que aquellas que no han sido tratadas.( Fig. 11 ). Esto está determinado básicamente por la necesidad de movilizar una mayor cantidad de reservas energéticas para poder satisfacer las demandas generadas por una secreción láctea aumentada. Estas diferencias en la condición corporal se mantiene hasta el final de la lactación y desaparece durante el periodo de sacado ( 17, 25 ).

Otros estudiosos del tema han realizado experimentos más complejos como es el caso de Bauman et al, 1988. Donde examinó los efectos de somatotropina bovina STB sobre proporción de pérdida irreversible (ILR) y proporción de oxidación de glucosa y ácidos grasos no estratificados (NEFA). Nueva vacas lactantes recibieron STB o excipiente en un diseño de reversión simple empleando periodos de 14 días. Las variables cinéticas fueron estimadas por análisis comportamental de metabólico sanguíneo y valores de actividad específica de CO<sub>2</sub> expirado obteniendo durante infusión de ( U-14C ) glucosa o ( 1-14C ) palmitato. Con tratamiento STB, el rendimiento de energía láctea se incremento en 31% pero la ingestión de alimento fue invariable. Las concentraciones de glucosa en sangre no fueron afectadas mediante tratamiento o correlacionadas con ningunas variables cinéticas de glucosa. En el periodo de control, ILR de glucosa fue 12.1 Mol/día con 66.5% utilizado para síntesis de lactosa láctea y 17.4% oxidadas a CO<sub>2</sub>. El tratamiento con STB incrementó la ILR de glucosa ( +1.5 mol/día ) y redujo oxidación de glucosa ( -0.4 mol/día ); esto acomodó la glucosa adicional ( +1.3 mol/día ) requerida para el incremento en secreción de lactosa. Aumentos en rendimiento de energía láctea con STB produjeron un balance de energía neta substancialmente negativo ( -9.8 mcal/día). Ninguna respuesta lipolitica aguda ocurrió con STB, pero los NEFA de plasma fueron continuamente altos ( +104 micromol/litro ) y la ILR de NEFA se incrementó ( +2.3 mol/día ). Recambió NEFA incrementado fue usado primariamente para oxidación incrementada a CO<sub>2</sub> ( 0.5 mol/día ) y 41% en grasa de leche ( igual a aprox. 1.3 mol de ácidos grasos diariamente ). En cuanto a NEFA, las

concentraciones de plasma estaban correlacionadas con ILR ( $r=-0.78$ ). En general, STB dio como resultado una regulación de metabolismo para llenar las necesidades de nutrientes para síntesis incrementada de componentes lácteos ( 7 ).

En una investigación hecha en Europa Oriental, las vacas tratadas con STB tuvieron menos grasa subcutánea y adiposa. El peso vivo de las vacas tratadas decayó en proporción con el movimiento continuado de la energía en el cuerpo. Al terminar el experimento, el peso vivo era aproximadamente 90 libras ( 41 kgs ) menor que el peso original. Este hecho podría reducir los ingresos obtenidos de la carne de vacas desechadas ( 30 ).

En otro experimento en donde fueron examinados los efectos de somatotropina bovina exógena (STB) sobre energía y utilización de nitrógeno por vacas lecheras de alta producción. Nueve vacas recibieron diariamente 51.5 UI de STB o excipiente (control) en un diseño de reversión simple que comprendía periodos de tratamiento de 14 días. Balances de energía y nitrógeno fueron medidos en cámaras de respiración de circuito abierto. Un rendimiento de 4% de leche sólidos-correctada fue incrementado en un 22% con tratamiento con STB. La ingestión de m. s. y las digestibilidades aparentes de m. s., energía y nitrógeno no fueron alterados por el tratamiento. Las vacas estuvieron en equilibrio de tejido negativo durante el periodo de control ( -21 g/día ) y tendió a volverse mas negativo durante el periodo de tratamiento ( -34 g/día ). La pérdida de energía térmica y

secreción de energía láctea fueron incrementadas con STB. El balance de energía tisular fue de -1.1 mcal/día durante el periodo de tratamiento de control, y el uso de reservas de energía con STB decreció el balance de energía tisular a -9.8 mcal/día. Los cambios en producción de calor con STB fueron iguales a los predichos de los cambios en leche y tejido corporal. En general, los resultados demostraron que STB incrementó el rendimiento de leche y componentes de leche aun cuando las vacas estuvieran en balance negativo y de energía negativo. Los efectos de STB estuvieron predominantemente asociados con división de nutrientes, y la pérdida de calor observada ( asociada con mantenimiento y eficiencias parciales de síntesis de leche y utilización de tejido ) no difirió de la pérdida de calor predicha ( 73 ).

En animales en pastoreo se han observado incrementos en ingestión de alimentos en inicio del tratamiento con somatotropina, y, después, de mejoras en digestibilidad, sin embargo, en casi todas las pruebas la mejoría está mas bien relacionada con la dilución de costos de alimentación al tener vacas que dan mas leche por unidad con los mismos requerimientos de mantenimiento ( 46, 56 ).

Después de la primera inyección de la hormona hay una respuesta inmediata en producción de leche y continúa aumentando en los primeros cinco días. Los niveles elevados de producción de leche persisten mientras se administren diariamente las inyecciones de bGH y disminuyen gradualmente hasta la producción



normal por un intervalo de varios días después de la última inyección. Estudios previos de otros autores, en los cuales se utilizaron vacas de baja producción inyectándoles diariamente hormonas del crecimiento durante 10 a 12 semanas, demuestran que la respuesta en producción de leche a la hormona persistió a través de todo el periodo experimental.

En contraste al efecto en la producción de leche, la administración de la hormona del crecimiento no ocasiona un aumento en el consumo de alimento. Además, se encontró que la hormona del crecimiento exógeno aparentemente no ha tenido ningún efecto en los procesos digestivos ya que la digestibilidad del nitrógeno y de la energía no fueron alterados. Por lo tanto, el principal efecto de la hormona del crecimiento es en la utilización de los nutrientes una vez que estos han sido absorbidos.

La producción óptima de leche requiere que la glándula mamaria esté prevista simultáneamente con el medio hormonal correcto y con un adecuado abastecimiento de nutrientes. Una pregunta obvia fue la relación entre un suministro adicional de nutrientes claves y la respuesta a la hormona del crecimiento. Los nutrientes que se investigaron fueron glucosa y aminoácidos debido a su importancia en la síntesis de lactosa y proteína en la leche. Para evitar efectos confundidos por degradación microbiana, se hicieron infusiones continuas directamente al abomaso de glucosa ( 274 g/día y de caseína 441 g/día ). Las inyecciones diarias de la bGH aumentaron

un 15.2% la producción de leche con respecto a la observada con la inyección de la hormona sola ( periodos experimentales de 10 días ). De esta manera, la hormona del crecimiento representa un control homeorrético ya que es capaz de coordinar el metabolismo de los tejidos de tal manera de que se le asegure a la glándula mamaria un suministro adecuado de nutrientes.

La forma precisa de cómo la hormona del crecimiento mejora la eficiencia en la producción de leche permanece desconocida, pero se piensa que están involucradas dos facetas. Primero, la administración de la hormona del crecimiento puede mejorar la habilidad de la glándula mamaria para la síntesis láctea. Segundo, otros tejidos corporales pueden ser afectados de tal forma que mas nutrientes sean dirigidos hacia la glándula mamaria. Estos efectos pueden resultar por un efecto directo o indirecto de la hormona del crecimiento, pero si son directos éstos no involucran cambios en las concentraciones circulantes de insulina, corticoides, prolactina, glucagón, triyodotironina o tiroxina. Parece posible que el metabolismo del tejido adiposo esté alterado de tal forma que la tasa de síntesis de grasa es disminuida y que la tasa de movilización de la misma sea aumentada. La glucosa adicional necesaria para la síntesis de lactosa en la leche es probable que provenga de una acelerada producción de glucosa hepática y/o de adaptaciones de otros tejidos para utilizar otras fuentes alternas de energía y así economizar la glucosa.

Para evaluar el potencial de la aplicación de esta tecnología, es esencial entender el mecanismo exacto de cómo actúa la hormona del crecimiento. Si son las reservas corporales la fuente de los nutrientes necesarios para incrementar la producción de leche, entonces éstos tendrán que ser reemplazados antes del inicio de la siguiente lactación. Con objeto de entender esta posibilidad se elaboró un proyecto de investigación conjuntamente con la Unidad Metabólica del Departamento de los Estados Unidos en Betsville, Md. Lo cual incluye la cuantificación del balance energético total y el uso de marcadores radioactivos para evaluar el metabolismo de los nutrientes claves ( 8 ).

### **Etapa de lactancia, partos, razas, condiciones climáticas, genotipo y fenotipo.**

Es difícil aclarar los efectos de identidad de la etapa de lactancia, parto y genotipo en su reacción. Aunque un gran número de estudios de STB y su reacción sobre la producción son disponibles, pocos han intentado identificar la aportación de estos factores en comunicar la reacción obtenida. En vez de eso, una opinión de su importancia viene de la interpretación y comparación de los estudios que frecuentemente difieren substancialmente. Sin embargo, está claro que las vacas en buen estado de salud y condición corporal al principio de los tratamientos normalmente demuestran buenos incrementos en la producción. Esto es cierto cuando las inyecciones se empiezan tan pronto como de 4 a 5 o de 8 a 9 semanas

después de parir y claro, cuando se empiezan mas tarde en la lactancia. (ver tablas 5 y 6).

Probablemente nunca se recomiende que el tratamiento se empiece inmediatamente después de parir porque los animales ya están bajo severa presión fisiológica. Además, una demanda de nutrientes para soportar inherente y abundantes secreciones de leche ya es grande. Los resultados combinados de 15 pruebas de campo sobre hatos comerciales involucrando cientos de vacas inyectadas diariamente con 25 mg. de STB durante 12 semanas demuestra que una respuesta del 3.5% FCM producido y tiende a ser mas cuando las inyecciones se empiezan mas tarde en la lactancia ( tabla 10 ), ( mas de 100 días vs. menos de 100 días ). Sin embargo, incrementos representativos bajo el uso de hatos comerciales ocurren todas las tres etapas de las lactancias examinadas.

La respuesta en rendimiento de las vacas que se comenzaron a tratar con STB temprano en la lactancia ( menos de cinco semanas después de parir ) fue menor que la respuesta de vacas que la recibieron más tarde, a los cinco o seis meses del parto. Las respuestas a mediados de la lactancia ( +15.9% ) y a finales de la lactancia (17.8%) fueron mayores que a comienzos de ella ( +10.6% ). Un estudio que comparó los rendimientos de vacas que empezaron a las 35 semanas de lactancia, mostró respuestas similares, aunque el porcentaje de mejoría fue mayor a fines de lactancia, pues entonces se basó en rendimientos menores de leche ( 13 ).

| TABLA 10 .- EFECTOS DE LA LIBERACION SOSTENIDA DE SOMATOTROPIN<br>(500 Mg/2 SEMANAS) SOBRE LA PRODUCCION DE LA LECHE EN<br>VACAS LECHERAS PRIMERIZAS Y MULTIPARAS EN GRANJAS<br>LECHERAS COMERCIALES (a). |                  |              |                     |                  |              |                     |
|---|------------------|--------------|---------------------|------------------|--------------|---------------------|
| DIAS EN<br>LACTACION(b)   | VACAS PRIMERIZAS |              |                     | VACAS MULTIPARAS |              |                     |
|   | CONTROL          | SOMATOTROPIN | % DEL<br>INCREMENTO | CONTROL          | SOMATOTROPIN | % DEL<br>INCREMENTO |
|   | -----Kg/DIA----- |              |                     | -----Kg/DIA----- |              |                     |
| 57-100  | 27.4             | 30.6         | +11.7               | 33.3             | 37.3         | 12.0                |
| 101-140   | 25.6             | 30.7         | +20.3               | 26.0             | 34.6         | 23.6                |
| 141-189   | 24.8             | 29.0         | +16.9               | 23.9             | 29.9         | 25.1                |

a NUMERO DE VACAS

b\* DOCUMENTOS INDICAN QUE LAS INYECCIONES SE EMPEZARON DE 4 A 5 SEMANAS DESPUES DE PARIR. NINGUN DOCUMENTO INDICA QUE LAS INYECCIONES SE INICIARON ALREDEDOR DE 60 DIAS DESPUES DE PARIR.

c CUATRO INYECCIONES DE 960 MG A INTERVALOS DE 3 SEMANAS

d NUEVE GRUPOS DE 7 VACAS INYECTADAS CON 320, 640, O 960 MG. A INTERVALOS DE 14, 21 O 28 DIAS.

FUENTE: Staples C. R., Head H. H. and Bachman K. C.: Milk response and nutritional management of cows treated with bovine somatotropin. Dairy Sci. Dept. Univ. of Florida, Gainesville, U. S. A. 1990

Posibles efectos debido a la paridad son observados aunque, en general, los efectos de paridad a un no están resueltos, en algunos casos, las reacciones aumentan con el incremento en paridad pero a menudo la respuesta es similar para toda paridad a través de las paridades, reuniendo un gran número de resultados de los estudios sobre la lactación completa para las vacas inyectadas con 25 mg. de STB diario, indica que se necesita una dosis más grande de STB para obtener los mismos resultados en primerizas en comparación con los animales multiparos. En una prueba de campaña involucrando 15 establos, hubo una tendencia, aunque inconclusa, para las vacas de multiparidad que respondieron un poco mejor que las vacas primerizas en cada una de las tres fases de lactación ( tabla 10 ). Pequeñas diferencias en la reacción, si realmente existieron, puede ocurrir porque el crecimiento corporal aun ocurre en las vacas primerizas y en el desarrollo mamario, tal como se refleja en el tamaño, y no es tan grande la diferencia en las demás vacas. Las típicas vacas lecheras primerizas tiene curvas de lactación mas planas y con picos mas bajos y una persistencia aparente más grande. Una resistencia mas grande pude aparecer, mientras que esencialmente ocurre lo contrario en las vacas multiparas, esa gran persistencia puede ocurrir, en parte, de un mejor mantenimiento de la actividad celular, esta mayor actividad inherente en las vacas primerizas puede limitar, hasta cierto grado, una habilidad posterior para incrementar, sobre una base de porcentaje, una actividad celular y el rendimiento en la reacción al STB. Alguna diferencia también pude ser debido al hechos que las vacas primerizas como grupo, producen menos leche ( kg./día )y pueden tener menos condición corporal al tiempo

de parir el primer becerro, claro, las recomendaciones de la administración indica que las vaquillas primerizas tienen una condición en puntos de 3.0-3.5 y las vacas maduras de 3.5-4.0 antes de las inyecciones.

La mayor parte de la investigación sobre la somatotropina bovina se han realizado con vacas Holstein. Sin embargo los primeros trabajos rusos fueron hechos con razas nativas: Simmental, ganado suizo y danés. Reportes con, Pardo suizo, Ayrshire, Dutch red y white han mostrado respuestas positivas al empleo de somatotropina, pero el número de vacas empleadas en estos estudios fue muy pequeño comparado con los estudios realizados con vacas Holstein. En un estudio realizado en la India con Murrah Búfalo con 25 y 50 mg/día mostró una respuesta de 16.8 y 29.5 por encima de los controles en un estudio a corto plazo ( 2, 68 ).

El genotipo de la vaca ( la producción potencial basada en genética ) no ha afectado su reacción a la STB. Sin embargo, el fenotipo ( la producción antes de la suplementación ) ha probado ser significativo. Las vacas con una productividad más baja han respondido mejor que las vacas altamente productivas. Las vacas que producen 39, 32 o 27 kgs/día antes de aplicar STB produjeron un adicional de 4.8, 2.4 y 6.5 kg./día cuando fueron inyectadas con STB. Aunque estos efectos aun son conocidos parcialmente, la adopción de STB para el uso en hatos donde probablemente será una situación en que todos los animales lactantes son tratados(62)

No existen diferencias en magnitud de respuesta entre vacas altamente productoras y vacas de baja producción y el incremento parece relacionado solamente con la cantidad de tejido mamario funcional.

Los cambios en vacas de baja producción que reciben somatotropina son iguales a los que ocurre en vacas altas productoras no suplementadas. El cambio real que se desconoce es lo que ocurrirá en las vacas que ya son altas productoras (44 ). Estudios consanguíneos muestran que las vacas con alta transmisibilidad calculada poseen más STB "natural" que las que tienen menor habilidad de transmisión ( 13 ).

Parece ser que lo que se ha estado haciendo a través de décadas o probablemente siglos, de selección genética, es elegir a los animales con mayores hormonas del crecimiento y se ha encontrado que los niveles plasmáticos de la sustancia están asociados con la selección para incrementar la producción de leche y así, la concentración de somatotropina es mayor en vaquillas seleccionadas por alta producción que en controles seleccionados al azar ( Tabla 11 ).

De esta forma, en un experimento en que se comparó un grupo de vaquillas altas productoras con uno de animales seleccionados al azar, se encontró que la



**TABLA 11**

|                       | <b><u>LINEA DE ALTA<br/>PRODUCCION</u></b> | <b><u>LINEA DE BAJA<br/>PRODUCCION</u></b> |
|-----------------------|--|--|
| Producción de leche   | 10,192 + 495 kg                            | 6,908 + 376 kg                             |
| Niveles previos de HC | 7.5 + 1.8 mcg/ml                           | 4.6 + 1 mcg/ml                             |
| Niveles finales de HC | 66 + 16 mcg/ml                             | 73 + 13 mcg/ml                             |

FUENTE: MARTINEZ A. A.: Somatotropina Bovina, la hormona del siglo XXI. Avances en Med. Vet. II ( 6 ). ( 1987 ).

inyección de HLHC igualó las concentraciones y al final los animales controles tuvieron mayores niveles que los seleccionados.

En términos fisiológicos, de consumo alimenticio y de cambio del peso corporal, las vacas tratadas con somatotropina bovina muestran los mismos cambios que aquellos observados en las vacas genéticamente superiores (tabla 12).

Se sabe que las concentraciones de somatotropina son más altas en las vacas lecheras seleccionadas para producciones superiores de leche, y se encuentran en su nivel más alto a principios de la lactancia para disminuir subsecuentemente ( 2 ).

Otro estudio, hecho en Pennsylvania, encontró que las vacas de dos años de edad no respondieron a dosis bajas de STB también como lo hicieron vacas más viejas ( de tres años o más ). A niveles de tratamiento de 25 mg de STB diaria por vaca, y en comparación con vacas testigo no tratadas, las vacas de dos años produjeron 6.4 lb (2.9 kg.) más de leche por día, mientras que las vacas más viejas dieron 13.2 lb (6 kgs.) más que las testigo ( 13 ).

Los reportes de pruebas que se llevaron a cabo en Florida, Missouri y en Brasil en condiciones climáticas cálidas y húmedas mostraron que las vacas Holstein tuvieron respuestas positivas al suministro de somatotropina. En las pruebas

| <b>TABLA 12</b>   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Comparación entre los cambios observados con vacas tratadas con BST y vacas genéticamente superiores</b> |  |   |
| <u>Variable</u>   | <u>Vacas genéticamente superiores</u>                        | <u>Vacas BST</u>  |
| Consumo   | Consumo superior. El consumo se incrementa después del parto | El consumo se incrementa para equipar rendimientos de leche más elevados. |
| Digestibilidad del alimento   | Diferencias menores  | Diferencias menores   |
| Reservas corporales   | Empleo más importante a principios de la lactancia           | Empleo más importante durante las primeras semanas de BST                 |
| Mantenimiento   | Diferencias menores  | No diferencias  |
| Ref. parcial síntesis de la leche   | Diferencias menores  | No diferencias  |
| Glandulas mamarias  | Más tejidos secretores<br>Actividad por células desconocidas | Más células secretoras y/o tasa de sintetización más alta.                |
| Eficiencia  | Incrementada   | Incrementada  |
| Reproducción  | Se necesita un manejo mejorado                               | Datos insuficientes. Se necesita un manejo mejorado.                      |

FUENTE: AGUILAR A. A.: Somatotropina Bovina en la producción de ganado lechero. CIGAL 1990. Mex. Holst. 21 ( 8 ): 15-20 ( 1990 ).

brasileñas efectuadas durante el verano en una explotación comercial, las vacas tratadas con STB produjeron 2 lt/día más que los controles sin ninguna diferencia aparente en cuanto a salud y reproducción ( 2 ).

La temperatura o la humedad altas, que afectan la ingestión de alimento, también disminuyen la respuesta a STB. Se elevó la producción de calor en el cuerpo de vacas tratadas con STB en cámaras de temperatura controlada; las pérdidas de calor ocurrieron por respiración y vaporización a través de la piel. Un ensayo hecho en verano en el estado norteamericano de Arizona, mostró que las tratadas con STB tenían temperaturas rectales algo más elevadas que las vacas no tratadas ( 13 ).

Una aplicación adicional del uso de la somatotropina y que resulta muy importante, dadas las condiciones en que operan los establos lecheros en México, es en el estrés calórico.

El aumento de la temperatura ambiente reduce la producción de leche e ingestión de alimento.

La administración de somatotropina a razón de 16.6 mg/día a vacas mantenidas a 28.9° C, produjo aumentos de 12% y 12.7% en leche y grasa respectivamente, así como un 5.8% de incremento en el consumo de alimento, sin

aumentos en pérdida de peso o producción de calor. El aumento en temperatura ambiente disminuye la ingestión de alimento y concentraciones de somatotropina e insulina. La administración de somatotropina revierte estos efectos y proporciona una mayor cantidad de glucosa circulante ( 46 ).

Se sabe que el ganado Jersey es más susceptible al estrés calórico cuando se le inyecta STB, Así, si a una vaca se le exige la producción de más leche vía STB y no se le complementa con mayor energía en el alimento, se tendrá que derivar de otras fuentes energía para la producción. En un desbalance entre exigencia productiva y aporte energético en un ambiente sin o con estrés puede explicar las grandes diferencias entre los datos logrados en diferentes sitios y por distintos autores. ( 70 ).

No debe soslayarse la posibilidad de empleo de la somatotropina en zona tropical. Se ha reportado que los niveles de hormona endógena del crecimiento de vacas Holstein en el trópico húmedo son menores que los del clima templado. Si bien ha sido reportada una fuerte correlación entre la somatotropina y la producción de leche, el bajo nivel de esta hormona podría ser el factor fisiológico limitante que impide la expresión genotípica del potencial lechero de vacas holstein en el trópico.

Existen estudios que caracterizan las condiciones del trópico húmedo. Trabajos desarrollados en la planicie tabasqueña, región tropical húmeda del

sureste de México, indican que las condiciones meteorológicas calculadas a través del índice temperatura/humedad señalan valores mayores de 72% durante 22, 23 y 8 horas diarias para las condiciones de la época de sequía, lluvias y nortes respectivamente. Esto indica un continuo estrés calórico para las vacas la mayor parte del año. El consumo voluntario de suplemento tendió a disminuir con el inicio de la época de sequía y mantuvo esta tendencia hasta el final de la época de lluvias. Sin embargo, si la producción de leche disminuyó con el transcurso de la época de sequía, hubo una cierta recuperación con el inicio de la época de lluvias.

Al incrementarse la disponibilidad de forraje. En la época de nortes se observó la mejor producción lechera del año de vacas holstein con el apoyo de mejor consumo de suplemento por vaca por día. Se ha demostrado que la suplementación preparto mejora el comportamiento productivo de la vaca Holstein aun en condiciones de trópico húmedo, y se reducen los costos de suplementación cuando se utilizan sub-productos regionales como la cascarilla de grano de cacao - pollinaza -melaza ( 39 ).

## 7. FERTILIDAD EN VACAS TRATADAS CON HORMONA DEL CRECIMIENTO.

La selección ha cambiado la fisiología de las vacas al alterar su sistema endócrino de manera que el perfil de la hormona favorezca la lactancia. La selección en base a la producción de leche ha dado como resultado un incremento en los niveles de la somatotropina en la sangre y un decremento en la insulina, una hormona que favorece la engorda y es antagónica a la lactancia. Este cambio en el sistema de la vaca promueve a mayores niveles de producción, potencialmente en detrimento de otras funciones fisiológicas tales como la reproducción si el nivel de manejo no es el adecuado para satisfacer las demandas metabólicas de la lactancia. ( 16 ).

En el área de la eficiencia reproductiva se observan algunos hechos que cabe mencionar. Algunos de los experimentos han generado datos que sugieren un aumento en el número de días abiertos después del parto. aunque esta diferencia entre vacas tratadas no es significativa desde el punto de vista estadístico, existe una indicación que hace sospechar que la STB estaría afectando de alguna manera el ciclo reproductivo. A modo de evitar el posible problema reproductivo, la mayoría de las compañías distribuidoras de STB han sugerido comenzar el tratamiento alrededor de 100 días de lactancia. De esta manera se permite que la mayoría de las vacas estén gestantes al momento de la primera inyección. Sin embargo también

se ha demostrado que en vacas en gestación y tratadas con STB, los niveles sanguíneos de la hormona progesterona esta aumentada, cuando se compara con aquellas de vacas testigo.

La condición reproductiva del hato debe de ser vigilada de cerca. Si el manejo reproductivo es deficiente es muy probable que con el uso de la hormona se empeore la condición ( 17 ).

La reproducción parece estar relacionada con la nutrición y el metabolismo, cuando menos en dos rutas principales. Una involucra la secreción hipotalámica del GnRH y sus efectos en la secreción de la gonadotropina y por lo tanto en la secreción ovariana de las hormonas. Esta ruta parece estar más afectada por severas alteraciones de largo plazo en el balance energético. Por ejemplo, un prolongado balance negativo de energía eventualmente llevará a la suspensión de la secreción pulsátil del GnRH, resultando en anestros. Cuando animales en anestro nutricionalmente hablando son alimentados en forma adecuada, puede tomar varias semanas para que el sistema responda y se reanude la secreción pulsátil del GnRH y la restauración de los ciclos del estro.

La segunda vía principal que relaciona a la reproducción y a la nutrición involucra al ovario y su capacidad de respuesta al metabolismo hormonal. Las células dentro de los folículos del ovario y el cuerpo lúteo unen a la somatotropina y



a la insulina y producen factores de crecimiento en respuesta a estas hormonas. Por ejemplo, el factor de crecimiento insulínico1 ( IGF-1 ) es producido por células de la granulosa en respuesta a la hormona del crecimiento. Similarmente, la insulina aumenta el efecto de la FSH en las células granulosas y parece existir una sinergia entre la insulina y la FSH en la estimulación del desarrollo de las células granulosas.( 16 ).

En un ensayo que incluyó 30 vacas Holstein-Friesian de alto rendimiento, el tratamiento durante 188 días con somatotropina bovina ( GH ) derivada de pituitaria a 27 mg/día o metionil GH a 13.5, 27 o 45.5 mg/día incrementó el rendimiento de leche en 16-41%. El tratamiento con GH no tuvo efecto discernible sobre la salud de las ubres. Las vacas a las que se dio GH promediaron 96% en tasa de concepción, 2 servicios por concepción y 116 días abiertos, comparable con los controles. No hubo evidencia de trastornos metabólicos u otros efectos de tratamiento adverso sobre la fisiología. Duración de gestación y peso al nacer de terneros y tasa de crecimiento a 28 días no fueron afectados. No hubo efecto residual del tratamiento a lactancias subsecuentes ( 24 ).

En la Universidad de Cornell se realizó el siguiente ensayo: Se utilizaron nueve hatos de vacas Holstein que usaban somatotropina y tenían una producción promedio de 10,040 kilos de leche para estudiar los efectos del incremento en el intervalo de partos: Se utilizaron en la observación un total de 108 vacas que fueron

inseminadas empezando 60 días después del parto o 150 días después del parto. El intervalo entre partos fue de 13.2 meses en el grupo inseminado a partir de los 60 días post-parto y de 16.5 meses en el grupo inseminado a partir de los 150 días. Las vacas en el grupo de 150 días tuvieron mayor producción de leche durante su vida productiva ( del parto al desecho ) debido a la mayor persistencia. Los porcentajes de desecho por reproducción y producción fueron de 16.6 y 9.2 en los grupos inseminados a partir de los 60 y 150 días respectivamente. ( 33 ).

En otro experimento, la salud reproductiva se vio afectada. La frecuencia de preñez disminuyó durante los 100 días de servicio del primer año, pero no durante los 215 días del segundo año. Se notó mayor incidencia de abortos. Seis vacas abortaron ocho fetos ( 7.3% de aborto, con dos pares de gemelos ). Ninguna de las vacas del grupo sin tratar abortó. La incidencia de retención de placentas y de ovarios quísticos no se vio afectada por la STB ( 13 ).

Algunos investigadores reportan que lograron aumento en el porcentaje de concepción al utilizar el método de sincronización de Ovsynch en combinación con STB. El procedimiento Ovsynch sincroniza la ovulación por la administración de una inyección de GnRH 48 horas después de una inyección de prostaglandinas que fue precedida por otra inyección de GnRH siete días antes. Las inseminaciones se realizan alrededor de 16 a 18 horas después de la segunda inyección de GnRH. (27).

Investigadores en Wisconsin reportaron que el porcentaje de concepción de 354 vacas fue mejor con el procedimiento Ovsynch cuando las vacas recibieron su primera inyección de GnRH entre los días 5 y 12 del ciclo estral ( porcentaje de concepción entre un 41 y 40 % ). Este método en combinación con STB se encontró que había un efecto positivo de concepción en un estudio en 403 vacas, obteniendo los siguientes resultados: Ovsynch al día 63 en leche mas STB porcentaje de concepción fue del 46 % y el grupo testigo fue del 33% aplicando Ovsynch al día 63 en leche sin STB.

Investigadores en Florida trataron vacas con el procedimiento Ovsynch y al mismo tiempo iniciaron el tratamiento con somatotropina bovina alrededor de los 63 días en leche. Por lo tanto, las vacas fueron inseminadas 10 días después de la primera inyección de somatotropina ( 16 horas después de la segunda inyección de GnRH del procedimiento Ovsynch ). Las vacas control fueron inseminadas artificialmente después del Ovsynch, pero no empezaron su tratamiento con somatotropina hasta el día 105 de lactancia, obteniendo porcentajes de concepción similares al grupo de investigadores de Wisconsin. ( 69 ).

Algunos productores se negaron a usar STB antes de los 120 días después del parto porque les preocupa tener problemas de fertilidad. Por este motivo en la Universidad de Arizona se evaluó el rendimiento reproductivo de vacas Holstein en dos hatos de altas productoras de Arizona y del sur de California. El trabajo fué

reportado en la reunión anual de 1998 de la Asociación Americana de la Ciencia Lechera. En la investigación se utilizaron un total de 106 vacas y los promedios de producción en ambos hatos eran de más de 10,700 kilos. El periodo voluntario de espera antes de la primera inseminación era de 60 días después del parto y se distribuyeron las vacas al azar para recibir somatotropina o actuar como controles sin tratamiento.

A los 180 días post parto 77% de las vacas control ( 41/53 ) y 72% de las tratadas con somatotropina ( 38/53 ) fueron diagnosticadas gestantes. El análisis estadístico indicó que los porcentajes de concepción no difirieron significativamente entre los grupos tratados. Los servicios por concepción fueron similares en ambos tratamientos. Por lo tanto, los investigadores concluyeron que la fertilidad de las vacas altas productoras fue equivalente entre las vacas no tratadas con somatotropina y las si tratadas con esta hormona de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta. ( 50 ).

En el área de eficiencia reproductiva se observan algunos hechos que cabe mencionar. Algunos de los experimentos han generado datos que sugieren un aumenten el número de días abiertos después del parto. Aunque esta diferencia entre vacas tratadas y no tratadas no es significativa desde el punto de vista estadístico, existe una indicación que hace sospechar que STB estaría afectando de alguna manera el ciclo reproductivo.

A modo de evitar el posible problema reproductivo, la mayoría de las compañías farmacéuticas han sugerido comenzar el tratamiento alrededor de los cien días de lactancia, de esta manera se permite que la mayoría de las vacas estén gestantes al momento de la primera inyección; sin embargo, los niveles sanguíneos de la hormona progesterona está aumentada cuando se compara con aquellas vacas no tratadas.

El impacto positivo de la somatotropina en la concepción puede ser debido a los efectos de una familia de factores de crecimiento u hormonas ( factores de crecimiento parecidos a la insulina ) que secreta el hígado en respuesta a la somatotropina bovina. Esta hallazgo es muy alentador y esta siendo objeto de mayores estudios. ( 69).

Para que un programa reproductivo funcione y con ello un programa de mejoramiento genético, necesitamos que el productor de leche:

- Mantener récords confiables de las fechas de parto y cualquier problema al parto.
- Apuntar todas las fechas de calores, repeticiones e inseminaciones. Observar de cerca a las vacas que se encuentran entre los 18-23 días de haber estado en calor o haber sido inseminadas.

- Observar a las vacas para posibles calores por lo menos dos veces al día, de preferencia durante la mañana y por la tarde.
- Las mejores posibilidades de fertilidad ocurren cuando se insemina al finalizar su celo visible.
- Vacas en celo observadas en la mañana deben de ser inseminadas por la tarde. Vacas observadas en celo por la tarde deben de ser inseminadas a la mañana siguiente.
- Toma por lo menos 60 días después del parto para que el tracto reproductivo de la vaca regrese a su estado normal ( puerperio ). Algunas vacas pueden ser inseminadas antes de los 60 días si a la palpación se encuentra que todo está normal.
- Revisar aquellos animales que no se han preñado después de dos o tres servicios y aquellas que no muestran signos de calor 30-40 días después del parto.
- Checar los animales que han abortado, que tuvieron partos distócicos o muestran una descarga anormal.

- Estar seguro de que se está proporcionando una dieta balanceada.
- Alimentar bien a las vaquillas e inseminarlas cuando están lo suficientemente grandes ( de acuerdo a la raza ) como para asegurar un buen tamaño en la madurez ( el tamaño es más importante que la edad ).
- Estar seguros que se está dando un buen manejo al semen y la técnica de inseminación es la correcta. ( 31.

Existen suficientes evidencias de que la fertilidad de la vaca es afectada por su estado de salud dos o tres meses antes del estro del servicio y por el balance o desbalance energético como se detalla a continuación:

1. Enfermedades como la hipocalcemia, hipomagnesemia, cetosis y la hemoglobinuria post parto, pueden provocar defectos en los folículos que ovularán durante el periodo reproductivo. También se han reportado que la cetosis prolongó en 51 los días abiertos y en 0.73 los servicios por concepción.
2. Un balance energético negativo durante los primeros nueve días postparto, reduce los niveles de progesterona durante la fase lútea del segundo y tercer estros postparto.

3. Las deficiencias nutricionales que se traducen en un balance energético negativo provocan daños a los folículos que llegarán a la etapa de ovulación de dos a tres meses después.
  
4. Vacas que perdieron peso en el postparto inicial ( 0.5 puntos en la escala de 5 puntos de la calificación de la condición corporal ) tuvieron más días a la primer ovulación y más servicios por concepción durante cuando menos los primeros tres servicios. En adición vacas que perdieron 1 punto en la calificación corporal al inicio de la lactancia, tuvieron 17 % de concepción al primer servicio en comparación con el 50 por ciento de concepción al primer servicio en vacas que perdieron menos de 1 punto en la condición corporal en el mismo periodo. ( 25 ).
  
5. La deficiencia de cobre, cobalto, yodo, fierro, selenio así como otras deficiencias nutricionales provocan pérdida de la calificación de la condición corporal. En adición, deficiencias de macrominerales y elementos traza como selenio, magnesio, zinc y posiblemente fósforo, reducen la eficiencia reproductiva. ( 55 ).

Sin embargo, hay que recordar que una mala detección de celos y un mal momento en la inseminación son la razones mas frecuentes de un fracaso en la reproducción ( 30 ).



## **8. LA HORMONA DEL CRECIMIENTO Y LAS EVALUACIONES GENÉTICAS**

Es evidente que una vez popularizado el uso de la hormona para elevar la producción en ganado en línea, deberá establecerse nuevas normas para la calificación de ganado y evaluación de toros. Los criadores que someten sus propios toros a pruebas de progenie se enfrentarán al desafío de verificar que las hijas de esos toros no hayan recibido administración preferencial con la hormona del crecimiento ( STB ).

### **Evaluaciones de toros.**

La mayoría de los toros disponibles en los centros de inseminación artificial son sometidos a pruebas de progenie por esas mismas organizaciones. Estas distribuyen pequeñas cantidades de semen en muchos hatos diferentes, para lograr obtener evaluaciones totalmente imparciales de las hijas de estos toros. Mientras que la STB sea administrada en forma uniforme a todo el hato, el impacto de la STB será mínimo en las evaluaciones genéticas de toros probados a través de un programa de muestreo estructurado.

Existe la posibilidad de pequeñas variaciones debidas a los procedimientos de manejo recomendados. Si los productores lecheros aplican la hormona basados en la condición corporal, las vacas con un menor calidad genética para producción

tendrán probablemente mayores puntajes de condición corporal al principio de la lactancia, y recibirán por lo tanto antes la aplicación de la hormona del crecimiento (STB), que vacas de alta producción con menores puntajes. En otras palabras, vacas gordas y perezosas pueden que reciban STB por un período más largo de su lactancia que vacas mas delgadas, que producen más, de este modo los toros con menor valor genético lucirán mejor en relación con los toros de alto valor genético, pero se espera que este impacto en las evaluaciones genéticas sea pequeño.

No todos los toros disponibles a través de los centros de inseminación artificial han sido probados por organizaciones que emplean el sistema de muestreo al azar. Los propietarios individuales de hatos, tienen todavía la opción de distribuir semen de sus toros, en un esfuerzo de obtener pruebas de sus hijas. Si la hormona del crecimiento (STB) es aplicada de forma preferencial en hijas de un toro a evaluar, los resultados de la prueba de producción a su padre será influencia y no será imparcial. La Asociación Nacional de Criadores de Animales (N. A. A. B.) ha desarrollado un sistema de codificación para saber como se ha obtenido la prueba de ese toro. Toros con código S es semen distribuido por una empresa de I.A. en por lo menos 40 hatos. Toros con código M también distribuido en no menos de 40 hatos, pero por una empresa no dedicado normalmente a la I.A. Toros con código O son los que no calificaron para ser incluidos en la categoría S o M. Estos códigos de prueba solo son válidos para pruebas de hijas de primera generación, después de

que el toro tenga hijas de segunda generación en su prueba, este código de prueba pierde su valor.

### **Evaluaciones de vacas**

En razón de que la STB se administra a las vacas una a una, existe el potencial de que se pueda influenciar más las evaluaciones de una vaca que las de un toro. Mientras la STB sea administrada en forma uniforme a todas las vacas del hato, menor será la posibilidad que esto suceda. La mayoría de los productores lecheros que usan la STB querrán un rendimiento óptimo del hato completo, no de una pocas vacas solamente de modo que el tratamiento preferencial no será un gran problema en la mayoría de los hatos.

Los productores que administren STB preferencialmente a unas pocas vacas en el hato y no la administren a las demás compañeras de hato, obtendrán evaluaciones genéticas influenciadas mayores para algunas de sus vacas. Consecuentemente las vacas con las evaluaciones genéticas más altas y con el mayor valor económico serán sometidas por la industria a un mayor escrutinio. Sin embargo, ya existen muchas estrategias de manejo del ganado que puedan influenciar las evaluaciones genéticas (prácticas diferenciales de alimentación, n° de ordeños, etc.) Por su parte Burnside (1987) señala que en todos los hatos ya se comerciales o de prueba de progenie que utilicen STB presentan la necesidad de conservar los récords de tratamiento con STB (cuando y por cuanto tiempo) y de

decidir si o como incorporar datos de vacas tratadas a sus propias evaluaciones y evaluaciones de semental ( 18, 30,47 ).

En Canadá las asociaciones de registro ya han tomado provisiones mediante las cuales los animales que reciban somatotropina deberán ser considerados por separado y no podrán participar en ningún tipo de calificación con los animales explotados en la forma convencional ( 46 ).

## 9. SALUD ANIMAL

Los estudios enfocados a determinar el impacto de la somatotropina bovina sobre la salud animal han incluido pruebas con vacas que recibieron por lo menos 5 y hasta 25 veces la dosis recomendada en estudios de toxicidad aguda a corto plazo o a lo largo de varias lactancias para medir los efectos a largo plazo. Todos los animales fueron supervisados para evaluar los efectos adversos y los problemas de salud relacionados con el suministro de somatotropina (2). En un ensayo de dos años con 82 Holstein, se les dieron inyecciones cada 14 días, comenzando a los 60 días del parto. Los niveles de dosificación fueron: igual a ( 600 mg.), tres veces ( 1,800 mg. ) y cinco veces ( 3,000 mg. ) la dosis comercial predicha. La STB no afectó la incidencia de cetosis, fiebre de leche o neumonía, no alteró los niveles de glucosa o insulina y no se han reportado degeneración grasa del hígado, aumento en la susceptibilidad a enfermedades. Los desórdenes digestivos, especialmente vacas retiradas del alimento, fueron incrementados por la STB durante el primer año. La incidencia de cojeras fue mayor durante el segundo año en las vacas tratadas. El sistema de manejo en este estudio fue en confinamiento y vacas amarradas en el casillero ( 13 ).

Oldenbroek. Reporta que utilizó una formulación de STB recombinante fue implantada S. C. detrás de la escápula en 32 vaquillas ( dosis de 640 mg ) y 211 vacas ( dosis de 960 mg ) de tres razas, principalmente Holstein. Durante tres

lactancias sucesivas, fueron tratadas en 6 ocasiones, durando cada una 28 días. El tratamiento mejoró la eficiencia de producción de leche sin efectos adversos sobre la salud, calidad de la leche, solo un incremento en la cuenta de células somáticas ( 58 ).

Por su parte Bick, evaluó la respuesta de anticuerpos a somatotropina bovina recombinante fueron seguidas a lo largo de tres lactancias en vacas Jersey, Meuse-rhine-yssel y Frisian. Bloques al azar de animales fueron observados durante un periodo pretratamiento y se les dio 320,640 o 960 mg de somatotropina recombinante a intervalos de 28 días a través del periodo de lactancia, o se les dejó sin tratar. Todos los animales tratados desarrollaron una respuesta de anticuerpos detectable a la hormona del crecimiento. Estas respuestas alcanzaron un máximo de 45-50 mg/ml. Un nivel de respuesta normal de anticuerpo es de 1000-4000 mg/ml. El nivel de anticuerpo retornaba a valores de línea base cuando el tratamiento era discontinuado y permanecía en estado basal hasta que el tratamiento era reanudado durante la siguiente lactancia. Las vacas tratadas no desarrollaron una respuesta anamnética durante las lactancias segunda y tercera cuando la respuesta de anticuerpos alcanzaron un máximo a 38 y 27 mg relativos/ml respectivamente ( 12 ).

En cuanto al balance mineral poco se sabe, pero se han detectado niveles séricos elevados de calcio y fósforo con poco significado clínico. Se disminuye el

hematocrito pero en apariencia sin anemia. No parece aumentar la incidencia de enfermedades metabólicas; pero se puede decir que aun es muy pronto para asegurar esto de manera categórica. No se afectan las funciones hepáticas y renal estudiadas mediante niveles de urea, creatinina, TGO, TGP y fosfatasa alcalina. ( 70 ).

Las vacas lecheras tratadas con STB no tienen más posibilidades de contraer mastitis que las no tratadas, según un estudio mundial en varios miles de vacas, que incluye observaciones a largo plazo de 914 vacas en los Estados Unidos y Europa, así como observaciones a corto plazo en 2,697 vacas en hatos comerciales y de investigación en otros ocho países y ambientes muy diversos.

Los críticos de la STB alegan que su uso hace a las vacas más susceptibles a la mastitis o inflamación de la ubre causada por infección bacteriana, lo que podría llevar a un mayor tratamiento con antibióticos y mayor contaminación de la leche.

En general, tanto hatos comerciales como de investigación, las vacas tratadas no mostraron aumento de las infecciones de mastitis, comparadas con las vacas no tratadas del mismo hato. Este es apenas uno de muchos estudios que muestran que la hormona STB no afecta la mastitis ni las variables con ella relacionadas en hatos lecheros. En un estudio se encontró que la incidencia de mastitis aumentó a medida que la producción de leche se incrementó, pero este efecto fue idéntico tanto en

vacas tratadas como no tratadas. Es decir, las vacas que dieron más leche mostraron más propensión a la mastitis, ya fuera que su rendimiento superior sea resultado del tratamiento hormonal o de una buena herencia genética. Eso se explica porque cuanto más leche sea secretada el canal del pezón permanece abierto por más tiempo habiendo más oportunidad para que penetren las bacterias. Pero este aumento que acompaña al mayor rendimiento de leche es apenas una causa menor de la mastitis ( 63 ).

Investigadores de la Universidad Estatal de Michigan realizaron una prueba en donde se incluyó a 555 vacas de cuatro hatos, no encontrando diferencias estadísticas en el número de días en que fue desechada la leche después de la terapia contra mastitis clínica y el porcentaje de desecho debido a mastitis en vacas tratadas con somatotropina bovina ( STB ) y vacas control. Los resultados fueron reportados en el número de Diciembre de 1997 de la Revista de Ciencia Lechera.

Las vacas fueron distribuidas al azar en dos grupos que recibieron STB ( 500 miligramos ) o que sirvieron como controles no tratadas. La STB fue administrada cada 14 días empezando de los 63 a 69 días después del parto y se continuó el tratamiento hasta 21 días antes del secado. El objetivo fue determinar el efecto de la STB en la incidencia de mastitis clínica número de días en que fue desechada esa leche debido a la terapia por mastitis clínica y desechos debidos a mastitis.



Ocurrieron un total de 127 casos de mastitis clínica durante la lactancia; 42 antes del tratamiento con STB y 85 casos durante la prueba. De los 42 casos antes de la prueba, 57.1 % se presentaron en las controles y 42.9 % se observaron en las vacas tratadas.

De los 85 casos de mastitis que ocurrieron durante la prueba, 47.1 % fueron con las vacas control y 52.9 % en las tratadas con STB.

Aun cuando hubo variación entre los hatos, no hubo una diferencia general en mastitis clínica entre los dos grupos. Los autores admiten que la prueba fue realizada en operaciones bien manejadas que habían controlado las mastitis contagiosas y tenían un porcentaje bajo de mastitis por patógenos del ambiente. ( 49 ).

Un punto de gran importancia en la evaluación de STB es la incidencia de mastitis. Existen los dos puntos de vista, que aumenta la tasa de mastitis y los conteos de células somáticas, y que no tiene efecto. Aún no se inclina la balanza por alguno de estos dos criterios y como suele suceder en eventos biológicos multifactoriales como la mastitis, la respuesta no se encuentra únicamente con el análisis de una sola influencia, en este caso de la STB, y por ello la respuesta no será fácil, en especial si se toma en cuenta que se ha sugerido también que aumenta y que disminuye en general las deficiencias del organismo. ( 70 ). Si una

explotación tiene un control deficiente de mastitis y un equipo de ordeño cuya capacidad se vea rebasada por una mayor producción, puede estar predisponiendo a las vacas a un mayor estrés, especialmente de las ubres y ocasionar un severo problema de mastitis. Aquellos productores que se encuentran en el límite de la capacidad de su equipo probablemente verán una respuesta negativa.

Es común ver hatos con un excelente manejo y control de mastitis que sin embargo al aumentar su producción, también aumentan los casos de mastitis. El equipo no pudo con la mayor producción de leche. De igual forma los hatos que se encuentran con manejo deficiente no responderán en forma positiva a la hormona. Siempre que las vacas se encuentren bajo condiciones de estrés los beneficios de la STB serán limitados ( 34 ).

## **10. CALIDAD DE LA LECHE Y EFECTOS EN LA SALUD DEL PUBLICO CONSUMIDOR DE LECHE PROVENIENTE DE VACAS TRATADAS CON HORMONA DEL CRECIMIENTO.**

### **Calidad de la leche.**

La STB, como otras herramientas de manejo, se utiliza con el fin de mejorar la eficiencia productiva de la vaca; sin embargo, es importante que la calidad de esa leche se mantenga íntegra, lo cual se ha comprobado en los numerosos estudios realizados ( 26 ).

La leche de vaca contiene en forma natural cantidades pequeñísimas de hormona del crecimiento. Usualmente, entre .002 y .010 partes por millón. Dicha concentración no se altera en la leche de vacas a las cuales se les aplico hormona del crecimiento exógena ( 13 ).

En la Universidad Estatal de Dakota del Sur, se realizó un estudio de evaluación de la composición y sabor de la leche proveniente de vacas tratadas con STB y vacas sin tratamiento. Incluyendo este estudio pruebas de calidad que comúnmente se realizan en las plantas lecheras. Los resultados fueron reportados en el Journal of Dairy Science del mes de Julio de 1989.

Los valores de acidez fueron similares tanto para las vacas tratadas como no tratadas y en rangos normales. Además la leche proveniente de vacas tratadas con STB no fue más susceptible a inducir una rancidez hidrolítica que la leche procedente de vacas testigos. También no existió diferencia en el punto de congelación ( crioscopia ), titulación ácida y pH.

Para composición, no hubo diferencia significativa en proteína total, proteína verdadera, caseína, porcentaje de nitrógeno total. Suero proteico fue alto, y caseína como porcentaje de proteína total fue bajo en la leche de vacas tratadas con STB que aquellas no tratadas.

El total de contenido graso no estuvo afectado por el tratamiento de STB. Sin embargo si hay una baja de ácidos grasos en la STB. El contenido de lactosa es mayor en vacas tratadas con somatotropina. Los investigadores concluyeron lo mismo que se ha observado en otros estudios, que la STB no afecta la calidad nutricional, así como las características organolépticas, de la leche de animales tratados, incluso el rendimiento para la elaboración de queso y otros productos es el mismo ( 37, 38 ).

En la tabla 13 se muestra el efecto de la hormona del crecimiento de bovinos ( bGH ). En este estudio se administró la bGH diariamente por un periodo de 10 días

| <b>TABLA 13</b><br><b>EFFECTO DE LA ADMINISTRACION DE HORMONA DEL CRECIMIENTO</b><br><b>SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE Y DE SUS COMPONENTES EN</b><br><b>VACAS LECHERAS</b> |                                |  |                              |  |
|---|--------------------------------|--|------------------------------|--|
|   | Lactación temprana (semana 12) |  | Lactación tardía (semana 35) |  |
| Variable  | control<br>Kg/día              | Hormona del<br>crecimiento<br>% de aumento | control<br>Kg/día            | Hormona del<br>crecimiento<br>% de aumento |
| Producción de leche   | 28.3                           | 15   | 12.8                         | 31   |
| Producción de grasa   | 0.94                           | 17   | 0.50                         | 42   |
| Producción de<br>proteína   | 0.94                           | 14   | 0.49                         | 18   |
| Producción de<br>lactosa  | 1.34                           | 21   | 0.66                         | 35   |

FUENTE: BAUMAN D. E.: Regulación de la utilización de nutrientes en vacas lecheras en producción. INFORMACION, Bol. de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. de la Uni. de Guadalajara. 1983

durante el inicio de la lactancia y otra vez durante la última parte de la lactancia. Los porcentajes de aumento de producción de leche así como sus componentes fueron mucho mayores en la lactancia avanzada. Sin embargo, los incrementos cuantitativos fueron similares durante ambos periodos. El aumento de producción de leche después de la administración de la hormona del crecimiento fue de 4.3 kg./ día durante la lactancia temprana y de 3.8 kg./ día durante la lactancia tardía. ( 8 ).

Muchos ganaderos productores de leche y en general la industria láctea de los Estados Unidos ha seguido muy de cerca la comercialización de la somatotropina en México. El producto se ha estado probando en un sin número de hatos de universidades y de productores en algunos casos por más de seis años consecutivos sin que por ello se haya presentado algún tipo de problema tanto en los animales bajo tratamiento como en la calidad de la leche. La Sociedad Médica Norteamericana ha endosado el producto y considera el consumo de leche de vaca tratadas con STB como seguro.

En México el producto fue aprobado por la Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, quien es la responsable de autorizar todo producto o medicamento destinado a los animales y vigilar que sean administrados correctamente. Grupos de productores de leche de México preocupados por posible mal manejo de información de la prensa, solicitaron a los laboratorios que venden esta hormona en nuestro país a obtener la aprobación de la Secretaría de Salud, de

la Dirección de Control Sanitario de alimentos, en donde indica que no hay problema con la leche proveniente de vacas tratadas con somatotropina y que la leche y sus productos son aptos para consumo humano.( 36 ).

## 11. EFECTOS EN LA SALUD DEL PUBLICO CONSUMIDOR

Como el consumidor es el eslabón final de la cadena productiva de la leche, es importante destacar brevemente que existe una gran cantidad de evidencia científica la cual demuestra que el consumo de leche y carne, proveniente de ganado tratado con STB, no constituye riesgo alguno para la salud humana. La percepción del consumidor de que la leche de vacas suplementadas con STB puede no ser tan " natural " como otras leches, y del efecto que esto pudiera tener en las ventas de leche como se ha predicho en los Estados Unidos, parece no ser un tópico de importancia en México (8). Tanto la FDA Administración de Productos Farmacéuticos y Alimentos de los Estados Unidos ( FDA ) como la Oficina de Productos Farmacéuticos Veterinarios ( BVD ) en Canadá han autorizado el consumo de estos productos alimentarios provenientes de los rebaños experimentales que están siendo inyectados con STB en diversas universidades en Norteamérica. Fundamentalmente esta autorización se basa en los siguientes hallazgos científicos: ( Cada de estos excluye por sí solo un posible riesgo para la salud humana ):

A) Normalmente se encuentra 1 gr. de STB por cada 500 litros de leche provenientes de vacas que no han sido tratadas con la hormona.



B) Los residuos en leche son mínimos porque la hormona no se concentra en la ubre al no existir receptores celulares para ella en ese órgano. La administración de dosis mayores no ha aumentado la concentración de residuos en el producto final, variando de 0.2 a 5 microgramos por ml de leche, cantidades que pueden ser digeridas fácilmente, como cualquier otra proteína, en el aparato digestivo. De esta manera pierde su actividad biológica.( 17 ). No obstante, esta aseveración no puede ser categórica y aguarda una evaluación más detallada sobre el posible efecto de STB en el tracto gastrointestinal del hombre, detalle de gran dificultad técnica ( 64 ).

C) La cantidad de STB presente en la leche de vacas tratadas con STB no es diferente de la detectada en la leche de aquellas que no han sido inyectadas con STB.

La somatotropina no representa riesgos para la población humana ya que aun cuando fuera ingerida, no provocaría alteraciones de ninguna especie. La administración de grandes dosis a pacientes con hipopituitarismo no ha dado resultados positivos de inducción del crecimiento ( 17, 46 ).

Por otro lado en INTERNET han aparecido artículos donde señalan los peligros de alimentos genéticamente diseñados, dada la complejidad enorme del código genético, incluso en organismos muy simples tales como bacterias, nadie puede

predecir posiblemente los efectos de introducir nuevos genes en cualquier organismo o planta, ni el alcance de los nocivos efectos para la salud sobre cualquier persona que lo ingiera.

Judith Perera realizó un ensayo en donde señala la relación que existe en el usos de la hormona del crecimiento artificial con la " enfermedad de las vacas locas " en donde sus principales puntos son :

- La propagación de la Encefalopatía Espongiforme Bovina ( EEB ) o la llamada " enfermedad de la vaca loca " podría haber sido estimulada por el uso creciente de hormonas del crecimiento artificiales para aumentar la rentable producción de leche y carne . El tema fue planteado en Estados Unidos ya en 1993 por Michael Hansen , investigador asociado del Consumer Policy Institute, durante un testimonio ante el Comité Asesor de Medicina Veterinaria sobre Efectos Potenciales para la salud animal y humana de su uso.
- Los vacunos tratados con hormona del crecimiento, requieren alimentos con mayor densidad de energía. Esto ha sido habitualmente suministrado con raciones preparadas con carne y hueso derivados animales de desecho, lo cual plantea la posibilidad de que la infección con EEB pueda ser trasladada en la ración a base de animales inyectados con hormona del crecimiento.

- Las vacas inyectadas con HCB<sub>r</sub> producen mucho más factor de crecimiento IGF-1, parecido a la insulina, cuya estructura molecular es la misma en seres humanos que en vacunos, aumentando la probabilidad de transmisión a través del consumo de leche y carne . En seres humanos, el IGF-1 está vinculado a la acromegalia, enfermedad que provoca un crecimiento anormal de manos, pies, nariz y mentón. Los elevados niveles de IGF-1 también están vinculados al cáncer y los tumores de colon y particularmente el cáncer de mamas en la mujer. Se cree que la pubertad precoz es causada por el aumento del uso de hormonas en vacas, y las niñas que menstrúan antes de los 12 años tienen mayor riesgo de contraer posteriormente cáncer de mamas.
- Según el Dr. Samuel Epstein, profesor de Medicina Ocupacional y Ambiental en la Universidad de Illinois en Chicago, el " IGF-1 es un factor de crecimiento para las células mamarias, manteniendo su malignidad, progresión e invasividad. " Mientras que los defensores de la HCB<sub>r</sub> afirman que la mayor producción lechera aumentará la cantidad de alimento disponible para dar de comer a quienes padecen hambre en el mundo, la introducción de HCB<sub>r</sub> y la búsqueda de aumentos en la producción lechera puede sustituir fuentes más baratas, seguras y tradicionales de alimento, y el consiguiente aumento en el uso de raciones animales que traerá aparejada una reducción general de los suministros de alimentos.

- Claramente las vacas son un gran negocio y los métodos que están siendo utilizados para aumentar las ganancias podrían ser desastrosos a largo plazo. El fracaso de la EEB puede ser tan sólo el primero. ( 60 ).

Los hechos científicos han demostrado que es necesario una inmediata prohibición en todo el mundo. Los alimentos genéticamente diseñados que contiene genes están apareciendo en los estantes de supermercados, comenzando con tomates, maíz, soya, productos lácteos, levadura y aceites, El gobierno permite su venta sin advertir al público, aunque muchos científicos genéticos afirman que estos alimentos dañarán permanentemente la salud. He aquí como:

Las compañías de biotecnología alegan falsamente que sus manipulaciones son similares a cambios genéticos naturales. Sin embargo la transferencia de genes de cruce de especies que se están realizando, nunca sucederían en la naturaleza y pueden permitir la transferencia de enfermedades. En principio, los científicos parecen inclinarse a descartar el riesgo de contagio a través del sebo, las gelatinas y el semen, así como parece haber acuerdo sobre la elevada toxicidad de los productos de rastro y de todos aquellos relacionados especialmente con el sistema nervioso y el riego sanguíneo. Sin embargo, desde el punto de vista socioeconómico y político importa estimar no sólo el peso del riesgo sanitario real, sino la percepción del riesgo por parte de los consumidores europeos, especialmente sensibilizados por la masiva emergencia de alimentos " no naturales ". Así, por ejemplo, en el caso de España, podría cuestionarse el esfuerzo en fase avanzada del sector cárnico

porcino por conseguir un jamón serrano con menos grasa y más músculo, con terapias hormonales a base de hormona del crecimiento somatotropina porcina (psT) ( 5 ),o con la obtención de animales transgénicos ( con material genético extraño introducido en su ADN para lograr estándares más competitivos desde el punto de vista de la comercialización ). También es un hecho la resistencia europea a la utilización de STB ( Somatotropina Bovina ), ampliamente empleada en Estados Unidos. ¿ Cómo reaccionará el consumidor europeo psicológicamente ante la inevitable asociación mental entre "hormona del crecimiento " y Creutzfeldt Jakob en niños tratados con esta hormona años después ?. ¿ Aceptará este riesgo ? ¿ Quién puede cuantificarlo y garantizar su "remota " posibilidad de incidencia a largo plazo?.

No existe ningún país europeo que no se encuentre ante el mismo dilema en relación a la creciente emergencia, a nivel de mercado, de la biotecnología, tanto en alimentación y sanidad como en un campo cada vez más variado de sectores de actividad económica.

Las industrias de biotecnología falsamente afirman que no se requiere ninguna etiquetación, alegando que no hay diferencia material entre alimentos genéticamente modificados y sus contrapartidas naturales. De hecho, la inteligencia genética natural de alimentos, acumulada en millones de años, está siendo alterada. Los gobiernos apoyan las compañías de biotecnología e ignoran los derechos de los consumidores a ser informados. Sin etiquetar, las causas de nuevas enfermedades

pueden ser muy difíciles de rastrear. Por un lado, mientras todos los alimentos deberían etiquetarse fielmente, los alimentos genéticamente diseñados deberían prohibirse totalmente para proteger la vida.

Compañías de biotecnología alegan que los cuerpos reguladores del gobierno como la Administración de Medicamentos y Alimentos de E. U. ( FDA ) y el Ministerio Británico de Agricultura, Pesquerías y Alimento ( MAFF ) protegerán a los consumidores. Sin embargo DDT, Talidomina, L-triptófano, etc. fueron también aprobados por estos reguladores con resultados trágicos. MAFF ha publicado información objetivamente inexacta sobre alimentos genéticamente diseñados en su serie de libros Foodsense que da una impresión de falsa seguridad. Pruebas en E. U. encontraron que el 80 % de la leche de supermercados contenía rastros de: o bien medicinas, o antibióticos ilegales usados en granjas, u hormonas, incluyendo Hormona Vacuna de Crecimiento genéticamente diseñada ( BGH ). Los hechos muestran que los reguladores no protegen el público adecuadamente; ni el etiquetado protege el público de los peligros ó se necesita una absoluta prohibición de alimentos genéticamente diseñados. ( 3 ).

Cuestiones éticas que afectan a vegetarianos, grupos religiosos, y defensores de los derechos de los animales y las compañías de biotecnología alegan que el ADN de plantas y animales son similares y que no hay cuestión ética cuando se transfiere moléculas de ADN. Sin embargo, en los métodos genéticos se encuentran experimentaciones con animales que transfieren información genética única de los

animales a las plantas. En base a esto las ventas de alimentos orgánicos ( entre ellos la leche y otros productos lácteos ) están floreciendo en los supermercados y grandes tiendas de autoservicio en Estados Unidos después de haber estado reducidas por años a las tiendas naturistas. Las ventas de productos de leche orgánica aun son una parte muy pequeña del mercado de venta de leche fluida en Estados Unidos ( en México ya se encuentran estos productos en tiendas naturistas principalmente ), que asciende a 70, 000 millones de dólares y se considera que estas ventas van en ascenso. La granja Stonyfiel, de Londonderry, New Hampshire, ( Vermon Milk Producer, Inc. ) ( 40 ) es la líder en leche orgánica. La firma predice ventas para 1998 de 40 millones de dólares para sus yogures orgánicos y postres congelados. El líder en leche fluida es Horizon Organic Dairy, de Boulder, Colorado, que aumentó de 400,000 dólares en 1992 a ventas de 16 millones de dólares en 1996. Horizon está ya cerca de 4,000 vacas en su establo de leche orgánica cerca de Twin Falls en Idaho, y 1,000 en Maryland. La Cooperativa de la Región de Coulee ( CROPP ) en LaFarge, Wisconsin, tuvo ventas de 10 millones de dólares en 1996 con su leche orgánica Valley, debido a la fuerte demanda de sus productos, CROPP hasta 1997, había podido pagar a sus productores 7.7 centavos de dólar por kilo de leche por encima del precio de garantía. En la Europa " ecologista " hace algunos años había un mercado para productos orgánicos lácteos pero la oferta pronto excedió a la demanda: No tardó mucho tiempo en que los productores de leche dejaron de recibir un pago extra por leche orgánica La leche Organic Valley se

vende alrededor de dos veces el precio de la leche normal en Madison, Wisconsin. Aun así, las ventas están incrementándose 30 a 40 por ciento por año.

Para aquellos que están interesados en producir leche orgánica existen tres advertencias: Primero ¿Cuánto van a aumentar sus costos de producción de leche ? ya que se tendrá que pagar por alimento cultivado en forma inorgánica y que no se pueda sembrar en el mismo rancho. Segundo ¿ Cuánto durará la demanda de productos lácteos orgánicos ? ( dado que cuestan más ) y ¿ Cuanto tiempo estará la oferta por abajo de la demanda. ( 49 ).

Mientras que el sentimiento público no es ignorado, la industria lechera mexicana parece estar más abierta a los cambios que se han experimentado en los últimos 20 años.

El gerente general de Envases Especializados de la Laguna ( LALA ), una cooperativa lechera compra abiertamente leche de hatos suplementados con STB, dice "Desde 1947 nuestra cooperativa ha crecido y ofrecido productos de calidad a nuestros clientes al utilizar tecnologías mejoradas. La leche ultrapasteurizada (UHT) y STB son los dos ejemplos más recientes". Cuando la STB fue introducida por primera vez, hubo una gran confusión acerca de su uso, seguridad y eficiencia. Mucho de ello se debió a la desinformación ocasionada por la publicación de



artículos en revistas de los Estados Unidos, y la no aprobación del producto en los Estados Unidos. ( 10 ).

Basta mencionar para el escéptico que en países con alta ingestión de carne como lo es Estados Unidos el cáncer de colon es una patología de gran importancia con un segundo o tercer lugar en causa de mortalidad por cáncer en ese país con una frecuencia de 10 a 20 por 100,000; mientras que en Latinoamérica sólo llega a representar una tasa del 0.1 al 0.4 por 100,000. En otras palabras, nadie hubiera creído que la ingestión de carne pudiera tener efectos nocivos, lo mismo pudiera aplicar para la BST. ( 70 ).

Sigue existiendo una falta de entendimiento simple y definitivo sobre cómo utilizar mejor la STB ( 46 ).

## 12. POLITICAS INTERNACIONALES SOBRE SU USO EN LA PRODUCCION DE LECHE.

Las autoridades de varios países han concluido que la leche de vacas tratadas con STB es apta y segura para consumo humano ha levantado una polémica entre Estados Unidos, que como otros 30 países ( entre ellos México ), ha autorizado su uso en noviembre de 1993, pero su uso está prohibido en muchos países europeos ( que han aplazado su uso hasta el año 2000 ), Australia y Nueva Zelanda. ( Fig. 12 ). Existen cada vez más pruebas de que puede comprometer tanto la salud de vacunos como de seres humanos. Pero el intenso trabajo de cabildeo de las compañías de productos químicos ( Monsanto, Upjohn, Eli Lilly y American Cyanamid ) ha ayudado a asegurar su uso generalizado en Estados Unidos y Gran Bretaña. ( 6, 19, 47, 60 ).

Grupos de pequeños productores ( promedio de 50 vacas ) principalmente de los estados del norte de los Estados Unidos presionaron a los congresos estatales para estatales para establecer moratorias a la STB por el medio que tenían a una sobreproducción que presionara a la baja los precios de leche y eventualmente los hiciera quebrar. El mismo Departamento de Agricultura de los Estados Unidos establecieron que el impacto en la producción de la leche sería de un 2 a un 4%. Los estados del Oeste y Suroeste de los Estados Unidos ( con hatos grandes, promedio de 350 vacas ) han estado creciendo en una mayor proporción inclusive durante la época del "Buyout" o liquidación de hatos en 1988. En estos estados como el de

Fig. 12 PROGRAMA DE LA LACTOTROPINA



California, Arizona, Washington, Nuevo México y Texas están esperando impacientemente que el producto sea aprobado por el FDA "Food and Drug Administration", el organismo que se encarga de aprobar el uso de drogas y medicamentos en los Estados Unidos. Por otra parte existen presiones de grupos "ecologistas", los mismos que atacan el uso de insecticidas, herbicidas y antibióticos que han ejercido presiones sobre las plantas industrializadoras de leche y quesos, con información falsa, mal fundamentada y ocasionando desconcierto entre los consumidores ( 6, 36 ).

Giesen, publicó en 1987 un artículo en donde calcula la utilidad de usar STB en establos lecheros comunes en los países bajos. Los resultados indican que, suponiendo precios y circunstancias de 1985, e ignorando costos de STB, su uso en establos comerciales pudiera incrementar los beneficios entre 160-300 DFL por vaca por año. Nacionalmente, sin cambios en el precio de la leche y una adopción de la hormona en un 28%, calculó el ingreso nacional alrededor de 120 millones DFL. El artículo concluye con un número de proyecciones hasta 1995 con y sin STB, y una discusión de resultados de análisis de sensibilidad y cuestiones relevantes en relación a la aplicación de STB en el futuro ( 29 ).

### **13. LA HORMONA DEL CRECIMIENTO EN EL SECTOR LECHERO MEXICANO.**

Dada la influencia tecnológica que Norteamérica ejerce sobre Latinoamérica, es necesario que los profesionales de agro y productores de leche se informen con una anticipación prudente acerca de la STB. Idealmente STB debería someterse a un ensayo científico local, avalado por las universidades latinoamericanas. Esto se fundamenta en que los sistemas de producción lechera en Norteamérica son totalmente distintos a los que se usan en Latinoamérica.

En general los productores norteamericanos tienen rebaños que se alimentan con base a raciones mixtas totales las cuales se administran en el establo donde los animales pasan la mayor parte del año. ( 35 ).

El pastoreo pasa a ser un complemento de la alimentación. Esto más el elevado patrimonio genético de los animales , les permite producir un promedio anual por vaca de 6000 Kg. de leche. A pesar de este alto nivel tecnológico, existen rebaños que, por estar bajo cierto nivel de calidad respecto al manejo reproductivo, alimentario y económico, no deberían recomendarse para el uso de STB.

En Latinoamérica, donde el pastoreo constituye la principal fuente de alimentación del ganado lechero, es muy difícil extrapolar los resultados de experiencias realizadas en Norteamérica ( 17 ).

Los ganaderos lecheros de México tiene la oportunidad de utilizar dos productos de somatotropina bovina (STB): "Optiflex" presentación inyectable cada 28 días de Elanco y "Lactotropina" para 14 días de Monsanto. Sin importar si la STB ha sido utilizada en vaquillas de primer parto o en vacas adultas, la STB ha incrementado la producción de leche en México. Cuando se proporciona a animales que han sido confirmado gestantes y están en buena condición corporal, se han observado incrementos de 4-6 kg./vaca/día. En los grupos de altas productoras se llegan a observar en el pico de lactancia incrementos de 7-9 kg./vaca/día. Las vacas adultas tienden a responder ligeramente mejor que las vaquillas. El consumo de alimento también aumentó entre un 4-7% lo que se traduce en 160 gr. más de materia seca por kilo adicional de leche producida.

La práctica general es tratar a las vacas cuando cumplen sus 100 días de lactancia. La STB tiene sus mejores efectos durante los 150-160 días. La condición corporal generalmente es la que indica cuando parar ( 2-6 semanas antes del secado ), pero no cuando se comienza este.

Las inyecciones se administran al momento de salir de la sala de ordeño y el sitio más común de inyección es a la izquierda o derecha de la inserción de la cola. El costo de STB en México es de \$0.50 Dls. ( 1993 ) por vaca por día. ( 10 ). Las vacas ordeñadas 3 veces al día reciben menos tratamiento que las que se ordeñan

dos veces al día . Vacas preñadas a mediados o a fines de la lactancia son las que más se tratan. Se suspende el tratamiento dos semanas antes de que se sequen. La condición de los animales se observa estrechamente, ajustándose el contenido de energía de las raciones de acuerdo a su condición. ( 13 ). Los temores de que si iba a afectar a la salud de los animales o iban a incrementar los problemas reproductivos han disminuido.

La historia mexicana de la STB es ciertamente interesante y no da mucho que pensar de como aceptar y utilizar la tecnología a nuestro favor. Un análisis del costo-beneficio del uso de la STB se debería de hacer para determinar si se podría utilizar para incrementar ganancias.( 11 ).

## CONCLUSIONES

Es un hecho la fuerte inversión que nuestro gobierno está realizando desde hace varios años en materia de importación de leche en polvo, que nos coloca en el nada envidiable puesto del primer país importador de este producto a nivel mundial.

La imperiosa necesidad de administrar con un enfoque mucho más productivo del que actualmente se maneja, la producción de empresas ganaderas productoras de leche en nuestro Estado.

A lo largo de las páginas anteriores se han examinado las expectativas que en la actualidad plantea la somatotropina como hormona que permite el desarrollo, más eficiente de las becerras, así como la influencia que esta hormona tiene en la productividad lechera por animal.

Las investigaciones actuales permiten afirmar que el uso de esta hormona a nivel mundial, garantiza de alguna manera las bondades descritas a lo largo de las páginas anteriores.

Sin embargo debe tenerse muy presente que solo aquellos productores que posean un ganado que se maneje dentro de un programa de nutrición bien diseñado en donde las dietas son nutricionalmente balanceadas, las vacas son alimentadas a



discreción y la condición corporal es bien dirigida. El incumplimiento de esto probablemente resultará en fracaso que la STB tenga un efecto positivo sobre un hato de vacas lecheras.

Las autoridades que han evaluado los argumentos en pro y en contra de la STB indican que son por lo menos tres son las áreas que preocupan: 1 ) Calidad de la leche y salud del público consumidor 2 ) Seguridad animal y , 3 ) Efectos desde el punto de vista económico y ambiental.

La reglamentación internacional en la materia, ha determinado hasta cierto punto la aceptación de la somatotropina como elemento regulador de la producción y el crecimiento animal.

Por sus características, es evidente que la somatotropina causa una verdadera conmoción en la industria lechera, en países como los Estados Unidos, en donde hay un exceso de producción, la innovación es vista con recelo, pero para las grandes poblaciones de los países en desarrollo con déficits alimentaria grave, el descubrimiento representa una esperanza muy alentadora.

La STB no es una cura milagrosa para los hatos con una producción deficiente, sino por el contrario es una herramienta provechosa para aquellos que hoy en día son eficientes y obtienen resultados

## LITERATURA CITADA

1. - Aguilar A. A.: Desarrollo de la ubre en vaquillas de reemplazo. Mex. Holst. 17 (20): 38-39 (1986).
2. - Aguilar A. A.: Somatotropina bovina en la producción de ganado lechero. CIGAL 1990. Mex. Holst. 21 (8): 15-20 (1990).
3. - Arnaiz C.: LAS " VACAS LOCAS ". Informe sobre la crisis planteada por la encefalopatía espongiforme bovina ( EEB ) que afecta al ganado británico, realizado por el Grupo de Trabajo de EEB del Instituto de Estudios de Consumo ( IEC ). Madrid, España. Junio de 1996.
4. - Avila G. J.: Problemas en el área lechera. Mex. Holst.8 (9): 27-29 (1990).-
5. - Bailey T.: Evaluación económica de la vaquilla de reemplazo (Parte 1). Mex. Holst. 28 ( 1 ) : 14-18 ( 1997).
6. - Balconi R.: La somatotropina porcina pros y cons Cerdos 1 (9): 6-9 (1990).
7. - Bauman D. E., Peel C. J., Steinhour W. D., Reynolds P. J., Tyrrel H. F., Brown A. C.G. and Haaland G. L.: Effect of bovine somatotropin on metabolism of lactating dairy cows: Influence on rates of irreversible loss and oxidation of glucose and monesterified fatty acids. Jour of Nutr. 118 (8):1031-1040 (1988).
8. - Bauman D. E.: Regulación de la utilización de nutrientes en vacas lecheras en producción: Información, Bol. de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. Uni. de Guadalajara, 10 y 11 (2): 48-58 (1983).
9. - Basurto K. V.: La ganadería en sacos. Mex. Holst. 22 (6): 41-43 (1991).
- 10.- Bakke M. J.: Lo que veo en México. Lech. lat.: 39-40 (1993).
- 11.- Bakke M. J.: ¿ Podrá subsistir el ganadero lechero mexicano ? Lech. Lat. febrero/marzo: 16 ( 1995 ).
- 12.- Bick P. H., Brown A. C. G., Marsden H., Tamura R. N. and Zwick C. M.:Antibody responses to recombinant bovine somatotropin in dairy cattle. Anim. Biotech. 1 (1) :61-71 (1990).
- 13.- Bird E. S.: STB. Sus resultados dependen de la forma en que se aplique. Lech. lat.:14-22 (1993)
- 14.- Bourges R. H., Morales L. J. :La leche y sus derivados en la dieta. Rev. La leche 1 (1) :28-35 (1991)
- 15.- Bouges R. H.: Editorial. Cuad. de Nutr. 20 ( 4 ) : 2-3 1997
- 16.- Britt H. J.: Impacto de la nutrición y el ambiente en la reproducción de altas productoras. Mex. Holst. 28 ( 5 ) : 8-13 ( 1997 )

- 17.- Burchard F. J., Block B. E.: Uso de la somatotropina (STB) en la vaca lechera. Mex. Holst. 22 (1) :31-38 (1991).
- 18.- Burnside E. B.: Impacto de la somatotropina y otros productos bioquímicos sobre resúmenes de sementales e índice de vacas. J. Dairy. Sci. 70 (11) :2444-2449 (1987).
- 19.- Carpeta para el personal técnico del proyecto de mejoramiento genético PRONASOL-LICONSA. 3 LICONSA, México D.F. 1989.
- 20.- Coperias M. E.: Los pecados de la carne; Un producto hormonal en la leche siembra discordia. Rev. Muy Interesante XIII ( 12) : 54 ( 1996 )
- 21.- De Alba J.: Reproducción animal. Editorial La Prensa Medica Mexicana S.A. :199-201, México D. F. 1985.
- 22.- De la Fuente G.: Frenos a la producción de lácteos. Rev. La Leche 1 (1) :26-27 (1991).
- 23.- De la Lanza H.: Las deficiencias nos obligan a depender del exterior. Mex. Holst. 10 (24) :17-20 (1993).
- 24.- Eppard P. J., Bauman D.E., Curtis C.R., Erb H. N., Lanza G. H. and Degeeter N.J. :Efectos de un tratamiento por un periodo de 188 días con somatotropina, sobre la salud y funcionamiento reproductivo de vacas lecheras en producción. J Dairy. Sci. 70 (3) :582-591 (1987).
- 25.- Fournier A.: Un système d'évaluation de la condition de chair des bovins laitiers. Le prod. de lait Quebec 11 (2) : 24 (1990).
- 26.- Fraga M. J. and Blas D. D.: Use of somatotropin in dairy cattle. Rev Esp. de Lech. 11 :49-50, 52-54, 57-58, 60 (1989).
- 27.- Frickle M. P., Guenther N. J. y Wiltbank C. M. : Reduzca el costo de su programa Ovsynch. Hoard's Dairy 6 (3): 191 - 193 (1999)
- 28.- Funk D.: Impacto de STB en evaluaciones genéticas. Lech. Lat. Noviembre/Diciembre :36 - 39 (1994)
- 29.- Giesen G. W. J., Oskam A. J., Berensten P. B. M.: Efectos esperados de STB en los países bajos. Tijds. Voor Soc. Wetens. Onde. Van. de Land. 2 (3) :165-188 (1987).
- 30.- Gutiérrez A. J.: Implicaciones nutricionales por la inyección de somatotropina a vacas en producción. Notas cortas. Mex. Holst. 19 (10) :39 (1994).
- 31.- Gutiérrez A. J.: Como obtener los mejores resultados reproductivos. Lech. Lat. 1 (2) :42 (1989).
- 32.- Hernández L. H.: Evolución y situación actual de los programas sociales de LICONSA. Memoria del seminario interno de actualización sobre la producción, procesamiento, comercialización y consumo de leche en México. Editado por LICONSA. 55. LICONSA, México D. F. 1987.

- 33.- Hutjens F. M.: Las novedades en investigación en nutrición, intervalo entre partos con STB. Hoard's Dairy 5 ( 1 ) :56 ( 1998 ).
- 34.- Jenny B. F., Moore M., Tingle R. B., Ellers J. E., Grimes L. W. and Rock D. W.: Effect of a sustained release somatotropin on lactation performance of dairy cattle. J. Dairy. Sci. 72 (suppl. 1) :431 (1989).
- 35.- Johannsen M. L.: ¿Estamos preparados para la somatotropina ?. Lech. Lat. 1 (2) :46-50 (1989).
- 36.- Johannsen M. L.: SSA aprueba el uso de STB. Mex. Holst. 21 (12) :7 (1990).
- 37.- Johannsen M. L.: STB y su efecto sobre la calidad de la leche. Lech. Lat. 2 (2) :58 (1990).
- 38.- Johannsen M. L.: Se realizan investigaciones con STB en vaquillas, así como en composición de la leche. Mex. Holst. 22 (4) :26 (1991).
- 39.- Johnson D. H., De dios V. O. y Santos L. J. L.: Somatotropina en producción de leche. Sint. Lech. 4 (11) :20-22 (1989).
- 40.- Judge S.: Is milk from BST treated cows really safe to drink. Vermont Milk Producer Inc. 1997.
- 41.- Linn G. J.: Nutrición de la vaquilla en crecimiento. Mex. Holst 28 ( 5 ) : ( 14, 16,17, 20 ) (1997 ).
- 42.- Loyo B. J. L.: El consumo de la leche fresca y las plantas pasteurizadoras. Memoria del seminario interno de actualización sobre la producción, procesamiento, comercialización y consumo de leche en México. Editado por LICONSA 79-80. LICONSA, México D. F. 1987.
- 43.- Loyo B. J. L.: La producción nacional de leche y el programa de fomento lechero. Memoria del seminario interno de actualización sobre la producción, procesamiento, comercialización y consumo de leche en México. Editado por LICONSA 10-13. LICONSA, México D. F. 1987.
- 44.- Luz C. D.: Evaluación de la fertilidad en vacas tratadas con seis diferentes tipos de antibióticos en endometritis crónica, diagnosticada al momento del servicio. Tesis de licenciatura. Fac. de Est. Sup. Cuautitlán, Uni. Nac. Aut. de México, Cuatitlán Izcalli. 1991.
- 45.- Martínez A. A.: Somatotropina porcina. Avan. en Med. Vet. III (4) : 194-206 (1987).
- 46.- Martínez A. A.: Somatotropina bovina, la hormona del siglo XXI. Avan. en Med. Vet. II (6) :237-246 ( 1987 ).
- 47.- Martínez A. A. Editor.:Libreta de apuntes. Noticiero somatotropinico. Hoard's Dairy 1 (7) :609 ( 1995 ).
- 48.- Martínez A. A. Editor.: Se esta produciendo mas leche orgánica. Hoard's Dairy 4 ( 10 ) :592 ( 1997 ).

- 49.- Martínez A. A. Editor.: El tratamiento con somatotropina no tuvo efectos sobre la mastitis clínica. Hoard's Dairy 5 ( 2 ) :74 ( 1998 ).
- 50.- Martínez A. A. Editor.: La somatotropina tuvo poco efecto en el rendimiento reproductivo de los hatos. Hoard's Dairy 6 ( 2 ) : 79 ( 1999 ).
- 51.- Martínez A. A. Editor.: La industria lechera en México: ENGALEC 99. ¿ Excedentes de leche no estacional ?.: Hoard's Dairy 6 ( 4 ) . : 218 - 220 ( 1999 ).
- 52.- McBride B. W., Burton J. L.. and Burton J. H.: Influencia de la hormona del crecimiento bovina sobre animales y sus productos. Reser. and Develop. in Agri. 5 (1) :1-64 (1988).
- 53.- McDonald L. E.: Endocrinología veterinaria y reproducción. Glándula hipófisis. 18-31. Editorial Interamericana-Mc graw-Hill, México, 1991.
- 54.- Medina C. M.: Medicina productiva en la crianza de becerras lecheras. Crecimiento. Editorial Limusa :209 - 221, México D. F. 1994.
- 55.- Medina C. M., Hernandez C. J.: Factores a considerar para mejorar la eficiencia reproductiva en la vaca lechera. Mex. Holst. 28 ( 9 ) :7-12 ( 1997 ).
- 56.- Niles D.: Manejo de vacas tratadas con somatotropina bovina. Mex. Holst. 26 (8) :7-10 (1995).
- 57.- Nocek J.: En el momento de la alimentación, no pueden existir errores cuando se usa la BST. Lech. Lat. 3er cuarto. : 24, 56 ( 1999 ).
- 58.- Oldenbroek J. K. and Garsen G. J.: Effect of bovine somatotropin on milk production and metabolism of dairy cows during three successive years in trials at the dutch cattle breeding research institute. Tijds. voor Diergene. 115 (13) :613-624 (1990).
- 59.- Parker R.: Desarrolle vaquillas de reemplazo con excelente nutrición y manejo. Mex. Holst. 27 ( 12 ) . :26 ( 1996 ).
- 60.- Perera J.: Vacas locas y hormonas, parte del mismo problema. Red del tercer mundo. Montevideo Uruguay, 1998
- 61.- Pérez D. M.: Manual sobre ganado productor de leche. Editado por Marcelo Pérez Domínguez. 337, 339. Diana, México D. F. 1991.
- 62.- Politis Y., Block E.and Turner J. D.: Effect of somatotropin on teh plasminogen and plasmin system in the mammary gland; Prosed mechanism of action for somatotropin on the mammary gland. J. Dairy. Sci. 73 (6) :1494-1499 (1990).
- 63.- Prieto V.: Hormona no promueve mastitis. Sucesos. Agric. de las Amer. 6 (43) :29 (1994).
- 64.- Romano M. J. L.: Actualización en la crianza de terneras y vaquillas en los sistemas modernos de producción lechera. Memorias conferencia escuela de producción AFIA AGRO 98. Editado por Consejo Agropecuario de Jalisco, Guadalajara Jalisco, 1998

- 65.- Schmidt.: Bases científicas de la producción lechera. 15-22. Editorial Acríbia, España. 1975.
- 66.- Serratos A. J. C.: Aspectos Socioeconómicos de la Producción Lechera en México. Trabajo de maestría en producción de bovinos leche. Fac. de Med. Vet. y Zoot., Uni. de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 1986.
- 67.- Shimada A.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Editado por Consultores en Producción Animal S. C. 18. México D. F. 1984.
- 68.- Staples C. R., Head H. H. and Bachman K. C.: Milk response and nutritional management of cows treated with bovine somatotropin. Dairy. Sci. Dep. Uni. of Florida, Gainesville, U.S.A. 1990.
- 69.- Stevenson J.: Inseminación artificial. Hoard's Dairy 4 ( 10 ) :673 ( 1997 )
- 70.- Sumano L. H., Hernandez Z. P., Ocampo C. L. y Caballero Ch. S.: Aspectos farmacológicos del uso de los promotores del crecimiento en bovinos, Farmacología Clínica en Bovinos. Editorial Trillas. ( 218 - 220 ) México D.F. 1996.
- 71.- Swan H.: Fisiología de la lactancia y reproducción. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. AGT Editor, S. A. 50. México D.F. 1983.
- 72.- Trueta S. R., Pompa F. J. M.: Microeconomía. La ganadería bovina de leche. Texto de complementación académica. Editado por División del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma De México. 13, 14, 16. UNAM, Ciudad Universitaria, D. F. 1996.
- 73.- Tyrrel H. F., Brown A. C. G., Reynolds P. J., Haaland G. L., Bauman D. E., Peel C. J. and Steinhour W. D.: Effect of bovine somatotropin on metabolism of lactating dairy cows: Energy and nitrogen utilization as determined by respiration calorimetry. J. of Nutri. 118 (8) :1024-1030 (1988).
- 74.- Wolter R.: Bovine somatotropin its use in dairy farming. General properties of somatotropin. Recu. de Med. Vet. 165 (5) :423-432 (1989).
- 75.- Wolter W., Kloppert B. y Zschöck M.: La mastitis de los bovinos. Memorias curso México - Alemania. Mastitis en Bovinos. Editado por Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Salud Pública. Centro de Estudios en Zoonosis y Epidemiología. 13 Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jalisco 1999.