



**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

MEMORIA TÉCNICA

**“INFLUENCIA DE LA HORMONA DEL CRECIMIENTO (SOMATOTROPINA) EN
LA PRODUCCIÓN DE LECHE DEL GANADO BOVINO”**

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR:

Mario Elías Urgilés Merino.

TRIBUNAL:

DIRECTOR:Ing. M.C.Edgar Washington Hernández Cevallos.

ASESOR:Ing. M.C.Guido Fabián Arévalo Azanza.

Riobamba – Ecuador

2011

Esta memoria técnica fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. Vicente Rafael Oleas Gáleas.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Edgar Washington Hernández Cevallos.

DIRECTOR

Ing. M.C. Guido Fabián Arévalo Azanza.

ASESOR

Riobamba, 24 de Abril del 2012.

AGRADECIMIENTO

PRIMERO QUIERO AGRADECER AL PADRE CELESTIAL POR HABERME BRINDADO LA OPORTUNIDAD DE PODER ESTUDIAR GUIÁNDOME EN MI VIDA SIEMPRE, LLENÁNDOME DE ALEGRÍA Y GOZO.

EL PRESENTE TRABAJO ES UN ESFUERZO DONDE HUBO LA PARTICIPACIÓN DE VARIAS PERSONAS EN LA CUAL DIRECTA O INDIRECTAMENTE COLABORARON LEYENDO, OPINANDO, CORRIENDO, DANDO ÁNIMO, ACOMPAÑANDO EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES Y EN LOS DE FELICIDAD.

A LA ECUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, A MI QUERIDA FACULTAD DE CIENCIAS Y PECUARIAS Y MI ESCUELA DE INGENIERÍA EN ZOOTÉCNIA POR ABRIRME LAS PUERTAS Y DARME LA OPORTUNIDAD DE FORMARME ACADÉMICAMENTE.

A MI FAMILIA Y MI ENAMORADA QUIENES CUIDARON DE MÍ EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES Y ME DIERON SU VOZ DE APOYO.

A MIS QUERIDOS AMIGOS FRANKLIN PAUCAR, JOSÉ MELENDRES, JENNY NINABANDA, ANGELA CARRASCO, QUE ME PERMITIERON ENTRAR EN SUS VIDAS E HICIERON DE LA TRAYECTORIA UNIVERSITARIA UNA EXPERIENCIA AGRADABLE.

MARIO URGILÉS.

DEDICATORIA

A MI PADRE CELESTIAL Y AL SEÑOR JESÚS POR DARME FORTALEZA, FE, SALUD Y POR SER MI GUÍA INCONDICIONAL PARA TERMINAR ESTE TRABAJO.

A MIS PADRES ELIAS Y MARIA, QUIENES ME HAN DADO LOS VALORES PRINCIPALES COMO: EL RESPETO, RESPONSABILIDAD, HONRADEZ ENTRE OTRO ENSEÑÁNDOME A LUCHAR PARA ALCANZAR MIS METAS; Y AHORA MI TRIUNFO ES DE USTEDES; LOS AMO MUCHO!!!

A MI HERMANAS BELÉN Y LORENA QUIENES DE UNA U OTRO FORMA SIEMPRE ESTÁN DÁNDOME ANIMO Y FUERZAS PARA SEGUIR ADELANTE.

A MI HERMOSA HENAMORADA PATTY LOPEZ QUIEN ME BRINDÓ SU AMOR, CARIÑO Y APOYO INCONDICIONAL; SU COMPRENSIÓN Y SU PACIENCIA DESDE EL DÍA EN QUE DECIDIMOS TOMANOS DE LA MANO Y CAMINAR JUNTOS. TE AMO CON TODO MI CORAZÓN

A TODAS LAS PERSONAS IMPORTANTES EN MI VIDA, QUIENES ME APOYARON CON GESTOS DE CARIÑO Y FORTALEZA.

MARIO URGILÉS.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION DE LITERATURA</u>	2
A. HORMONA	2
1. <u>Definición</u>	2
B. HORMONA DEL CRECIMIENTO - SOMATOTROPINA	2
1. <u>Generalidades</u>	2
2. <u>Reseña histórica</u>	3
a. Transporte y Vida Media en Circulación	5
b. Acciones Indirectas Sobre el Crecimiento y Desarrollo	6
(1) Acción de las Somatomedinas	6
c. Funciones Directas e Indirectas de la GH	7
C. SOMATOTROPINA RECOMBINANTE	9
1. <u>Generalidades</u>	9
2. <u>Producción de la Somatotropina Recombinante</u>	10
3. <u>La Somatotropina y la producción lechera</u>	11
4. <u>Consideraciones para el uso de la Somatotropina Recombinante</u>	13
5. <u>Suministración de Somatotropina Recombinante</u>	16
a. Fórmula	16
b. Indicaciones	16
c. Dosis y vías de administración	16
6. <u>Beneficios Económicos</u>	17
7. <u>Ventajas de la Somatotropina Recombinante</u>	17
8. <u>Desventajas de la Somatotropina Recombinante</u>	18
9. <u>Efectos Medioambientales del uso de la Somatotropina Bovina en la producción</u>	18
10. <u>Seguridad para el Humano</u>	19
11. <u>Seguridad para las Vacas</u>	20
12. <u>Investigaciones sobre uso de la Somatotropina Recombinante</u>	20

III. <u>DISCUSIÓN</u>	31
IV. <u>CONCLUSIONES</u>	34
V. <u>RECOMENDACIONES</u>	36
VI. <u>LITERATURA CITADA</u>	37

RESUMEN

La presente investigación hace referencia principalmente al estudio de la hormona de crecimiento bovina recombinante detallando sus generalidades, y haciendo énfasis en el incremento de la producción de leche.

Los objetivos planteados son determinar los mecanismos de acción de la somatotropina para la producción de leche en el ganado bovino así como obtener conocimiento sobre el efecto de la somatotropina y establecer las ventajas y desventajas de la utilización de la misma. Ya que en nuestro país existe una gran cantidad de bovinos ineficientes en la producción que consumen cuantiosos volúmenes de forraje y por ende ocasionan erosión a nuestros suelos y bajos ingresos a nuestros productores haciendo esta actividad no sostenible.

Al utilizar la somatotropina los estudios refleja que efectivamente se incrementa la producción de leche en forma significativa, pero de la misma manera incrementa las exigencias alimenticias, lo que requiere que tanto el productor como técnicos del área tenga una mayor especialización en temas como nutrición animal, establecimiento de forrajes y manejo sanitario. Pero se debe tomar en cuenta los efectos que pueden causar a los consumidores haciendo énfasis en la población más vulnerable.

Finalmente se recomienda realizar estudios técnicos que nos permitan obtener información científica de los efectos de la somatotropina en el humano y en los animales para determinar si son benéficos o perjudiciales. Dichos estudios se los deberá realizar conjuntamente con un análisis de residualidad de antibióticos para establecer el verdadero causante de las enfermedades en el hombre.

ABSTRACT

Abstract

The present research is a recombinant bovine growth hormone study detailing generalizations focusing in the milk production increasing.

The objectives of the present paper are: To determine the action processes of the somatotropin for the milk production in the cattle as well as to know about the somatotropin hormone effect and to establish the pros and cons in the hormone use. Due to in our country there is a large amount of inefficient bovines in the production that consume a considerable **fodder** volume therefore cause erosion to our soil and low incomes to our producers becoming an non-sustainable activity.

Using the somatotropin hormone the studies reflect on one hand, the milk production really increase considerably, on the other hand the food requirements increase as well, both the producer and the technicians in the area have a high degree of specialization in the subject such as animal nutrition, fodder establishments, sanitary management. But also to take into account the effects that could cause to the consumers focusing in the morevulnerable population.

Finally it is recommended to carry out technical studies to get scientific information about somatotropin hormone effects both human being and the animáis in order to determine if it is beneficial or perjudicial for the health. Those studies should be carry out together with a residuality analysis of antibiotics for establishing the true responsible of human diseases.

Key words: bovine, growth, hormone, milk, production.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	MEDIAS DE LOS EFECTOS PRINCIPALES DE ESTUDIO.	22
2.	MEDIAS DE LOS EFECTOS PRINCIPALES DE ESTUDIO.	22
3.	PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO PARA AMBOS TRATAMIENTOS DURANTE EL ESTUDIO.	24
4.	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®) LA SOBRE PRODUCCIÓN DE LECHE Y NUTRIENTES LÁCTEOS EN VACAS MULTÍPARAS DURANTE 32 SEMANAS.	26
5.	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®) DURANTE 22 SEMANAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS DE 2 Y MÁS PARTOS.	27
6.	PROMEDIO, ERROR ESTÁNDAR, INTERVALO DE CONFIANZA Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS NO TRATADAS (GC) Y TRATADAS CON STBR (GT) DURANTE 12 SEMANAS DE LACTANCIA.	30

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	FUNCIONES Y RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA EN LA REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN DE LA SOMATOTROPINA (STH, GH).	8
2.	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN DE BST RECOMBINANTE.	11
3.	RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®) CADA 14 DÍAS DURANTE 32 SEMANAS DE TRATAMIENTO EN VACAS DE DOS O MÁS PARTOS (L/DÍA).	25
4.	EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®) DURANTE 22 SEMANAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS DE 2 Y MÁS PARTO.	27

I. INTRODUCCION

La producción lechera nacional es uno de los sectores que presentan un mayor grado de inestabilidad, mostrando épocas de sobreproducción y otras de escasez; pero en los últimos años se ha dado un estiaje debido a la falta de alimento por causas ambientales dando como resultado producciones muy baja es así que según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el país existe un promedio de producción diario por vaca para la región sierra de 6,21 litros, la región costa 2,97 litros y la región oriental 4,15 litros; lo cual refleja que los propietarios de dichas reses no están preparados ni tienen el conocimiento necesario para afrontar dichos problemas.

Para incrementar los niveles de producción lechera se pueden utilizar nuevas tecnologías como es la hormona del crecimiento recombinante bovino(STb), el cual tiene resultados positivos siempre y cuando se le suministre la alimentación adecuada a los animales; la misma que bien utilizada posiblemente haga de la ganadería una actividad eficiente y económicamente rentable.

Una de las principales limitantes para su utilización es la poca o nula información científica que se ha generado en el país; además de que el producto es limitado y no se lo encuentra comúnmente en las farmacias veterinarias.

El estudio estará orientado a los ganaderos los mismo que al conocer sus ventajas y desventajas estarán en la capacidad de realizar la aplicación o no del producto además se creara una temática de investigación para las universidades mientras que la sociedad podrá saber si debe o no consumir la leche de animales tratados con este producto.

II. REVISION DE LITERATURA

A. HORMONA

1. Definición

Urroz, C. (2007), nos indica que las hormonas son sustancias químicas secretadas por las glándulas endócrinas o de secreción interna al torrente circulatorio, que las transporta a través de todo el organismo animal. De esta manera, llegan a ciertos sitios específicos (órganos, tejidos o sistemas) en los cuales producen un efecto que se traduce como una modificación de tipo funcional presentan la particularidad de que solamente ejercen su acción sobre estos sitios siendo incapaces de alterar otras zonas del organismo.

B. HORMONA DEL CRECIMIENTO - SOMATOTROPINA

1. Generalidades

Gallardo, H. et al (2003), nos indican que la hormona de crecimiento (GH) o somatotropinas (ST) representa una familia de proteínas producidas en los somatotrópos de la hipófisis anterior.

Sumano, H. (2006), nos indica que la somatotropina bovina es una hormona polipeptídica proveniente de las células acidófilas o somatotrópicas y está formada por 191 aminoácidos. Su fórmula condensada es $C_{976} H_{1533} N_{265} O_{286} S_8$; $C_{987} H_{1550} N_{268} O_{291} S_9$; $C_{978} H_{1537} N_{265} O_{286} S_9$; $C_{1020} H_{1596} N_{274} O_{302} S_9$. Es un promotor del crecimiento y galactopoyético.

Raymond, R. (2009), nos indica que la somatotropina (ST), también conocida como hormona del crecimiento, es una hormona proteica natural producida por la glándula pituitaria. En vacas lecheras en lactación, la somatotropina bovina (STb), es un regulador mayor de la producción de leche; hace esto al coordinar el metabolismo de los tejidos corporales de manera que más nutrientes se usen en

la síntesis de leche. De hecho, una característica de las vacas altas productoras sanas es una mayor secreción pituitaria de somatotropina.

2. Reseña histórica

García, A. et al. (1995), nos indica que esta hormona es necesaria para el crecimiento, lo que ha condicionado su nombre y su descubrimiento. Los primeros datos que se hacen pensar en la existencia de la GH aparecen en el año de 1912 al encontrarse un factor hipofisario relacionado con el crecimiento corporal; en 1921 se estimula el crecimiento en ratas con extracto hipofisario bovino pero la secuencia aminoácidica total de la GH no fue conocida hasta comienzos de los años 70 por Li y Cols.

Caiza, F. (2007), indica que la hormona de crecimiento denominada también hormona somatotropa (STH), se sabe casi desde principios de siglo que, actúa sobre el desarrollo de los tejidos (Evan and Longs 1921), y sobre la secreción láctea (Striker and Gruter, 1928).

Las propiedades de promotor del crecimiento de la hormona del crecimiento (HC), ó Somatotropina (ST), han sido conocidas por más de 50 años. Posteriormente, después de su aislamiento se conoció también su efecto galactopoyético en rumiantes. Con el desarrollo de la tecnología de recombinación del DNA en los años 1980s se incrementó el interés en el desarrollo de la somatotropina bovina (bST), como un estimulante en la producción de leche en vacas lecheras (Breier, R. y Gluckman, N. 1991).

Los experimentos con la HC se iniciaron desde los años 30, cuando se utilizaron extractos de pituitarias totales de bovino. Estos experimentos se realizaron en vacas lecheras. La aplicación se realizaba tres veces por semana y se obtuvieron incrementos en la producción lechera de 18%. Se observó, una disminución en la ingestión del alimento en un 29% por kg de leche producida (Fuentes, 1992). Esto concuerda con Asimar, (1937); Krouze, (1937). citados por Jeanne et al., (1994) que manifiestan que el efecto galactopoyético (estímulo de la producción de leche), de la HC exógena utilizada en vacas lecheras fue descubierto hace más

de 50 años, cuando científicos rusos demostraron que extracto crudo de glándula pituitaria inyectado incrementó la producción de leche (Asimar, M. 1937; Krouze, A). 1937; citados por Jeanne, L. et al.(1994).

En otros estudios Bauman, D. et al. (1985; Citados por Jeanne, 1994), demostraron un incremento en la producción de leche en vacas tratadas con varias dosis diarias, 13.5, 27 y 40.5 mg por vaca, de hormona del crecimiento recombinante (rbHC). Aunque no se menciona a partir de que nivel aumenta la producción, se reporta un incremento de 23 a 41% y de 16% con 40.5 y 27 mg de rbHC respectivamente.

Gallardo, H. et al. (2003), nos indican que la importancia económica que representan fue la motivación inicial para tratar de aislarlas, purificarlas y ensayar su actividad biológica en 1944. La GH bovina fue la primera GH purificada a partir de la hipófisis y, a pesar de que los resultados fueron alargadores, la limitación fuente natural freno su desarrollo comercial. Sin embargo, la idea se retomó con el surgimiento de la tecnología del DNA recombinante en los años 70 del siglo pasado. Como consecuencia de ello, los primeros esfuerzos para clonar genes de GH estuvieron precisamente centrados en las somatotropinas de interés económico: el humano o HGH en 1979 y la bovina o BGH en 1980.

3. Composición Química

García, A. et al. (1995), nos dice que la GH es una proteína formada por 190 aminoácidos dependiendo de cada especie, y aparece en un amplio rango de vertebrados. Su estructura es la de una proteína compleja con un peso molecular de aproximadamente 22.000 para la mayoría de las especies. La GH humana, en concreto tiene un peso molecular de 22.650 y 190 aminoácidos, la GH canina es la de mayor número de aminoácidos, 194 a 196, mientras que en los bovinos tiene 191 aminoácidos, la GH de menor tamaño es la de la rata con 178 residuos aminoácidos.

Las diferencias entre especies de la secuencia de GH son considerables en algunos casos, por lo que se puede decir que posee especificidad de especie, si bien la rata responde a la mayoría de ellos excepto a la de los peces.

La molécula completa de proteína no es necesaria para la actividad de la GH; se han encontrado fragmentos de 38 a 48 aminoácidos que son activos y que no presentan especificidad de especie.

4. Acción fisiológica de la Somatotropina

La hormona del crecimiento directamente o a través de los IGF producidos principalmente en el hígado, ocupa un lugar relevante en el metabolismo animal. La elevación de los niveles de GH puede producir aumentos en índice de crecimiento muscular del cuerpo o en la producción de leche y/o de lana a través de la combinación de diversos factores metabólicos; así se ha visto que la GH bien sea directa o indirectamente, estimula los procesos anabólicos, como la división celular, el crecimiento del esqueleto y la síntesis de proteínas (actividad diabetógena).

La somatotropina incrementa tanto el tejido óseo como los tejidos blandos del cuerpo. Los efectos anabolizantes de la GH ocurren en tejidos tan variados como el hueso, cartílagos, músculo, hígado y una serie de vísceras (corazón pulmones, riñones, intestino), y glándulas (páncreas, glándulas suprarrenales...). Sólo el crecimiento del sistema nervioso central y el de otros pocos tejidos parecen ser independientes de la GH. Es una hormona que, además de ser necesaria para el crecimiento normal, tiene acciones anabólicas, lipolíticas, y diabetógenas.

a. Transporte y Vida Media en Circulación

Ramirez, L. (2007), nos indica que la hormona de crecimiento es secretada al medio interno, pasa a la sangre y es transmitida unida a una proteína plasmática transportadora, unión para el transporte que activa la hormona, regula los niveles circulantes de hormona libre activa, sirve de depósito, repone las demandas inmediata y protege y retrasa su eliminación del plasma. La GH libre tiene una

vida media en sangre de 6 a 20 minutos, se une específicamente a receptores ubicados en la membrana celular y, por el mecanismo del AMP cíclico desencadena las funciones celulares respectivas en tanto que, la somatomedinas tienen una vida media de 20 horas.

b. Acciones Indirectas Sobre el Crecimiento y Desarrollo

Ramirez, L. (2007), nos indica que la acción indirecta de la STH sobre el crecimiento, la realiza estimulando la secreción y liberación por el hígado de polipéptidos, factores de crecimiento, denominados somatomedina C y somatomedina A.

(1) Acción de las Somatomedinas

Romero, E. (1998), nos indica que la hormona del crecimiento ejerce gran parte de su efecto a través de sustancias intermedias denominadas "somatomedinas" que son factores de crecimiento tipo insulínico. Estos factores son producidos en mayor grado en el hígado y en menor grado en mamas y gónadas.

Se han aislado al menos cuatro somatomedinas, pero la más importante, con gran diferencia, es la somatomedina C, también denominada Factor de Crecimiento de Tipo Insulínico I (IGF-I) (Hadley, M. 1996).

La hormona del crecimiento se une débilmente a las proteínas plasmáticas. Por lo tanto se libera rápidamente de la sangre a los tejidos con una vida media en sangre de 20 minutos. Por el contrario, la somatomedina C se une estrechamente a una proteína portadora en la sangre que al igual que la somatomedina C, se produce en respuesta a la HC. En consecuencia la somatomedina C se libera lentamente de la sangre a los tejidos, con una vida media en sangre de 20 horas (Guyton, J. 1997).

c. Funciones Directas e Indirectas de la GH

La GH ejerce su acción directa sobre aquellas células del organismo dotadas de receptores que puedan captar su mensaje y desencadenar la respuesta, afectando así el metabolismo de las proteínas, lípidos, hidratos de carbono y otras funciones y, ejerce su acción en forma indirecta estimulando la secreción por el hígado de sustancias intermediarias denominadas somatomedinas.

El crecimiento intrauterino es independiente de la GH fetal, después del nacimiento la STH estimula la condrogénesis y la osteogénesis en los huesos largos, incrementa el número y tamaño de las células de las sustancias estas también llamadas factores de crecimiento semejantes a la insulina I y II (IGF-I e IGFII), respectivamente los cuales, circulan en la sangre unidos a proteínas plasmáticas (IGF-BP), y se les reconocen las siguientes acciones:

- Estimulan la condrogénesis a nivel de la placa de crecimiento en el hueso largo y en la superficie de los huesos planos.
- Deposita proteínas en el hueso (células condrocíticas y osteogénicas)
- Estimula la multiplicación de las células óseas
- Transforma condrocitos en células osteogénicas

En los huesos largos, estimula la placa cartilaginosa de crecimiento hasta lograr la completa fusión y osificación de la epífisis y diáfisis del hueso en la edad adulta.

En los huesos planos, promueve la acción combinada sobre la superficie y cavidades de los osteoblastos que forman hueso y los osteoclastos que eliminan el hueso viejo; el resultado es el crecimiento en grosor del hueso.

Esta acción de la GH sobre los huesos planos se mantiene durante toda la vida. Infusiones de GH sobre la placa cartilaginosa del hueso largo de animales jóvenes, inducen a pensar sobre una acción directa de la hormona sobre el hueso, como podemos observar en el grafico 1.

- Estimula el crecimiento y desarrollo de la glándula mamaria, la secreción de leche por el alvéolo y la galactopoyesis al distribuir nutrientes disponibles en otros tejidos hacia la glándula mamaria.

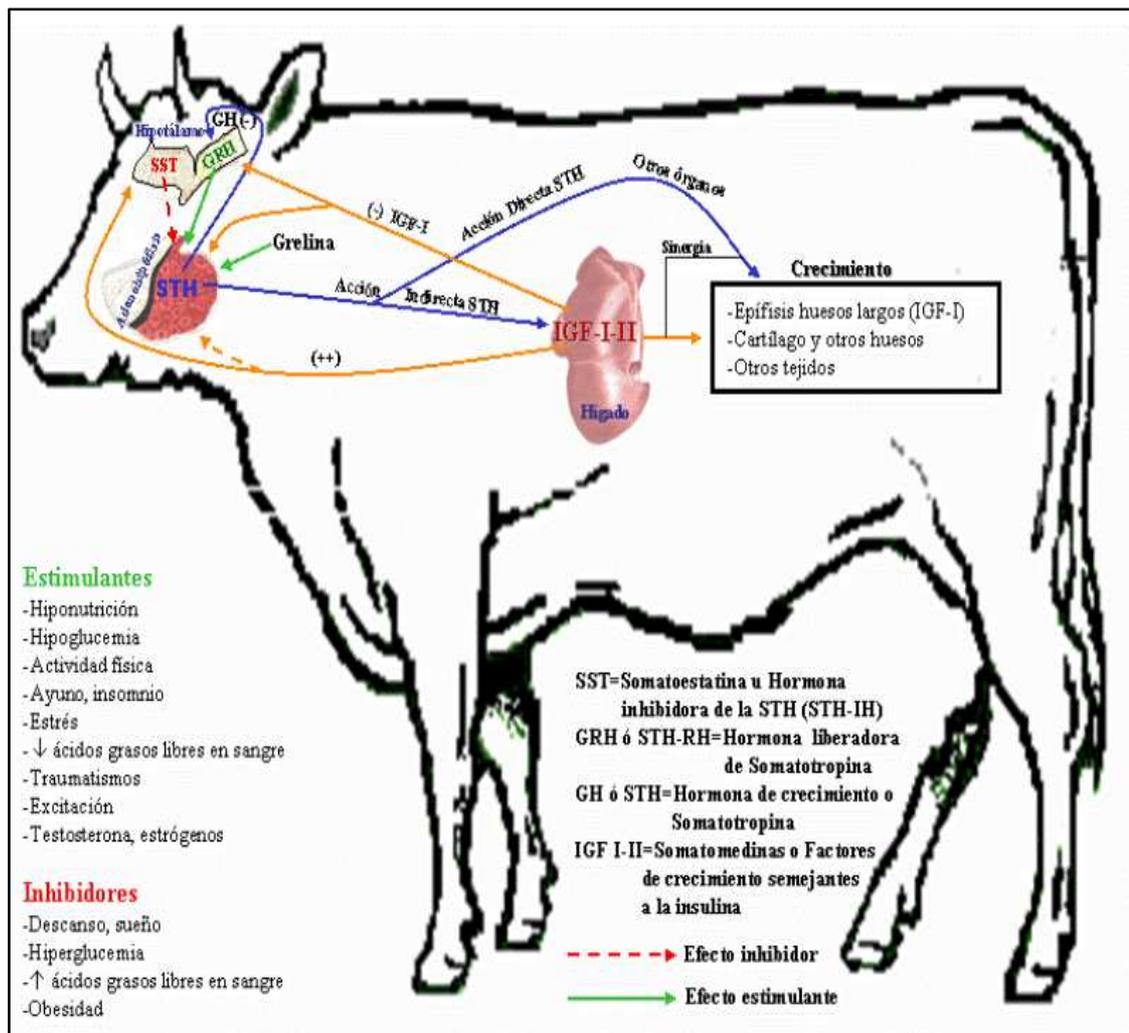


Gráfico 1. Funciones y retroalimentación Negativa en la regulación de la secreción de la somatotropina (STH, GH).

Fuente: Ramírez. L. Mundo Pecuario. (2007).

C. SOMATOTROPINA RECOMBINANTE

1. Generalidades

Kingsnorth, P. (1998), nos indica La Hormona Recombinante de Crecimiento Bovino (rBGH, según las siglas en inglés, también conocida como Bovine Somatotropin, o BST), es una copia obtenida por ingeniería genética, de una hormona que producen naturalmente las vacas. La rBGH está ideada para que las vacas produzcan más leche de la que producirían naturalmente. Funciona alterando la expresión del gen de los transportadores de glucosa de la glándula mamaria, músculo y grasa de la vaca. El gen facilita el trasvase de glucosa a la glándula mamaria, lo que hace que produzca más leche.

Raymond, R. (2009), nos indica que La tecnología del ADN recombinante permite la producción de somatotropina en cantidades comerciales. Conocida como somatotropina bovina recombinante (STbr), es un equivalente biológico a la somatotropina natural derivada de la pituitaria, y la administración de STbr mejora, de manera marcada, la productividad de las vacas lecheras en lactación. La STbr se produce, usualmente, alrededor del día 60 del ciclo de lactación de la vaca cuando es normal que la producción de leche comience a disminuir. La administración de STbr prolonga un nivel de producción elevado y es, por lo tanto, una herramienta de manejo para los productores lecheros, que hace que las vacas produzcan leche como las vacas más productivas del establo lo hacen.

Villa, A. (2003), nos indica que la Somatotropina bovina recombinante (STBr), es una hormona obtenida *in vitro* por recombinación genética, que es muy similar a la sintetizada en la adenohipófisis del bovino (Cole, J. 1993). De hecho, la STBr sintetizada por *E. coli* varía con respecto a la ST endógena, por la adición de 8 aminoácidos en la posición N-terminal. La STBr purificada presenta una potencia similar o mayor a la de la ST endógena, en diferentes sistemas biológicos (Kronfeld, A. 1994; Elvinger, R. 1992).

2. Producción de la Somatotropina Recombinante

Butendieck, N. y Butendieck, B. (2003), reportaron que en lo fundamental la técnica se sustenta en la utilización de una bacteria, la *Escherichiacoli* K-12. Se trata de una cepa bacteriana muy estudiada en laboratorio, que ha sido modificada, de modo que no puede sobrevivir fuera de un ambiente estrictamente controlado. Es la misma cepa que ha sido ocupada para generar insulina. La *E. coli* K-12 posee un pequeño segmento circular de DNA un plásmido (DNA circular extracromosomal autoreplicante independiente), el cual se extrae de la célula bacteriana y se corta en un punto mediante enzimas de restricción, para incorporarle un segmento de DNA de la vaca que contiene el gen responsable de la producción de BST. Este plásmido bacteriano, que ahora lleva además información genética de la vaca, se reinserta en la bacteria. Luego esta bacteria sometida a reingeniería genética se multiplica en estanques de fermentación y las células bacterianas producen además de sus propias proteínas la proteína que comanda el gen de la BST, haciendo uso de la maquinaria bacteriana destinada a la síntesis de proteínas.

Posteriormente las bacterias son muertas para extraer y purificar la BST, la cual se incorpora a una formulación inyectable de lenta liberación. Así se llega a la producción de una somatotropina bovina recombinante. Ella posee la misma secuencia de 190 de los 191 aminoácidos observados en una de las formas producidas por la pituitaria de la vaca. La única diferencia es que el aminoácido metionina, que se encuentra en la BST pituitaria, ha sido sustituido por alanina en el amino terminal al final de la cadena. Los estudios realizados indican que la BST pituitaria y la rBST tienen esencialmente la misma estructura química y actividad biológica, lo cual se puede apreciar en el gráfico 2.

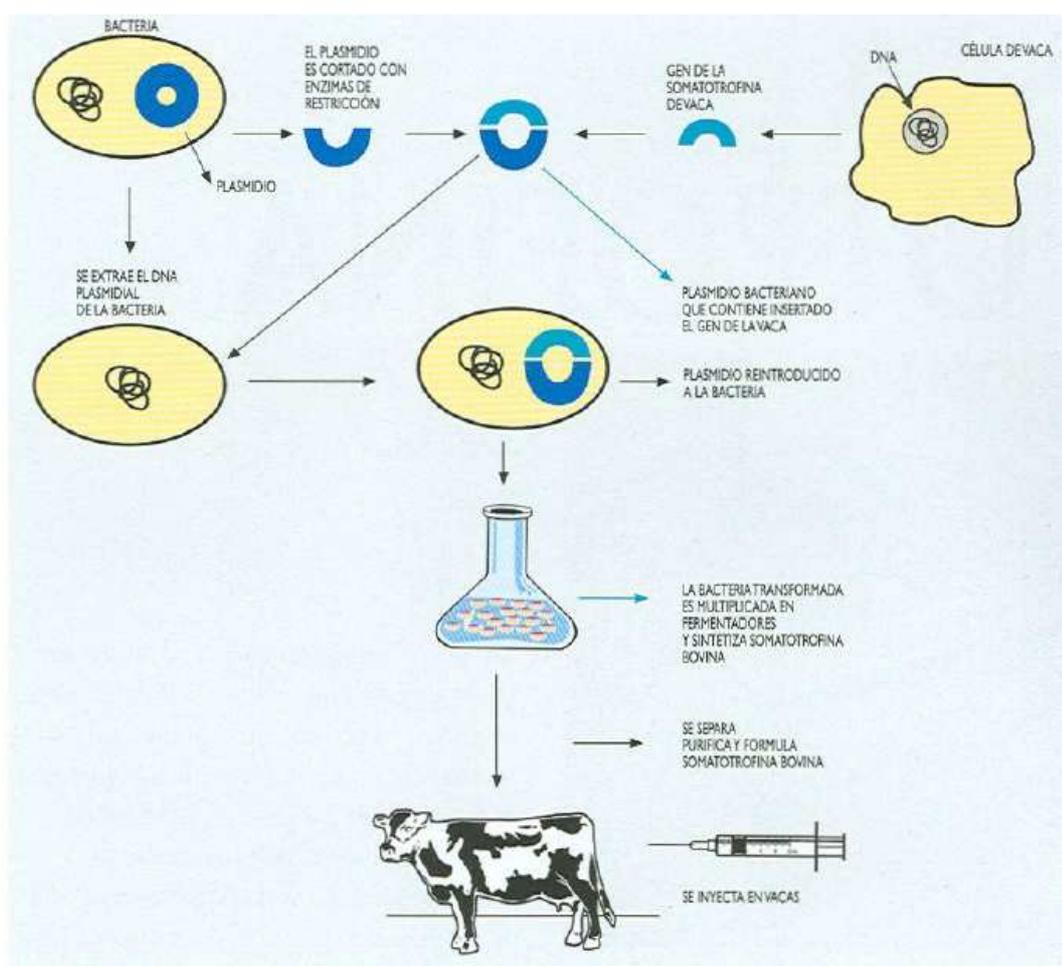


Gráfico 2. Representación esquemática de la producción de BST recombinante.
Fuente: Buterndieck, N. y Butendieck, B. Tierra. (2003).

3. La Somatotropina y la producción lechera

Butendieck, N. y Butendieck, B. (2003), señalan que en 1982 Bauman, D. y colaboradores, investigadores de la Universidad de Cornell, realizaron el primer estudio en vacas lecheras utilizando BST recombinante mediante inyecciones diarias. En 1985 los mismos autores informaron sobre aumentos de producción de leche entre 23 y 41%. A partir de ese momento se desencadenó una intensa actividad, que a la fecha ha involucrado a nivel mundial a más de 40 mil vacas en alrededor de dos mil trabajos de investigación publicados en la literatura científica con resultados extraordinariamente consistentes. A fines de la década del ochenta se iniciaron estudios con formulaciones de entrega lenta, que permitieron pasar de inyecciones diarias a inyecciones cada 14 días con lo cual se obtuvieron aumentos de producción de leche de orden del 11, 4%.

Acción Ecológica (2004), nos indica que cuando se inyecta BGH genéticamente modificada en una vaca (llamada rBGH), el efecto inmediato es descargar artificialmente una gran cantidad de otra hormona poderosa del crecimiento - la IGF-1 (abreviatura de factor de crecimiento - 1 de insulina). Esta segunda hormona, IGF-1, es la que estimula directamente la producción de leche. El organismo de la vaca, por lo tanto, está sobre estimulado para producir 10 a 15% más de leche. En vez de 16.800 libras por año, la vaca produce ahora cerca de las 19.000 libras. La Corporación Monsanto fabrica la hormona recombinante del crecimiento de bóvidos (rBGH), removiendo una sección del DNA bovino que controla la producción de la BST natural y la combina con el DNA de la bacteria *E. coli*. Grandes cantidades de BST- recombinado de *E. Coli* son incubadas en tinas y el resultado - rBGH - se vende en dosis determinadas a los ganaderos. La rBGH, comercializada por Monsanto bajo el nombre de Posilac desde febrero de 1994, es inyectada a las vacas para forzarlas a producir más leche. Ése es el único propósito. No tiene ningún beneficio terapéutico para las vacas o para los consumidores.

Villa, A. et al. (2003), nos indica que La Somatotropina bovina recombinante (STBr) es una hormona obtenida *in vitro* por recombinación genética, que es muy similar a la sintetizada en la adenohipófisis del bovino (Cole, J. 1993). De hecho, la STBr sintetizada por *E. coli* varía con respecto a la ST endógena, por la adición de 8 aminoácidos en la posición N-terminal. La STBr purificada presenta una potencia similar o mayor a la de la ST endógena, en diferentes sistemas biológicos (Kronfeld, A. 1994; Elvinger, R. 1992).

El proceso de oxidación de la misma. De acuerdo con esto, la producción de glucosa hepática se incrementa y se reduce su asimilación (Bauman, D. 1988). Estas adaptaciones al metabolismo de la glucosa se dan justo antes de que se incremente el consumo voluntario de alimento, el cual se ve reducido durante las fases tardías de la gestación y las primeras dos semanas posparto. Se ha estimado que los ajustes al consumo durante la lactación son cuantitativamente similares a la cantidad extra de glucosa requerida de manera creciente para incrementar la síntesis láctea (Bauman, D. 1988).

Los cambios en el metabolismo lipídico varían de acuerdo al balance energético del animal. Por ejemplo. Cuando una vaca se encuentra en un balance de energía negativo (lactación temprana), la STBr incrementa la movilización de las reservas de grasa corporal, lo cual se manifiesta por la elevación sanguínea crónica de ácidos grasos no esterificados, disminuyendo la cantidad de grasa corporal e incrementando el contenido de grasa en leche (Bitman, M. 1984). En contraste con los animales que se encuentran en balance energético positivo (lactación media o tardía) en el momento en que se inicia el tratamiento con STBr, el principal efecto de ésta es inhibir la síntesis lipídica, con cambios pequeños o nulos sobre la lipólisis y el porcentaje de grasa en leche (Bauman, D. 1988). En esta fase, la utilización de nutrientes, a partir de los depósitos corporales, se redirige hacia otros tejidos, a fin de apoyar el incremento de la síntesis láctea, e incluso estimular el consumo voluntario. Con un consumo de energía adecuado, la vaca alcanza un balance positivo que permite el restablecimiento de las reservas corporales (Bauman, D. 1993).

Los efectos de la STBr en el metabolismo, apoyan la función lactopoyética de la glándula mamaria, más no la lactogénica. Consecuentemente, la aplicación de STBr aumenta la persistencia de la lactación y no el pico de producción. Por esta razón se debe iniciar su uso después del día 60 posparto, una vez que las dos fases de la lactogénesis han sido superadas (Tucker, S. 1994). Otra razón por la que se aplica la STBr después del pico de lactancia, es para permitir que la fase de balance energético negativo que experimentan las vacas lecheras haya terminado (entre el día 70 y 80 posparto: Villa, C. Godoy, F. Col, L. 1988), y el riesgo de reducir el desempeño reproductivo de las vacas sea menor o nulo.

4. Consideraciones para el uso de la Somatotropina Recombinante

Calcedo, V. (2000), nos indica que la respuesta del animal depende de su edad, número de lactación, momento del ciclo de lactación, estación de parto, estado de nutrición y mérito genético. La mejora de la eficiencia productiva se atribuye a que la BST permite derivar más nutrientes hacia la producción y menos al

mantenimiento; sin embargo, es obligado atender debidamente la sobreproducción con más alimentos.

Sánchez, P. (2009), nos indica que STB se puede utilizar en todas aquellas vacas saludables, después del día 100 de lactancia. El incremento en la producción de leche que se presenta tras la administración es rápido, teniendo su pico al rededor de los días 8 o 10, obteniéndose el máximo incremento en leche después de 3 a 4 inyecciones. Las respuestas en producción de leche presentan un rango entre 3 y 5 litros por vaca por día.

No es posible seleccionar animales individuales que vayan a responder a STB, ya que es imposible de determinar en forma certera la producción de leche que hubiera tenido la vaca si no se hubiese inyectado. Todas las vacas saludables después de la novena semana post-parto de lactancia son buenas candidatas a STB. Además del aumento inmediato en la producción de leche, el consumo también aumenta, aunque se presenta algunas semanas después (3 a 5 semanas), del aumento en la leche. El consumo adicional de nutrientes es utilizado por la vaca para sostener la mayor producción de leche y para recuperar sus reservas corporales.

No existe ninguna correlación entre el puntaje de condición corporal y la respuesta a la suplementación con STB. Sin embargo, el desempeño a largo plazo del hato está asociado con el puntaje de condición corporal, especialmente al comienzo de la siguiente lactancia. Al comenzar con STB las vacas pueden perder algo de condición corporal (1/4 a 1/2 puntos de condición corporal), hasta que aumente el consumo de materia seca para sostener la mayor producción. Esto implica que vacas seleccionadas para la suplementación con STB deben tener una adecuada condición corporal de acuerdo a su etapa de lactancia. Las respuestas a largo plazo están influenciadas por el consumo de materia seca, por lo que se debe hacer énfasis en la disponibilidad de alimento durante la mayor parte del día.

No se necesitan de prácticas extraordinarias de manejo para usar STB en forma rentable. STB se viene usando exitosamente desde hace varios años en países

con ganaderías con las más diversas condiciones ambientales, nutricionales, de genética y de manejo. STB funciona tanto en vacas Holstein consumiendo raciones completas altas en concentrado en países desarrollados, como en vacas nativas pastoreando forrajes tropicales con una suplementación en concentrado. Para maximizar la respuesta a STB se deben considerar la disponibilidad y la calidad del alimento ofrecido. Existe también una correlación directa entre alimentación y manejo con la respuesta a Somatotropina en vacas, es así que las fincas lecheras que tienen mayor comida y manejo tienen respuestas de 5 litros o más, y las de manejo promedio respuestas por vaca día de 3 o más litros.

Novillas y vacas adultas responden bien a STB, aunque en general la respuesta de las novillas es un poco inferior. Igualmente, el potencial genético para producción de leche no guarda relación con la posible respuesta a STB. Por ejemplo, vacas genéticamente superiores pueden responder en forma similar a vacas promedio.

García, A. (2002), nos indica que es importante entender la fisiología de la lactancia y las adaptaciones en el metabolismo energético de las vacas durante la lactancia para justificar o no el uso del bST. Si entendemos que los productores tienen por objetivo mantener vacas en producción de leche a través de todo el año, ello implica tener un conocimiento adecuado de los aspectos de manejo, entre otros por ejemplo, que la recuperación de la condición corporal de las vacas en etapa temprana después del parto es de crucial importancia. El plano nutricional de las vacas durante la lactancia puede tener un efecto significativo sobre la producción de leche y sobre el normal reinicio de la actividad ovárica posparto. El aumento o disminución de la energía del cuerpo de las vacas en lactancia puede ser medido cualitativamente y cuantificado como herramienta para determinar el estatus energético y la movilización de tejido y es definido como condición corporal. Valores de condición corporal pueden ser utilizados para determinar la cuantía de deficientes energéticos en la dieta durante la pérdida de peso al inicio de la lactancia o para estimar la cantidad de alimento necesario para recuperar el peso corporal durante el final de la lactancia.

5. Suministración de Somatotropina Recombinante

MÉXICO, MSD Animal Health (2009), nos indica que:

a. Fórmula

Cada jeringa contiene: 1

Somatotropina bovina recombinante 320 mg

Acetato de tocoferol (Vitamina E) 1.8 g

Vehículo c.b.p 2 ml

b. Indicaciones

- Boostin® -G está indicado en vacas en lactación para aumentar la producción de leche.
- El período óptimo de aplicación será después del pico de la lactación (60 - 100 días en leche).
- Suspender 30 días antes del secado.
- Este producto deberá administrarse exclusivamente a vacas lecheras sanas.

c. Dosis y vías de administración

- Aplicar una jeringa (320mg), cada 14 días.
- El sitio recomendado para la administración de **Boostin**® -**G** es por vía subcutánea en la fosa isqueo-rectal, alternando el lado de aplicación en cada tratamiento (izquierdo-derecho).
- Limpie y desinfecte el sitio de aplicación.
- Aplique de preferencia a temperatura ambiente.
- Se recomienda un buen manejo y una nutrición adecuada para obtener una óptima producción láctea. **Boostin**® -**G** no tiene período de retiro para la leche o carne destinada para consumo humano. Consérvese en refrigeración entre 2° y 8° centígrados.

- No se congele. Puede existir inflamación local transitoria alrededor del sitio de aplicación.

6. Beneficios Económicos

Sánchez, P. (2009), nos indica que la ventaja de STB radica en su habilidad en aumentar la producción de leche y de esta forma poder disminuir los costos fijos y de mantenimiento de la finca en más unidades de leche.

El beneficio económico es fácilmente determinable al restar de la producción adicional de leche el costo del producto y del alimento adicional.

Otro uso de STB es para extender la lactancia de vacas que de otra forma hubieran sido eliminadas debido a su dificultad en quedar preñadas, o por problemas de salud o de edad. De esta forma puede el ganadero mantener ordeñando estos animales a niveles más altos de producción, por encima del punto de equilibrio. En general, cada día adicional que se puede mantener a una vaca en el ordeño en vez de eliminarla, le puede significar al ganadero un ingreso adicional.

STB también puede usarse para disminuir el número de vacas necesario para producir igual cantidad de leche. Esto proporciona un ingreso adicional por la venta de vacas de desecho, y disminuye los costos de alimentación, entre otros.

7. Ventajas de la Somatotropina Recombinante

Sánchez, P. (2009), nos indica que una de las ventajas es que los requerimientos nutricionales de vacas suplementadas con STB son los mismos que los de vacas sin suplementar de igual producción. Diversos estudios han demostrado que la suplementación con STB no cambia los requerimientos nutricionales por unidad de leche producida, ni cambia las características digestivas de la dieta. Por lo tanto, la ración de animales suplementados con STB debe ser balanceada según el tamaño corporal y la producción de leche, al igual que se realiza con vacas sin suplementar. Debido a que el consumo de materia seca de animales

suplementados con STB se incrementa, aquellos ganaderos que estimulen a sus vacas a consumir más alimento obtendrán la máxima respuesta en producción de leche.

El número total de horas en que el alimento está disponible y la calidad del forraje de la dieta son factores muy importantes en determinar la respuesta a STB.

8. Desventajas de la Somatotropina Recombinante

Acción Ecológica (2004), nos indica que un aumento de infecciones de ubres eleva el uso de antibióticos en las vacas. Estos antibióticos y sus residuos se filtran en la leche. Estos residuos pueden causar reacciones alérgicas en algunos individuos sensibles y contribuir al crecimiento de la resistencia antibiótica de las bacterias, un problema todavía importante en la salud humana. La Administración de Alimentos y Medicamentos de EEUU (FDA), ha aprobado 30 antibióticos para su uso en vacas, pero la Fiscalía General del Estado reportó que 50 antibióticos ilegales son utilizados comúnmente. Peor aún, las pruebas rutinarias realizadas por la FDA en la leche pueden detectar únicamente cuatro tipos de antibióticos. Los antibióticos bovinos se venden sin ninguna prescripción en los almacenes agrícolas, de manera que hay muy poco control de cuándo y cómo se utilizan.

Flores, J. (2007), señala que el uso de esta hormona usado constantemente a largo plazo en los animales ocasiona el descenso del rendimiento reproductivo, la incidencia de mastitis y la vulnerabilidad a las enfermedades porque su sistema físico está sobrecargado y, en el hombre los residuos de la somatotropina bovina recombinante en la leche o carne animal producirá una pubertad precoz en niños(as).

9. Efectos Medioambientales del uso de la Somatotropina Bovina en la producción

Perú Láctea (2008), nos indica que la somatotropina bovina se utiliza comúnmente en la producción láctea en EEUU desde hace 15 años, aunque su

uso no está permitido en la Unión Europea debido a la prohibición general del uso de hormonas en la producción ganadera.

Según un estudio de la Universidad de Cornell (Nueva York, EEUU), la suplementación a las vacas lecheras con somatotropina bovina recombinante (rBST), aporta substanciales beneficios para el medio ambiente al reducir de forma notable la presión medioambiental necesaria para la producción láctea. En el estudio se ha comparado la producción con y sin BST en EEUU, estimándose que un millón de vacas con BST producen la misma cantidad de leche con 157.000 vacas menos que si no se utilizara la hormona, lo que supone un ahorro de consumo de 491.000 tn de maíz; 158.000 tn de soja.

En términos de ocupación del territorio supone una reducción del uso de tierras para la producción láctea de 219.000 ha y 2,3 millones de tn de suelo erosionado al año. En 2007, año en el que el censo de vacas lecheras en EEUU fue de 9,2 millones de vacas, el uso de BST supuso el ahorro de 824 millones de kg de dióxido de carbono, 41 millones de kg de metano y 96.000 kg de óxido nítrico. Por cada millón de vacas a las que suplementa con BST el efecto es similar al de eliminar 300.000 vehículos familiares o plantar 300 millones de árboles.

La somatotropina bovina se utiliza comúnmente en la producción láctea en EEUU desde hace 15 años, aunque su uso no está permitido en la Unión Europea debido a la prohibición general del uso de hormonas en la producción ganadera. En EEUU no están autorizadas las hormonas para el ganado con carácter general, sino solamente aquellas que demuestran caso por caso su inocuidad alimentaria y medioambiental.

10. Seguridad para el Humano

Sánchez, P. (2009), nos indica que infinidad de estudios han demostrado que vacas suplementadas con STB se vuelven productoras de leche más eficientes, sin afectarse la calidad o integridad de la leche.

STB, al igual que todas las otras proteínas de la leche se degradada a

aminoácidos cuando se consume, y no se puede absorber como una molécula intacta.

STB es una proteína que se presenta en forma natural en la leche. La concentración de STB presente en la leche no se cambia al suplementar vacas con STB exógeno.

STB no estimula el crecimiento en humanos, ya que solo afecta a bovinos y a algunas otras especies inferiores.

El uso de STB no altera la calidad, ni el sabor, ni las propiedades para manufactura de la leche, ya que su composición química permanece inalterada.

11. Seguridad para las Vacas

Sánchez, P. (2009), nos indica que los márgenes de seguridad para STB se establecieron al suplementar vacas con 60 veces la dosis comercial (500 mg), durante un período de 2 semanas, y con 6 veces la dosis comercial durante dos lactancias consecutivas. Las vacas y las crías de estos animales no tuvieron ningún problema de salud. El volumen que se administra cada dos semanas es bajo (1.4 c.c.), pudiéndose presentar en ocasiones una pequeña hinchazón transitoria en el sitio de inyección.

El desempeño de terneros hijos de vacas suplementadas con STB es excelente. Vacas experimentales fueron tratadas con altas dosis de STB durante los primeros dos trimestres de cada gestación. Los terneros nacidos fueron perfectamente normales y su ganancia de peso no fue diferente a la de animales control. Las hembras fueron posteriormente inseminadas, tuvieron un parto normal y su producción de leche fue la esperada.

12. Investigaciones sobre uso de la Somatotropina Recombinante

Portal Veterinario Albeitar (2001), nos indica que el estudio se realizó en el ITa N° 29 de Xocoyucan, Tlax. Se utilizaron 20 vacas Holstein de tercer parto, con un

peso promedio de 550-650 kg que fueron seleccionadas de acuerdo a producción láctea de 25 kg/día y 60 días de lactación.

Las vacas se dividieron en dos grupos TO (grupo testigo), con dieta basal sin somatotropinabovina recombinante (rBST), (n=10), y T1 con dieta experimental adicionando rBST (n= 10). Las vacas seleccionadas se integraron al azar al tratamiento.

La condición corporal se evaluó semanalmente y el sistema de puntuación utilizado fue el del Politécnico de Virginia, E.U.A., correspondiendo 1 = delgada y 5 = obesa; las vacas entre 3.5 y 4.5 puntos se calificaron dentro del promedio de buena condición y seleccionadas para el experimento. El ordeño se efectuó dos veces al día.

Se realizó revisión reproductiva por palpación rectal para la detección de estros e inseminación artificial. El periodo experimental fue de 120 días, 14 correspondieron al periodo de adaptación y manejo.

La alimentación se suministró con una relación forraje: concentrado de 45: 55 ofrecido a libertad (consumo voluntario). El forraje ofrecido fue ensilado de alfalfa con 17.5% de proteína cruda. El concentrado utilizado se elaboró a base de ensilaje de maíz, cascarilla de soya, cereal peletizado canola, con minerales traza y melaza con 2.9 Mcal/kg y 17.5% de proteína cruda en base seca.

La evaluación del consumo de alimento diario se hizo mediante la diferencia entre pesaje de alimento ofrecido y rechazado. La evaluación de la producción de leche fue en forma individual, utilizando conos plásticos (Waikatos). El requerimiento de energía neta de lactancia para producción de leche se calculó de acuerdo al nivel de producción de leche (28 kg con 3.5% de grasa). El requerimiento de energía neta de lactancia para mantenimiento se calculó considerando el peso (550 - 650 kg), y estado fisiológico (lactación temprana). El contenido de proteína (P) y grasa (Gra) se determinó por Micro-Kjeldahl. Sólidos totales (Sol t), lactosa (Lac) nitrógeno ureico (NIU) y células somáticas (CS) se analizaron por el método de Gerber 1985. Estas pruebas se aplicaron cada 15 días.

Para la evaluación económica se consideró el costo de la dieta experimental, el cual se hizo mediante la relación de costo por la cantidad de ingredientes utilizados. La rentabilidad económica se midió considerando exclusivamente el beneficio económico generado por la venta de leche. Se utilizó un análisis de varianza para probar los efectos principales, la prueba de rango múltiple de Duncan para comparar las medias de los tratamientos al .05 de significancia, para la producción láctea se utilizó una regresión para número de días en leche, y la prueba χ^2 para medir servicios por concepción, con el paquete estadístico SAS (1985).

En los cuadros 1 y 2 se muestran las diferencias significativas encontradas para las variables estudiadas. La producción de leche en T1 aumentó en 8 Lts promedio, de igual manera aumentaron los niveles de proteína, grasa, sólidos totales y lactosa. Para T0 los niveles de NIU se elevaron, así como el conteo de células somáticas, y servicios por concepción; en T1 estas variables disminuyeron $p < .05$. Cabe mencionar que en T1 el consumo de alimento se intensificó y la condición corporal mejoró. El grupo testigo T0 no presentó variaciones en el comportamiento productivo.

Cuadro 1. MEDIAS DE LOS EFECTOS PRINCIPALES DE ESTUDIO.

Tratamiento	Producción de leche	Proteína	Grasa	Sólidos totales
T0	20.08	3.0	3.37	8.37
T1	28.06	3.47	3.55	8.64

Fuente: Portal Veterinario albéitar. (2001).

$P < 0.05$ literales diferentes indican diferencias significativas.

Cuadro 2. MEDIAS DE LOS EFECTOS PRINCIPALES DE ESTUDIO.

Tratamiento	Lactosa	Nitrógeno ureico	Células somáticas	Servicio/Concepción
T0	4.30	15.30	619	2.33
T1	4.57	11.73	280	1.44

Fuente: Portal Veterinario albéitar. (2001).

$P < 0.05$ literales diferentes indican diferencias significativas.

Costo de la dieta diaria: \$ 65.00

Lts producidos / vaca: 33 x \$2.50, por lo que el costo / lt: \$82.50

Ganancia neta diaria/vaca: \$17.50.

Aceves, G. Luna, N. y Olivas, C. (2007), nos indican que la presente investigación se llevó a cabo en el establo lechero "Cuatro Vientos", para lo cual se utilizaron 60 vacas de la raza Holstein-Friesian, de 5 años de edad, con una condición corporal de 3.5 y 120 días posparto, y que se encontraban en su tercera lactancia. Los animales fueron distribuidos en dos grupos experimentales de 30 vacas cada uno, iniciando el experimento a los 120 días de lactancia e inmediatamente después de la confirmación de preñez de cada una de las vacas que formaron parte del experimento. El grupo 1 (T1, n=20), recibió una aplicación inicial de 500 mg somatotropina bovina (STb), a los 120 días posteriores al parto, la cual fue suministrada por vía subcutánea (SC), en la tabla del cuello, mientras que las siguientes aplicaciones fueron administradas a intervalos de 14 días durante los tres meses subsiguientes al inicio del presente estudio. Por otra parte, el grupo 2 (T2, n=20), fue utilizado como grupo control, el cual recibió la aplicación de solución salina fisiológica (placebo), por vía SC en las mismas fechas en que se aplicó la STb al T1. A ambos grupos se le proporcionó el mismo manejo nutricional y durante la lactancia las vacas fueron trabajadas por los mismos ordeñadores, de tal forma que la única variación en el presente estudio fue la aplicación de la STb para el T1.

Se registró la producción de leche desde el inicio del experimento y durante los tres meses posteriores al mismo, a intervalos semanales, utilizando para ello pesadores especiales. Para estimar la producción de leche mensual, se utilizaron los registros de los cuatro pesajes semanales.

La variable analizada fue la producción de leche mensual al inicio del experimento (mes 0), y durante los tres meses siguientes (meses 1, 2 y 3). Para analizar dicha variable, se utilizó un Diseño Simple Completamente al Azar, para determinar si existía diferencia estadística significativa (N.05), entre ambos tratamientos para la variable antes mencionada. Para el procesamiento de la información, se utilizó el procedimiento ProcAnova del paquete estadístico S.A.S.

Resultados

El cuadro 3, muestra los resultados obtenidos para ambos tratamientos durante la presente investigación, donde se observa que la producción de leche promedio para el T1 fue de 34.1, 34.7, 35.1 y 34.5 litros, para los meses 0, 1, 2 y 3, respectivamente; mientras que para el T2 la producción de leche fue de 34.0, 32.1, 31.3 y 29.9, para los meses 0, 1, 2 y 3, respectivamente; encontrando diferencia estadística significativa (N.05), entre ambos tratamientos durante los tres meses posteriores al inicio de la aplicación de STb (meses 1, 2 y 3), no así en el mes 0, donde lógicamente la producción de leche debe ser homogénea para ambos tratamientos, ya que representa el inicio del experimento. Por lo tanto, la diferencia en producción de leche en el T1 con respecto al T2, resultó en un incremento significativo de 2.6, 3.8 y 4.5 litros, para los meses 1, 2 y 3, respectivamente.

Cuadro3. PRODUCCIÓN DE LECHE PROMEDIO PARA AMBOS TRATAMIENTOS DURANTE EL ESTUDIO.

Tratamiento	N	Producción de Leche Promedio (litros)			
		Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
1	30	34.1 a	34.7 a	35.1 a	34.5 a
2	30	34.0 a	32.1 b	31.3 b	29.9 b

Fuente: Aceves, G. (2007).

a,b Literales diferentes indican que existe diferencia estadística ($P < .05$).

González, F. (2008), nos indica que en un primer ensayo, se utilizaron 40 vacas de primer a cuarto parto. Las vacas multíparas tenían producciones superiores a nueve mil 500 litros por lactancia (ME), y las vaquillas provenían de madres con similares producciones. La mitad de los animales fueron inyectados con BST (Boostin®, 500 mg), vía subcutánea, durante 32 semanas a partir de los 60 días postparto. Todas las vacas recibieron una ración completa (2,9 Mcal Energía Metabolizable y 17,5% Proteína), y fueron ordeñadas tres veces al día. En el total

del ensayo, las vacas tratadas con BST produjeron un 15,3% más leche respecto al grupo control: 41,4 v/s 35,9 litros.

Las vacas de dos o más partos tratadas con BST produjeron un 12,7% más de leche respecto al control, 41,96 y 37,23 litros. Prácticamente la producción fue similar en ambos grupos en las primeras 10 semanas, observándose posteriormente una declinación marcada de la producción en el grupo control, a la vez que una persistencia sostenida en el grupo BST, lo que se reflejó en un diferencial de producción en las siguientes 10 semanas de 13,8%; la mayor persistencia de la producción en el grupo BST se tradujo en un mayor diferencial de 27,3% en las últimas 10 semanas del ensayo, que se observa en el gráfico 3.

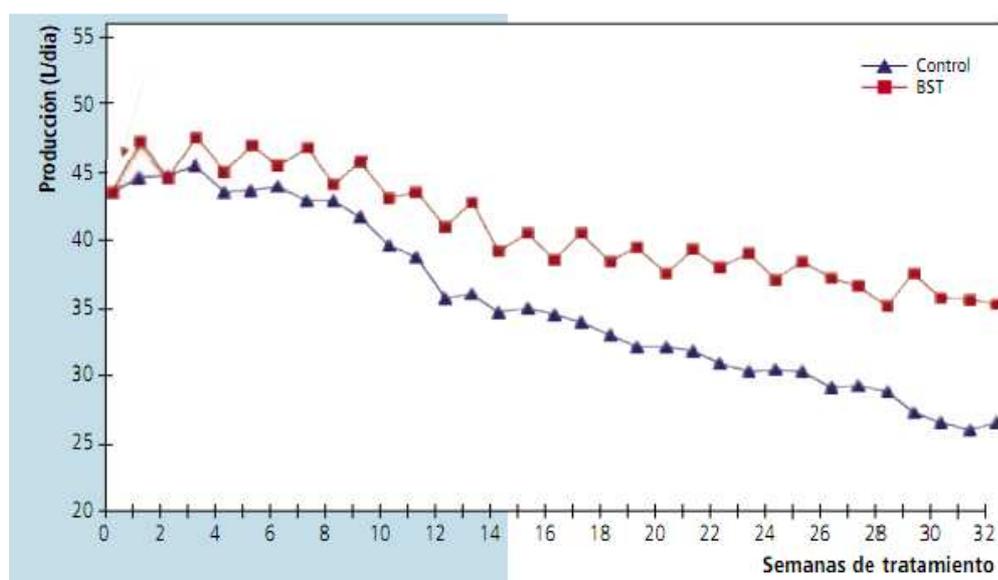


Gráfico 3. Respuesta a la aplicación de BST (Boostin®), cada 14 días durante 32 semanas de tratamiento en vacas de dos o más partos (L/día).

Fuente: González, F. (2008).

La producción de leche real y corregida (PFCM), en las vacas multíparas fue significativamente mayor en el grupo BST, lo mismo que la persistencia de la producción.

No hubo diferencias en los sólidos totales y grasa láctea; sin embargo, la concentración de proteína láctea fue mayor en el grupo BST, lo que constituye

una ventaja adicional tanto para el productor como para la industria láctea la cual podemos ver en el cuadro 4.

Cuadro 4. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®), LASOBRE PRODUCCIÓN DE LECHE Y NUTRIENTES LÁCTEOS EN VACAS MULTÍPARAS DURANTE 32 SEMANAS.

Parámetros	Tratamientos	
	Control	BST
Producción de leche (L/día)	37,23	41,96
Producción PFCM*	37,45	42,72
Sólidos totales (%)	12,08	12,04
Grasas (%)	3,43	3,49
Grasa Total (Kg)	1,24	1,44
Proteína (%)	3,16	3,22
Proteína Total (Kg/día)	1,18	1,39
Persistencia	56,18	69,35

Fuente: González, F. (2008).

*Leche corregida a 3,5% de grasa y 3.2% de proteína.

Las vacas de primer parto tratadas con BST produjeron un 20,9% de mayor producción; 39,9 v/s 33,0 litros para las primíparas controles.

En otro ensayo con vacas de segundo al cuarto parto, durante 22 semanas, se obtuvo un aumento de la producción de leche en el grupo BST superior en 19,3% al grupo control, 45,7 y 38,3 L/día, respectivamente observamos en el cuadro 5.

Cuadro 5. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BST (BOOSTIN®), DURANTE 22 SEMANAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS DE 2 Y MÁS PARTOS.

Parámetros	Tratamientos	
	Control	BST
Producción de leche (L/día)	38,30	45,70
Producción PFCM*	37,81	46,17
Grasas (%)	3,29	3,37
Grasa Total (Kg)	1,26	1,54
Proteína (%)	3,15	3,32
Proteína Total (Kg)	1,21	1,52
Persistencia	68,67	74,11

Fuente: González, F. (2008).

*Leche corregida a 3,5% de grasa y 3.2% de proteína.

No hubo diferencias en la concentración de grasa, pero sí en la proteína láctea. La respuesta de las vacas tratadas fue inmediata a la primera aplicación de BST. Es interesante hacer notar que en la primera mitad del ensayo el grupo BST fue superior en un 15,3%, aumentando esta diferencia en la segunda mitad a 23,4% a expensas de una mayor persistencia de la producción, 74,11 y 68,67% en los grupos BST y control, esto se observa en el grafico 4.

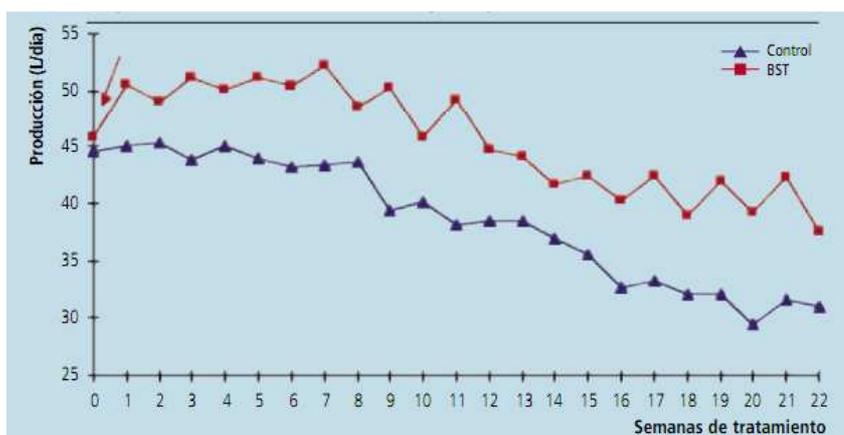


Gráfico 4. Efecto de la aplicación de BST (Boostin®), durante 22 semanas sobre la producción de leche en vacas de 2 y más partos.

Fuente: González, F. (2008).

Vargas, I. et al (2003), nos señala que para la realización de este estudio se seleccionó una explotación lechera en la zona rural de Candelaria (Valle del Cauca), Colombia. Zona clasificada según las zonas de vida de Holdridge como Bosque Seco Tropical, ubicada a 1.000 msnm, con temperatura media de 27°C, una pluviosidad inferior a 1.000 mm/año y con un 70% de humedad relativa.

El sistema productivo del rebaño seleccionado se clasificó como lechería especializada en pastoreo intensivo sobre una superficie de 146 hectáreas (6 animales/ha) más suplementación, donde el ordeño se realizaba sin apoyo del ternero. Predominaba el cruzamiento entre la raza criolla colombiana Hartón del Valle y Holstein, con un promedio de producción de 11 L/vaca en dos ordeños diarios.

La alimentación estaba basada en pastoreo de Estrella (*Cynodonplechtostachyus*), con un período de recuperación de 30 días previa fertilización según el análisis de suelos, con una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio. El sistema de uso de la pradera era pastoreo rotacional en franjas. Las vacas se suplementaban en el momento del ordeño con alimentos concentrados importados al predio (proteína cruda entre 16% y 18%, energía metabolizable: 2,8 Mcal/kg MS, fibra cruda: máximo 8%), ofreciendo un kg de concentrado por tres litros de leche siempre que la producción fuera superior a nueve litros, ofreciendo máximo ocho kg de concentrado por día. Además, se suplementaba con una mezcla de minerales a razón de 120 g/vaca/día en el momento del ordeño, en los potreros se disponía de sal común (NaCl), y agua para consumo a voluntad.

Tratamientos. Se seleccionaron 20 vacas según su producción de leche, estado de lactancia (semana 12), y número de partos. En un diseño de bloques completos al azar, las vacas se asignaron en uno de dos grupos: control (GC, n=10), que no recibió ningún tratamiento y tratado (GT, n=10), que recibió cada 14 días una inyección subcutánea (2 mL), de un preparado comercial de somatotropina bovina recombinante (STbr), (Bomate-S[®], LG ChemInvestment Ltd., Corea del Sur para Schering- Plough SA, Bogotá DC), compuesta por 500 mg de STbr, 1665 UI de vitamina E y 166,5 mg de lecitina. El tratamiento se terminó en la semana 24 de lactancia.

La producción de leche se pesó diaria e individualmente en las vacas de ambos grupos antes de la primera aplicación de la hormona continuando hasta finalizar el estudio, posteriormente se obtuvo un promedio semanal. También, cada mes se calificó la condición corporal hasta completar cuatro evaluaciones, usándose una escala de 1 a 5 (NRC 2001), donde la calificación 1 corresponde a una vaca delgada y 5 a un animal obeso. La condición corporal promedio al inicio del ensayo fue $2,9 \pm 0,1$.

Muestras. Antes de la primera aplicación del producto, y posteriormente, cada mes, durante cuatro meses, se extrajeron 5 mL de sangre por animal mediante venopunción coccígea, usando tubos al vacío sin anticoagulante (Vacutainer[®], Becton-Dickinson, Franklin Lakes, USA); las muestras se refrigeraron y enviaron dentro de 12 horas al Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria de la Universidad de Caldas. Las muestras se centrifugaron a 3.000 rpm por 15 minutos para separar el suero, envasándolo y conservándolo a -20°C hasta su análisis. Igualmente, se tomaron 100 mL de leche de cada vaca, las muestras se mezclaron y homogeneizaron, enviando 250 mL de cada grupo en las mismas condiciones descritas y al mismo laboratorio. La muestra se centrifugó doblemente a 3.000 rpm por 20 minutos para separar la grasa, posteriormente se determinó la concentración de urea en leche para el grupo.

Producción y condición corporal. La producción promedio de leche por día fue diferente entre los grupos ($P=0,002$), encontrándose que la cantidad diaria a lo largo del estudio fue mayor en el GT lo cual se observa en el cuadro 6, el aumento observado en la producción promedio para el GT fue 7,4%; después de la aplicación de la hormona la producción aumentó una semana después de iniciado el tratamiento, observándose el mismo patrón después de cada aplicación.

Cuadro 6. PROMEDIO, ERROR ESTÁNDAR, INTERVALO DE CONFIANZA Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS NO TRATADAS (GC) Y TRATADAS CON STBR (GT) DURANTE 12 SEMANAS DE LACTANCIA.

	Producción láctea (kg/día)		P*
	GC	GT	
± EE	14,9 ± 0,4	16,0 ± 0,3	0,002
IC (95%)	14,1 – 15,8	15,3 – 16,8	
CV (%)	9,0	7,3	

Fuente: Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STbr), en vacas lecheras a pastoreo bajo condiciones tropicales (2010).

La condición corporal fue similar entre los grupos, observándose a lo largo del estudio un promedio en la condición de $2,7 \pm 0,1$ y $2,8 \pm 0,1$ para los grupos tratado y control respectivamente ($P=0,122$). Se encontró una reducción de la condición en ambos grupos a lo largo del estudio, obteniéndose la calificación más baja al finalizar el estudio en la semana 24 de lactancia ($P=0,001$).

III. DISCUSIÓN

Según el estudio realizado por Aceve, G. Luna, N. y Olivas, C. tenemos que: como se puede apreciar, el incremento en la producción de leche es significativo desde el primer mes de aplicación de la STb, siendo consistente e incluso mayor, en el 2do. y 3er. mes, de tal manera que se obtuvo un incremento promedio de 3.6 litros durante los tres meses que duró el experimento.

Con respecto a la producción de leche, Huber, L. et al. (1997), Utilizaron inyecciones semanales de 300 mg de STb en vacas Holstein y observaron un incremento en leche de 6.5 kg/día desde los 60 hasta los 172 días posparto en vacas de segunda lactancia, mientras que un incremento de 3.7 kg/día en la producción de leche se encontró en vacas de cuatro lactancias, con respecto a vacas que no recibieron STb.

En otro estudio, Collier, k. et al. (2001), aplicaron STb a intervalos de 14 días en vacas lecheras desde la 9na. y 10ma. Semanas de lactancia y encontraron un incremento de 932 kg por lactancia de 305 días (3.05 kg/día), en comparación con las vacas que no recibieron STb.

Por otra parte, Bauman, D. et al. (1999), evaluaron un total de 340 hatos lecheros durante 8 años y encontraron una respuesta constante a la aplicación de STb, observando un incremento de 894 kg de leche por lactancia de 305 días (2.93 kg/día).

En cuanto al estudio desarrollado por Vargas, J. y otros tenemos que la utilización de STbr produjo un aumento de 7,4% en la producción de leche diaria promedio del GT con respecto al GC, lo que ha sido observado en otros trabajos donde se han obtenido incrementos similares; así, en Brasil el uso de STbr en dosis entre 250 y 500 mg/vaca con la misma frecuencia de uso descrita en este trabajo, causó un aumento en la producción entre 3,0% y 6,4% en la tercera semana post-tratamiento, lográndose la máxima producción en la sexta semana.

Después de obtener información sobre varios estudios realizado con respecto a la utilización de somatotropina bovina recombinante (STbr), su efectividad se hace notable al observar incrementos de producciones lecheras.

Para Raúl Leborgne la lechería debería apoyarse en tres pilares: la estabulación o semiestabulación, el tercer ordeño y el mayor uso de granos y concentrados.

Esto se debería realizar con el afán de que el animal cubra sus requerimientos nutricionales, reduzca el gasto de energía en movilización, ya que las exigencias nutricionales incrementan al tener una mayor producción lechera; y cuando se habla de un tercer ordeño se ayuda con el estímulo a la producción de leche; lo que contribuye a una optimización del uso de la somatotropina.

En cuanto los efectos secundarios no se encuentran bien determinados, pues según Super Cebu.com.bo la somatotropina en las vaca Holando puede aumentar hasta el 50% de la producción de leche. En la vaca Gyrholando puede aumentar del 80 al 100%. El problema para el veterinario, es que se observa un aumento en la respiración dolor, la ubre muy turgente, roja. Además que se supone disminuirá la vida productiva del animal cuando se utiliza en cada lactancia; al mismo tiempo, todos los que hablan de productos naturales han prohibido la leche de vacas que utilizan somatotropina.

En cuanto al criterio de Rober Cohen nos indica que cuando se inyecta somatotropina bovina recombinante el bazo de los animales crece de tamaño de un 40 a 46%, además que la hormona IGF (factor de crecimiento semejante a la insulina), ha aumentado un mínimo de 8 veces su valor normal en la leche, lo que se cree que genera la proliferación de todos los cánceres.

En el Ecuador no existen estudios sobre el uso de la somatotropina bovina recombinante, por lo que no se tiene referencias sobre la reacción que tendrá en nuestras condiciones el ganado; así mismo no se tiene el conocimiento sobre los efectos secundarios que esta hormona puede causar tanto a los humanos como a los animales; y debido al crecimiento poblacional los productores estamos obligados a utilizar nuevas tecnologías que promuevan el crecimiento productivo

sin dejar a un lado ética profesional; es decir debemos tener bases científicas que aseguren la utilización de estos productos hormonales a través de la investigación de campo.

IV. CONCLUSIONES

Cuando aplicamos somatotrpina se ve un notable incremento en la producción de leche, contenido de proteína, grasa, solidos totales y lactosa.

Esto se debe a la composición química de la dieta suministrada permite mejorar los índices productivos y reproductivos lo que indica que el organismo de la vaca se va adaptando a los cambios metabólicos originados por la aplicación de la STb, de tal forma que la respuesta productiva es inmediata.

Se concluye que la somatotropina bovina (STb) representa una valiosa herramienta biotecnológica que puede ser utilizada por los productores lecheros para incrementar de manera consistente la producción de leche, ya que favorece una serie de cambios metabólicos bien coordinados que aseguran la utilización de nutrientes suficientes para estimular la producción de grandes volúmenes de leche a nivel de la glándula mamaria, mejorando además el consumo de alimento por parte de las vacas para asegurar la presencia de reservas corporales que también serán utilizadas en la producción de leche.

Las investigaciones realizadas nos describen que no hay problema en la leche de estos animales sin más bien son de riesgo por los antibióticos que se usan al tratar la mastitis en tanto que otros investigadores no dicen que si afecta a la salud humana incluso que tienen relación con el cáncer.

La vacas al ser tratadas con somatotropinas pueden causar dependencia del fármaco, y dejar de producir somatotropinas naturalmente lo que provocaría un descenso en la producción obligando al ganado a utilizarla siempre, incluso existen casos de animales mueren de una forma no natural al dejar de utilizarla.

Estudios han demostrado que la leche de vacas tratadas produce somatomedinas IGF1 de dos a diez veces más de lo que produce una vaca sin tratamiento y esto es lo que la hace peligrosa para el consumo humano ya que propenden el cuerpo humano al cáncer.

Para la utilización de la somatotropina es necesario considerar una adecuada alimentación que permita al animal cubrir sus requerimientos nutricionales, es decir que tenga rangos adecuados de energía y proteína tanto para su mantención y producción de leche.

V. RECOMENDACIONES

Es indispensable realizar investigaciones bajo nuestras condiciones sobre el uso de la somatotropina bovina recombinante que hagan relación tanto al incremento en la producción como sus efectos secundarios en el hombre y los animales.

Se recomienda realizar otros proyectos donde se pueda evaluar directamente el efecto de la aplicación de STb sobre la calidad de la leche, el consumo de alimento y la condición corporal, e incluso analizar también la relación costo – beneficio que se obtiene al suministrar la STb en el ganado bovino productor de leche.

Dado que en nuestro país este producto es de libre expendio, se recomienda que entidades gubernamentales como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) de orientación a los productores sobre la utilización de este producto.

Adicionalmente, recomiendo que los productores mejoren la calidad de pastos y comience o aumente la suministración de concentrados, puesto que la condición corporal de los animales pueden ir en decadencia; así como la salud del mismo.

Debido a la elevada productividad que genera la somatotropina, se recomienda restablecer los requerimientos nutricionales que ayuden a la optimización de su producción, así como instalaciones eficientes que aseguren un adecuado confort de los animales.

VI. LITERATURA CITADA

1. GARCÍA, A. CASTEJON, F. DE LA CRUZ, L. GONZÁLEZ, J. MURILLO, MD.SALIDO,G. (1995). Fisiología Veterinaria. 3a ed. Madrid. España. p.1074.
2. OCÉANO CENTRUM. (2007). Manual Merck de Veterinaria.4a ed. Barcelona. España. P. 2682.
3. SUMANO, S. OCAMPO, L. (2006). Farmacología Veterinaria.3a ed. México. P. 1082.
4. http://www.ecoportel.net/Temas_Especiales/Salud/Leche_Un_vistazo_a_la_rBGH. 2004. Acción Ecológica. Leche: Un Vistazo a rBGH.
5. ammueb.net/XXVIII/10CNB/memorias/reproducción/rep14.doc.2007. Aceves, G. Luna, N. Olivas, C. Efecto de la aplicación de somatotropina bovina (STb) sobre la producción de leche en vacas Holstein.
6. www.inia.cl/medios/biblioteca/NR25612.pdf. 2003. Butendieck, N. Butendieck, B. Que es la somatotropina bovina. Ganadería y Praderas. Tierra Adentro.
7. <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/333.pdf>. 2000. Calcedo, V. La Hormona del Crecimiento (BST) en la producción y consumo de la leche.
8. <http://www.agrovetmarket.com/pdf/AGOSTO.07/INVESTIGACION/TESIS.pdf>. 2007. FLORES, J. Efectos que produce las vitaminas, minerales, y aminoácidos (Hematotos B₁₂ sobre la producción láctea en I vacas Holstein en dos fases de lactación. Universidad Nacional San Cristóbal. Lima. Perú.

9. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/402/40260307.pdf>. 2003. Gallardo, H. Sánchez, C. Padilla, G. Y Barrera H. Producción de Hormona de Crecimiento Bovino por *PichiaPastoris*. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
10. <http://www.avpa.ula.ve/congresos/congreso/pdf/alfredogarcia.PDF> 2002. García, A. Fisiología y Reproducción. La Somatotropina Bovina, su efecto sobre el crecimiento, la producción de leche y la reproducción.
11. <http://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/123456789/1030/466129.pdf?sequence=1>. 2008. González, F. Beneficio de la somatotropina bovina. Más Leche.
12. <http://free-news.org/monsan15.htm>. 1998. Kingsnorth, P. Hormonas del crecimiento bovino. Estados Unidos.
13. http://www.msd-salud_animal.mx/productos_rojo_boostin_g_020_informacion_del_producto.aspx 2009. MSD Animal Health. Boostin-G. México.
14. www.perulactea.com/2008/07/04/efectos-medioambientales-del-uso-de-la-somatotropina-bovina-en-la-produccion/. 2008. Perulactea. Efectos medioambientales del uso de la somatotropina bovina en la producción.
15. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3329/ART%C3%8DCULOS-RUMIANTES-ARCHIVO/.html>. 2001. Portal Veterinario Albeitar. Evaluación del uso de la somatotropina recombinante bovina (rSTB) en vacas altas productoras.
16. http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/21952/2/articulo_5.pdf. 2007. Ramírez, L. El Sistema Endocrino de los Animales Domésticos. Universidad de los Andes. Venezuela.
17. <http://www.cafe-agr.com.ar/archivos/2010/07/somatotrofina-bovina-analisis-de-inocuidad.PDF>. 2009. Raymond, R. Bales, C. Bauman, D. Clemmons,

D. Kleinman, R. Lanna D. Nickerson, S. Sejrson, K. Somatotropina Recombinante (STbr): Una evaluación de inocuidad. Canadá.

18. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080098304.PDF>. 1998. Romero, E. Efectos de dos planos de nutrición y somatotropina bovina en la crianza de vaquillas Hostein de reemplazo. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
19. <http://www.dpa.com.ve/documentos/CD1/page24.html>. 2009. Sánchez, P. Uso de la somatotropina bovina (Lactotropina), como herramienta de manejos en hatos lecheros. Venezuela.
20. [ammueb.net/.../Magistral_7_oxitocina y somatotropina](http://ammueb.net/.../Magistral_7_oxitocina_y_somatotropina). 2003. Villa, A. González, E. Ruiz, R. Oxitocina y Somatotropina como métodos para incrementar la producción en ganado.
21. <http://www.scielo.cl/pdf/amv/v38n1/Art05.pdf>. Villa, A. Osorio, CA. Loaiza, J. Villa, NA. Ceballos, A. Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STbr) en vacas lecheras a pastoreo bajo condiciones tropicales.