

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Concentración de inmunoglobulinas calostrales en el suero sanguíneo de terneras de lechería y su influencia sobre el crecimiento.

Daniel Emilio Benavides Varela

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2014

Esta tesis fue aprobada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph.D

Director de Tesis

Ing. Jose Arce Cordero. Lic

Miembro del Tribunal

Ing. Augusto Rojas Bourillón. M.Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Alejandro Saborio Montero. Lic

Miembro del Tribunal

Ing. Jorge Sánchez González, M.Sc.

Director de Escuela

Ing. Daniel Benavides Varela, Bach.

Sustentante

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que con mucho esfuerzo y dedicación se elaboró a Dios por permitirme no sólo haber cumplido con esa meta de obtener una carrera como profesional sino por la hermosa oportunidad de ampliar mis conocimientos acerca de la ciencia, pero en especial por ampliar mi experiencia sobre la vida que sólo la misma vida que viene Él te da. Por permitirme de cierta forma aportar algo más al conocimiento en esta área en específico y por seguir permitiendo que muchos más crezcamos como seres humanos gracias al acceso al conocimiento y la ciencia. Rogando al mismo Dios para que sepamos compartirlo y darle el mejor provecho.

A mis padres quienes son las personas que hasta este punto merecen mi mayor admiración y agradecimiento y quienes han hecho posible que el día de hoy pueda presentar este proyecto como finalización de mi carrera universitaria y quienes en realidad se merecen todos los honores.

AGRADECIMIENTOS

El más profundo agradecimiento a todas las personas que han hecho posible que este trabajo se lleve a cabo y que se dé por finalizada una carrera hermosa.

A mis papás por ese incansable esfuerzo que me permitió tener la oportunidad de estudiar y buscar nuevos horizontes.

A todos mis familiares y amigos en quienes encontré siempre un apoyo incondicional y una fuente de inspiración constante (Diana, Juan José, Noé, Carlos, Sebastián y muchos otros que estuvieron siempre ahí para apoyar). A mis 6 hermanos pero en especial a Raquel por ese apoyo que me brindó al acompañarme durante el proceso de colección de datos para este estudio, por esas madrugadas de trabajo.

A Don Jorge Elizondo, director de esta tesis, un verdadero maestro como profesional y como persona, un amigo y alguien en quien siempre se puede encontrar una luz.

A Don Augusto Rojas, en quien además de un profesor he encontrado a un amigo de confianza y un consejero.

Sin falta un agradecimiento a Agueda Serrano por siempre estar dispuesta a ayudar, desde el primer día en la universidad.

A los empleados de la finca en quienes no sólo encontré apoyo para poder realizar el trabajo sino además encontré amigos fieles dispuestos siempre a colaborar (Biskmar, Luis y Jose).

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EVALUADOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
1. Importancia de la agrocadena en la economía costarricense.....	7
2. Factores a considerar en la transferencia de inmunidad pasiva.....	9
3. Importancia de la transferencia de inmunidad pasiva en la salud	21
4. Relación entre inmunidad pasiva y velocidad de crecimiento	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
1. Animales y tratamientos utilizados.....	25
2. Muestreo sanguíneo y determinación de Inmunidad pasiva.....	25
3. Alimentación.....	25
4. Medición de consumo	26
5. Mediciones de peso corporal	26
6. Registro de enfermedades de los animales en estudio.....	27
7. Análisis estadístico.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Distribución de animales respecto al grupo o rango de PST (g/dL)	30
2	Concentración de PST de acuerdo a la raza	30
3	Concentración de PST de acuerdo al número de lactancias de la madre.	31
4	Morbilidad semanal en terneras (número de terneras enfermas por semana) de acuerdo a la concentración de PST	33
5	Evaluación de consumo de alimento según grupo de análisis (consumo de alimento base fresca en gramos totales por semana).	35
6	Ganancias de peso diarias promedio (kilogramos) según semana de vida de acuerdo a la concentración de PST (g/dL).	37
7	Evaluación de pesos por semana de acuerdo al grupo de análisis (peso a final de semana en kilogramos).	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Número de animales enfermos de acuerdo al nivel de concentración de PST.	33

RESUMEN

Se evaluó la concentración de inmunoglobulinas calostrales a nivel sanguíneo en terneras entre 1 y 7 días de vida con el fin de determinar la efectividad de la transferencia de anticuerpos por parte de su madre, y el posible efecto que esta inmunidad podría tener sobre la salud y con ello el desempeño en el crecimiento de dichas terneras, más específicamente su efecto sobre el peso desde el nacimiento hasta la novena semana de vida. Dicho trabajo se realizó en una finca comercial, ubicada en Pital de San Carlos, a una altura aproximada de 156 m.s.n.m, con humedad relativa promedio de 75-80% y con temperatura promedio de 28°C. En total estudio se evaluaron 156 terneras, para las cuáles además de evaluar su estado inmune se les monitoreó semanalmente su peso, el consumo diario de alimento y la prevalencia o no de enfermedades de acuerdo con 4 rangos de concentración de inmunoglobulinas ($\leq 4,4$, 4,5 – 5,4, 5,5 – 6,5 y $> 6,5$) (g/dL). El promedio de la concentración de Proteína Sérica Total (PST) para todos los animales fue de 5,2 g/dL con un rango de 3 a 9 g/dL. La falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) para todos los animales fue de 64,7%. En donde los animales con mayor peso al nacimiento presentaron menores concentraciones de PST. Se logró determinar que la inmunidad tiene un impacto sobre el crecimiento ya que se presentaron diferencias estadísticas en ganancias de peso, hasta la semana 8 de vida y en peso absoluto hasta la semana 4, llegando a estabilizarse posteriormente.

INTRODUCCION

El sector agropecuario nacional enfrenta desde hace muchos años una situación apremiante que se ha venido agravando con el transcurso del tiempo, debido a circunstancias como la implementación de estrategias de comercio como los tratados de libre comercio con los Estados Unidos, la Unión Europea y China. Esta situación, ha sido potenciada por otros factores como la inestabilidad en el mercado de los granos (maíz y soya) y el encarecimiento de las otras materias primas requeridas para la producción pecuaria complicando aún más el panorama para los productores (González 2009). La estabilidad económica del sector pecuario se ve a menudo afectada por otras variables como el tipo de cambio del dólar y la oferta y demanda de granos, por cuestiones además de tipo climático en otras latitudes o incluso en las propias del país al momento de la descarga de granos. Además de una infraestructura portuaria que impide frecuentemente el funcionamiento fluido de las plantas de alimentos.

Pese a las complicaciones que se han presentado para el sector, el nivel de producción de leche es elevado en Costa Rica, tanto que permite su exportación. Pese a ello se sabe que el volumen de producción en el país es insuficiente para satisfacer la demanda de los demás Estados de la región centroamericana. Esta demanda de leche existente en Centroamérica y el Caribe, el país podría satisfacerla a través de una optimización de la eficiencia en las explotaciones lecheras (Elizondo 2009).

Muchas veces ésta optimización se busca por medio de la formulación de dietas adaptadas a cada finca, nuevas formas de alimentación para los animales en producción, selección genética y manejo de pasturas, entre otros. Sin embargo, pocas veces se ven, esfuerzos por asegurar una buena crianza de los reemplazos, que son a fin de cuentas el futuro del módulo productivo y los que sostendrán la explotación.

Resaltando aún más la importancia de un buen programa de desarrollo de reemplazos se puede decir que las mejoras que realicen en el sistema de producción, no serán sustanciales si antes no se cuenta con un adecuado programa de crianza de reemplazos.

Debido a la importancia que reviste un adecuado programa de crianza de terneras en una explotación lechera se deben buscar parámetros que permitan llevar a cabo una evaluación del mismo, máxime si se piensa en el aspecto económico que involucra el sistema. Aspecto muy importante ya que se ha estimado por ejemplo, que hasta un 15 a 20% del total de costos de producción de leche en una finca corresponde a la de crianza de reemplazos (Heinrichs 1993). Esta evaluación puede realizarse mediante el uso de parámetros meta como estado sanitario de los reemplazos, mortalidades, pesos y ganancias diarias de peso, edad a primer empadre, edad y peso al primer parto, condición corporal y costos, entre otros.

En este sentido se han realizado estudios sobre el efecto que tiene la velocidad de crecimiento en novillas de reemplazo sobre el comportamiento productivo, reproductivo y la longevidad productiva de estos animales (Cowen *et al.* 1974; Solano 1993) Además de estudios sobre el efecto de la edad al primer parto. Por ejemplo, en el caso de la edad al primer parto, se ha demostrado que edades mayores a 26 meses están relacionadas con pérdidas en producción de leche, retrasos del recambio o reemplazo del hato, inicio tardío de producción y sobrecostos (Gabler *et al.* 2000), además de no iniciar prontamente el retorno de la inversión.

Por otro lado, en cuanto al peso tanto al empadre como al primer parto también existe vasta información al respecto (Cowen *et al.* 1974; Kerr *et al.* 1985; Crosse y Gleeson 1988; Freeman 1995, Thomas y Mickan 1987; Stewart y Taylor 1990; Carson *et al.* 2000). Como lo mencionan McDonald *et al.* (2005) no se trata del peso o tamaño del animal como tal, sino todas aquellas decisiones o prácticas

que preceden ese peso que se alcanzó al momento del parto, decisiones inherentes por ejemplo a la alimentación, y que son éstas las que realmente tendrán un impacto negativo o positivo en la producción de leche del animal.

Tal y como se mencionó anteriormente, otro punto de evaluación a tomar en cuenta en un programa de crianza es la sanidad de los animales de reemplazo. En este sentido un adecuado programa sanitario debe enfocarse no sólo en curar las enfermedades que se presenten en finca, sino que abarque al mismo tiempo su prevención.

Una mejora en la prevención de enfermedades y práctica tanto de manejo alimenticio como sanitario, es la suplementación de calostro a los neonatos durante sus primeras horas de vida. La suplementación de una adecuada cantidad y calidad del calostro en las primeras horas de vida, es de vital importancia para que exista una apropiada transferencia de inmunidad pasiva, el cual representa el factor más determinante en la salud y supervivencia de las terneras (McGuirk y Collins 2004).

Diversos estudios han buscado determinar la existencia de una relación entre la transferencia de inmunidad pasiva y aspectos productivos como el nivel de producción de leche y aspectos como el desarrollo de los animales. En este sentido autores como Robinson *et al.* (1988) encontraron que existe gran influencia de las concentraciones séricas de inmunoglobulinas entre 24 y 48 horas de vida y las tasas de crecimiento de los animales antes de 180 días de edad, siendo esta influencia mayor en edades entre 70 y 105 días, etapa que concordó con el destete, periodo de agrupamiento de los animales y donde posiblemente hay mayor número de factores externos que provocan estrés. Aparentemente animales con mayores concentraciones de inmunoglobulinas en suero, tienen mayor habilidad para resistir a factores ambientales perjudiciales.

Es de suponer que si la transferencia de inmunidad pasiva tiene efectos sobre el crecimiento lo tenga directa o indirectamente sobre la subsecuente producción de leche de los animales. Es por esto que Denisee *et al.* (1989) buscaron establecer si existe o no dicha relación, analizando la relación entre concentraciones de inmunoglobulinas en suero de terneras con respecto a la producción de éstas en la primera lactancia. Se encontró en su estudio que había una relación de 8,5 kg de leche al equivalente adulto por cada unidad de inmunoglobulinas (mg/ml) y una relación de 0,28 kg de grasa por unidad de inmunoglobulinas (mg/ml). Ellos explican que las razones biológicas por las cuales esto sucede no están muy claras, pero asocian una buena transferencia de inmunidad pasiva a un adecuado consumo de calostro y con este consumo, un nivel alto de ingestión de otras sustancias nutricionales que influyen el crecimiento y con ello la producción.

A pesar de que en Costa Rica se han realizado varios estudios en los cuales se evalúa la eficiencia en transferencia de inmunidad pasiva (Elizondo y Rodríguez 2013; Sánchez 2010 y Benavides 2011), aún no se han realizado estudios sobre la relación entre la transferencia de inmunidad pasiva y su efecto sobre el desarrollo de los reemplazos. Por esta razón, y el hecho de que los estudios similares al presente trabajo se realizaron hace más de 20 años y en otras latitudes, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar específicamente si existe un efecto de la concentración de inmunoglobulinas calostrales en el suero de estos animales sobre el crecimiento de terneras de lechería.

OBJETIVOS

a. General:

1. Determinar la relación entre la inmunidad pasiva adquirida y la tasa de crecimiento en terneras de lechería a edades tempranas en una finca lechera comercial en Pital de San Carlos.

b. Específicos

1. Determinar la adquisición de inmunidad pasiva en terneras nacidas durante el periodo de estudio.
2. Determinar la presencia o prevalencia de enfermedades en las terneras objeto de estudio.
3. Estimar el peso de las terneras de forma semanal para determinar la ganancia de peso.
4. Determinar la relación entre la inmunidad pasiva y la tasa de crecimiento a edades tempranas.

REVISIÓN DE LITERATURA

La producción agropecuaria es uno de los sectores productivos más importantes en países como Costa Rica, dado que son países denominados en desarrollo y cuya población en su mayoría aún labora la tierra ya sea en producciones pecuarias o cultivos. Además de ser una actividad en la cual se aprovecha los recursos que la tierra facilita para proveer de alimento y de recursos económicos al ser humano.

La actividad lechera es una de estas producciones pecuarias que permiten al ser humano extraer nutrientes del suelo y además proveer a partir de estos un producto higiénico y nutritivo a la población, rico en proteínas, vitaminas y minerales. Sin embargo, el impacto de estos sistemas productivos no sólo se logra denotar a nivel de aprovechamiento de nutrientes y aportes nutricionales sino que además, en un sentido económico ya que por ejemplo la agro cadena lechera en Costa Rica es un actividad que tiene participación importante dentro del Producto Interno Bruto (PIB), con un valor del 1,7%, y que se distribuye en un 61,5% proveniente de la ganadería de leche y el 38,5% de la industria de transformación de lácteos (Campos 2005).

Dada la importancia que la industria y la producción lechera tienen para el país, el sector lechero debe optimizar sus sistemas de producción e industrialización de la leche y de esta forma, obtener una cantidad suficiente y que ésta sea de buena calidad de manera que se satisfaga el mercado y al consumidor. Asimismo ser eficientes en obtener animales para cubrir las necesidades de reemplazo o crecimiento, para lograr ya sea una producción mantenida en el tiempo o se tengan posibilidades de crecer. Un adecuado desarrollo de reemplazos debe ser también un objetivo primordial en una explotación pecuaria de este tipo.

Ser eficiente dentro de este tipo de actividades productivas no es fácil ya que dentro del sector agropecuario, la lechería como unidad productiva se vuelve extremadamente compleja, pues según Haynes y Williams (1994), la productividad está fundamentalmente condicionada por las relaciones físicas entre ganado-pastura-suelo. Esto por mencionar algunos de los factores que hacen de la producción de leche una producción muy interesante y con un nivel de complejidad considerable.

Dentro de todos los factores que influyen la productividad y eficiencia de una finca se encuentra la crianza de reemplazos, misma que debe considerarse como una de las actividades más importantes en las explotaciones lecheras, dado que éstas serán las futuras hembras que irán en sustitución para los animales que resultan difíciles de mantener debido a su edad, rendimiento o estado de salud. Es por ello que se debe buscar ser lo más eficiente en su crianza y tener en mente que la estabilidad de la producción de leche en la finca a futuro dependerá, en gran manera, del trabajo que se realice con estos animales.

A pesar de esto, Solano (1993) menciona que en las fincas intensivas de Costa Rica, el componente de crianza era para ese año el de menor interés por parte de los ganaderos en lo que se refiere a evaluación y mejoramiento, y en la actualidad ese interés parece no haber aumentado de manera considerable.

En este sentido, todo programa de crianza debe ser evaluado, dada la importancia del mismo, máxime si se piensa en el aspecto económico que involucra el sistema. Aspecto muy importante ya que se estima por ejemplo, que hasta un 15 a 20% del total de costos de producción de leche en una finca corresponden a la crianza de reemplazos (Heinrichs 1993). Esta evaluación puede realizarse mediante el uso de parámetros como estado sanitario de los reemplazos, mortalidades, pesos y ganancias diarias de peso, edad a primer empadre, edad y peso al primer parto, condición corporal y costos, entre otros.

Todos estos parámetros son sumamente importantes, pero el estado sanitario de los animales se relaciona con los demás de manera directa ya que

animales con un mejor estado de salud no solo tienen menores probabilidades de morir (Muggli *et al.* 1983), sino que además cuentan con condiciones más óptimas para su desarrollo.

Un adecuado estado de salud en los reemplazos se busca desde edades tempranas. En este sentido se debe tomar en cuenta que al momento del nacimiento, el sistema inmune de las terneras es inmaduro y no tiene la capacidad de producir suficientes inmunoglobulinas para combatir infecciones, razón por la cual existe una dependencia de la transferencia pasiva de las inmunoglobulinas presentes en el calostro (Elizondo 2009). Esto hace suponer que la transferencia de inmunidad pasiva juega un papel muy importante en el estado de salud de los animales y en el desarrollo de los mismos.

Tomando en cuenta la relevancia de la inmunidad pasiva, es importante mencionar los factores que podrían interferir en que la misma se logre transmitir de manera correcta.

Factores a considerar en la transferencia de inmunidad pasiva:

- **Estado inmune del ternero neonato:**

Los bovinos presentan una placentación epiteliocorial que impide el paso de las macromoléculas, entre ellas las inmunoglobulinas. Por ello esta especie es prácticamente agammaglobulinémica al nacimiento, necesitando la ingestión y absorción de anticuerpos y otros factores que aporten una inmunidad pasiva (Aldridge *et al.* 1992).

En este sentido David *et al.* (2003) indican que la proliferación en las áreas interfoliculares de las placas iniciará sólo si se ingieren antígenos mediante el fluido amniótico lo cual no se da en la totalidad de los casos. Lo que refuerza lo indicado por Sangild *et al.* (2000) quienes indican, que la tasa de proliferación de linfocitos en las Placas de Peyer incrementa hasta el nacimiento. Mientras que con la ingesta de calostro en el bovino aumenta la mitosis de los linfocitos B además

de algunos otros factores que pueden ser estimulados con dicha ingesta (Julius *et al.* 1988) y donde se pueden mencionar que el consumo del calostro reduce la apoptosis en las Placas de Peyer lo cual es beneficioso para el sistema inmune del ternero (David *et al.* 2003).

Los terneros recién nacidos casi no tienen anticuerpos, a menos que se infecten en el útero. Los niveles circulantes de IgA, IgG₁, e IgG₂ auto producido no alcanzan niveles significativos en los terneros hasta 16 a 32 días después del nacimiento. Esto significa que la respuesta inmune de bovinos no es eficaz durante al menos 2 a 4 semanas después del nacimiento (Barrington y Parish 2001). Rajaraman *et al.* (1997) encontraron además que los terneros neonatos tienen una concentración muy baja de vitamina A y esto está muy relacionado con el correcto funcionamiento inmunológico por lo que el ternero recién nacido depende en gran medida de la inmunidad pasiva transferida de la vaca adulta a través del calostro. Se cree que el papel principal para el componente celular del calostro es interactuar con el desarrollo de la inmunidad local y para modular la inmunización activa del intestino neonatal (Barrington y Parish 2001).

- **Composición nutricional del calostro e importancia del mismo en la salud del ternero.**

El calostro es la secreción de la glándula mamaria en las primeras 24 horas después del parto. La composición total de sólidos del calostro es de 21 a 27%, mientras que la leche se compone de 12 a 13%. El calostro contiene altos niveles de inmunoglobulinas, las cuales juegan un papel importante en el establecimiento de la inmunidad pasiva en el ternero, y juegan un papel importante a nivel intestinal (Jaster 2005).

En el calostro de las vacas lecheras se encuentran 3 tipos de inmunoglobulinas: IgG, IgM e IgA, que normalmente representan alrededor de 85 a 90,5 y 7%, respectivamente, del total de Ig en el calostro (Larson *et al.* 1980;

Roy 1980). Hay 2 tipos de IgG: IgG₁ e IgG₂, estas inmunoglobulinas trabajan juntas para proporcionar al ternero inmunidad pasiva hasta que el ternero desarrolle su propia inmunidad activa (Elizondo 2007a).

Desde hace varios años, se ha establecido que la ingesta de calostro ayuda en la adaptación de los terneros a su nuevo ambiente, que es importante en la transferencia de inmunidad pasiva, apoya el desarrollo y la función del tracto gastrointestinal (GI) y además influencia el sistema metabólico, el sistema endocrino y el estado nutricional neonatal (Stott y Fellah 1983).

La energía en el calostro es también importante para el recién nacido inmediatamente después del nacimiento, ya que los terneros nacen con bajas reservas energéticas y la protección aislante es generalmente pobre, en particular durante las primeras horas después del nacimiento. De esta forma, el contenido de energía del calostro puede afectar la termorregulación (Quigley y Drewry 1998).

Okamoto *et al.* (1986) estimaron que los lípidos endógenos almacenados podrían ayudar a mantener el metabolismo en los terneros durante aproximadamente 15 horas y que las reservas de glucógeno se agotan en menos de 3 horas. La producción de calor en los terneros mantenidos en un ambiente de 10°C se incrementó en un 18 y un 9% en la primera y segunda hora después del consumo de calostro (Vermorel *et al.* 1983). Así, la alimentación de calostro para proporcionar energía y glucosa o precursores de glucosa es fundamental para los terneros recién nacidos, en particular si los terneros nacen en ambientes fríos (Quigley y Drewry 1998).

El calostro bovino contiene además más grasa, lactosa, proteínas y péptidos, vitaminas solubles en grasa, minerales, diversas enzimas, hormonas, factores de crecimiento, nucleótidos, poliaminas, y citoquinas que la leche (Campana y Baumrucker 1995). A excepción de la lactosa, estos compuestos son particularmente abundantes en el calostro, pero disminuyen rápidamente en un

plazo aproximado de 8 días, alcanzando entonces las cantidades típicas de la leche (Grütter y Blum 1991). Sin embargo, la calidad del calostro y sus propiedades físicas no son constantes, esta calidad y sus propiedades se ven afectadas por una serie de factores como edad del animal, la raza, el número de lactancias, la dieta y enfermedades, entre otros (Pritchett *et al.* 1991; Devery y Larson 1983; Robinson *et al.* 1988 ; Nousiainen *et al.* 1994).

El calostro de las vacas que no están suplementadas con vitamina E durante el período seco, por ejemplo, puede proporcionar cantidades inadecuadas de vitamina E a los terneros después del parto, dado que el nivel de la misma en el calostro es más bajo (Quigley y Drewry 1998). Debido a que algunas vitaminas no cruzan la barrera placentaria, el calostro es la principal fuente de estos nutrientes para el ternero después del nacimiento.

De todos los nutrientes aportados al ternero por parte del calostro, el más importante son las inmunoglobulinas. El contenido de inmunoglobulinas en el calostro es sumamente variable dependiendo de diversos factores.

a) La raza del animal.

Autores como Muller y Ellinger (1981) han investigado el efecto de la raza sobre la concentración de inmunoglobulinas en el calostro encontrando que existe una diferencia en la concentración de inmunoglobulinas de acuerdo a la raza del animal. En su estudio el calostro de vacas Jersey presentó concentraciones mayores de inmunoglobulinas G (6,65%), inmunoglobulinas A (1,86%) e inmunoglobulinas M (0,53%) que las demás razas (Ayrshire, Pardo Suizo, Guernsey y Holstein). El calostro de vacas Holstein fue más bajo en inmunoglobulina G (4,12%) mientras que el de Guernsey fue menor en inmunoglobulina A (0,90%) e inmunoglobulina M (0,39%).

En Costa Rica Sánchez (2010) realizó un estudio en la zona norte en el cual se caracterizó la transferencia de inmunidad pasiva en las fincas lecheras de la

región. Uno de los aspectos evaluados fue el efecto de la raza de animal tomando en cuenta únicamente animales de las razas Holstein y Jersey. Pese a lo que encontraron Muller y Ellinger (1981), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la concentración de Ig del calostro, pues el promedio fue de $89,9 \pm 4,2$ y $90,2 \pm 7,1$ g/L de Igs para calostros provenientes de vacas de la raza Holstein y Jersey, respectivamente.

La raza del animal claramente influenciará el contenido de inmunoglobulinas en el calostro pero la variabilidad en los resultados lleva a pensar que hace falta aún mayor investigación pertinente al tema.

b) Número de lactancias.

Uno de los factores asociados a la calidad del calostro y a su alta variabilidad es el número de parto de la vaca. Se espera que el calostro producido por animales de primer parto presenten una menor concentración de Igs respecto al producido por vacas con cuatro o más partos. Estudios han demostrado un incremento en la concentración de Igs conforme aumenta número de lactancias (Robinson *et al.* 1988; Tyler *et al.* 1999; Gulliksen *et al.* 2008). Los autores indican que este incremento puede deberse a que los animales de mayor edad han sido desafiados por un mayor número de patógenos con lo cual han tenido que desarrollar aún más su sistema de defensas. En este sentido Muller y Ellinger (1981) evaluaron la concentración de inmunoglobulinas calostrales por el número de partos, utilizando vacas con primera, segunda, tercera, y cuarta o posterior lactancia, ellos encontraron que la concentración de inmunoglobulinas calostrales era inferior en novillas de primer parto (5,68%) que en vacas de tercero (7,91%) y cuarto (7,53%).

c) Nutrición de la vaca en el periodo seco y duración del mismo.

En cuanto a la duración del periodo seco se ha mencionado que periodos secos muy cortos (menor a tres semanas), no dan al animal tiempo suficiente para acumular Igs en la glándula mamaria (Nousiainen *et al.* 1994).

El efecto de la nutrición de la vaca en periodo de transición sobre la calidad del calostro no ha obtenido resultados consistentes. Sin embargo, investigaciones como la de Hough *et al.* (1990) que han analizado los efectos de nutrientes como la proteína cruda en la dieta y su efecto en la concentración de Igs en calostro, han determinado que esta concentración no se ve afectada al menos a las 24 horas. A pesar de ello y coincidiendo con lo encontrado por otros investigadores como Burton *et al.* (1984) si bien es cierto la concentración de Igs en el calostro no se ve afectada, si se afecta la absorción por parte de las terneras al hacer una restricción en algún componente de la dieta.

En cuanto al componente energético del calostro, éste depende básicamente del contenido de grasa, el cual es marcadamente variable (Quigley *et al.* 1995). Parrish *et al.* (1950) informaron que el porcentaje de grasa en el calostro varió entre 0,3 y 18,0%. Esto resulta en una variabilidad muy similar al contenido de grasa que se ha informado para vacas Jersey (Quigley *et al.* 1994). La variación inherente al contenido de grasa implica una amplia variación en la energía a disposición de los terneros.

Se ha intentado para mejorar el contenido energético del calostro la incorporación de niveles de grasa a nivel de dieta de la vaca para así aumentarlos a nivel de calostro y de esta forma obtener más energía. Sin embargo, esta manipulación no se ha traducido en un aumento de contenido de energía (Quigley y Drewry 1998). Estudios como los realizados por Weiss *et al.* (1994) informan que no hay efectos sobre el contenido de grasa del calostro aún con la adición de 200 g de grasa / día durante 14 días preparto.

Se hace necesaria mayor investigación para identificar los mecanismos biológicos relacionados con la síntesis de grasa y de transporte hacia el calostro y la importancia que esta tiene para el recién nacido. Deben ser estudiados más a fondo con el fin de comprender como se da este transporte para poder mejorar el contenido energético del calostro y sobre todo si se puede mejorar.

El nivel de inmunoglobulinas ha sido evaluado también de acuerdo a niveles diferentes de proteína en la dieta, y de cómo estos niveles podrían afectar también el contenido de proteína y energía en el calostro.

No está claro aún si la modificación de la dieta preparto (por ejemplo, con proteínas protegidas o aminoácidos) mejoraría el balance de energía o proteína de los terneros recién nacidos o mejoraría al menos la absorción de Igs. Pese a que la producción de proteínas de la leche puede ser mayor cuando las vacas son alimentadas con proteínas protegidas o aminoácidos, no se sabe si el contenido de proteínas en calostro puede ser mejorado en esta manera (Quigley y Drewry 1998).

Hook *et al.* (1989) indican que novillas Holstein que fueron alimentadas con 13% de PC en la MS de la ración no producen más calostro o el calostro con más IgG o IgM que las novillas que fueron alimentados con 9,9% de PC.

Claramente la información disponible no es suficiente para determinar los efectos de la manipulación del contenido proteico de la dieta sobre las concentraciones de inmunoglobulinas, con lo que se hace necesario realizar más investigación al respecto.

d) Volumen de calostro producido.

Según Elizondo (2007a), el volumen de calostro producido al primer ordeño después del parto influye significativamente sobre la concentración de Igs, ya que

grandes volúmenes de calostro diluyen las Igs acumuladas en la glándula mamaria. Por lo tanto, la concentración de Igs es más alta en el calostro del primer ordeño después del parto y disminuye en los ordeños subsiguientes. La concentración de Igs está inversamente relacionada con el nivel de producción de calostro al inicio de la lactancia, lo que significa que vacas, altas productoras, pueden tener calostro con una concentración baja de Igs, aún en el primer ordeño después del parto (Morin *et al.* 1997).

e) Otros.

Existen además otros factores que pueden afectar las concentraciones de inmunoglobulinas en el calostro. Factores como programas de vacunación (Roy 1990), temperatura ambiental donde el estrés por calor puede notablemente afectar la composición del calostro y el contenido de Igs, donde el rendimiento de calostro no se reduce pero si el contenido total de grasa, lactosa, energía, PC, IgG e IgA son menores que en condiciones de temperatura de confort (Nardone *et al.* 1997). Según Elizondo (2007a), hay además aspectos como el ordeño pre-parto o la pérdida de calostro de la ubre por goteo durante los últimos días de gestación que pueden ser motivo de bajas concentraciones de inmunoglobulinas.

- **Determinación de la calidad del calostro.**

Es importante en este sentido mencionar como se puede llevar a cabo la valoración práctica de la calidad de un calostro, de manera que se asegure que el ternero o la ternera consuman un calostro de calidad, con las implicaciones que esto trae para la salud del mismo.

Para estimar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro y poder determinar si éste es de buena o mala calidad, se utiliza un instrumento conocido como calostrómetro, el cual clasifica el calostro en una escala de colores, así uno

de baja calidad le asigna el color rojo, a uno de calidad media el color amarillo y a un calostro de buena calidad le asigna el color verde (Elizondo 2007b).

- **Habilidad de la ternera para absorber inmunoglobulinas.**

Está claro que la inmunidad pasiva se transfiere desde la vaca al ternero a través del calostro. La absorción intestinal se da en las células por un tiempo limitado después del nacimiento (Elizondo 2007a). La absorción de macromoléculas en las células parece no ser selectivo; sin embargo, algunas sustancias no se transfieren a la sangre (Bush y Stanley 1980). El cese de la transferencia de material desde las células epiteliales a la sangre se produce espontáneamente a una velocidad progresivamente mayor después de 12 horas de edad con una media de tiempo de cierre aproximadamente a las 24 horas. Las proporciones de las diferentes clases de inmunoglobulinas en el suero de los terneros después de la ingestión de calostro reflejan las proporciones en el calostro cuando la absorción se ha completado (Bush y Stanley 1980).

La cantidad total de Igs ingeridas por unidad de peso corporal delimitada por la cantidad consumida de calostro y concentración de las mismas, poco después del nacimiento, es el factor más importante que determina la concentración de estos en el suero (Hancock 1985). En contraste, curiosamente la eficiencia de absorción de otras inmunoglobulinas como la IgM disminuye a medida que la ingesta aumenta, por lo que la ingestión de una mayor cantidad de IgM no aumenta la cantidad absoluta absorbida (Bush y Stanley 1980).

Así, para una adecuada concentración de inmunoglobulinas en la sangre se debe tener además de una adecuada ingestión, una eficiencia de absorción. Esta eficiencia se reduce cuando la ingestión del primer calostro se retrasa, lo que indica la importancia de la toma de calostro inmediatamente después del nacimiento (Bush y Stanley 1980).

Pritchett *et al.* (1991) observaron que terneras alimentadas con 2 L de calostro alto en Ig a las 0 y 12 h tuvieron concentraciones de IgG₁ en suero significativamente más altas a las 8, 12, 24 y 48 horas de nacidas que terneras alimentadas de manera semejante con calostro bajo en Igs. La cantidad total de IgG₁ ingeridas por las terneras que consumieron calostro de mejor calidad fue aproximadamente dos veces mayor que las de las terneras que consumieron calostro de menor calidad (240 vs 132 g), y la concentración promedio de IgG₁ en suero a las 48 h fue aproximadamente dos veces mayor (21 vs 12 mg/ml). La absorción de IgG₁ fue aún mayor cuando 4 L de calostro alto en Igs en vez de 2 L fue alimentada a las 0 h, indicando que la saturación de los mecanismos de absorción no había ocurrido cosa que proponían Stott y Fellah (1983). Las terneras que se alimentaron con 4 L de calostro alto en Igs recibieron 50% más IgG₁ que aquellas terneras que se alimentaron con 2 L (361 vs. 240 g) y la concentración promedio de IgG₁ en el suero a las 48 h fue aproximadamente 50% más alto (30 vs. 21 mg/ml). En el mismo estudio se demostró que terneras alimentadas con 4 L de calostro alto en Igs en la primera toma absorbieron IgG₁ tan eficientemente como terneras alimentadas con 2 L de calostro bajo en Igs, lo que indica que es ventajoso alimentar un volumen alto de calostro en Igs al nacimiento.

Se ha demostrado además, que el método de alimentación es un factor importante a considerar ya que este puede afectar la concentración de inmunoglobulinas en el suero de las terneras, así como también podría influir el fraccionamiento de las porciones de calostro, por ejemplo alimentar en una o dos tomas la cantidad del calostro requerido por el animal.

En lo referente al fraccionamiento de la cantidad de calostro estudios realizados por Hopkins y Quigley (1997) determinaron que no existen diferencias significativas en la transferencia exitosa de la inmunidad pasiva, medida como la concentración de IgG en suero, al alimentar 3,8 L de calostro en una y dos tomas lo que sugiere que la concentración no se ve afectada según el número de tomas.

Esto coincide con lo presentado por McCoy *et al.* (1970) varios años antes, este estudio tampoco reportó diferencia alguna al alimentar 2 L de calostro en dos tomas o 4 L en una toma. Se podría pensar entonces que lo importante aquí, tal y como se ha mencionado anteriormente, es que la ternera se alimente al tiempo adecuado con una cantidad suficiente de calostro de buena calidad y no en cuantas tomas se le ofrezca la misma.

Por otra parte se ha estudiado si existen diferencias significativas en cuanto a la transferencia de inmunidad pasiva de acuerdo al método de alimentación o suplementación de calostro. En este sentido por ejemplo se han propuesto ideas como las de Stott *et al.* (1981) que mencionan que el hecho de que las terneras permanezcan con sus madres por algunas horas, tiene un efecto fisiológico y psicológico positivo sobre una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, se sugiere que este efecto positivo pueden ser causado por uno o más factores. Pese a lo propuesto anteriormente, en estudios realizados por Nocek *et al.* (1984) se encontró que alimentar calostro de alta calidad con chupón, resultó en una mayor concentración de Ig en suero cuando se comparó con el amamantamiento.

Siempre en el tema del método de alimentación y su efecto sobre la transferencia de inmunidad pasiva, se ha estudiado el uso del alimentador esofágico. Respecto a esto Lateur-Rowet y Breukink (1983) proponían que un aspecto importante a considerar es que al alimentar grandes cantidades de calostro en la primera toma vía un alimentador esofágico se retardaba la adquisición de inmunidad pasiva, ya que el calostro administrado de esta forma no pasa directamente al abomaso, sino que es depositado en el retículo rumen y el paso hacia el abomaso ocurre en unas 3 horas, por tanto el uso del instrumento afectaría una adecuada transferencia de inmunidad. Sin embargo esto se ha descartado más recientemente, por ejemplo Kaske *et al.* (2005) reportaron que se obtuvo una mayor concentración de IgG en sangre a las 24 horas de vida en animales alimentados con el alimentador esofágico con respecto a otro grupo alimentado con chupón, lo cual se explicaba fácilmente ya que se pudo alimentar

con el doble de calostro cuando se utilizó el alimentador. Más recientemente se han realizado estudios donde se compara el contenido de IgG en suero sanguíneo comparando los contenidos en sangre de terneras alimentadas con chupón, con alimentador esofágico o una combinación de ambos, donde no se encontraron diferencias significativas al menos a las 0 y 24 horas de vida (Elizondo *et al.* 2011). Esto indica que una opción aceptable de mejorar o asegurar un adecuado consumo de calostro y sin perjudicar la adecuada transferencia de inmunidad es el uso del alimentador esofágico en caso que la ternera o ternero no tenga apetito o se haya negado a ser alimentado con el chupón.

Además de los factores antes mencionados (sistema de alimentación, fraccionamiento de la cantidad de calostro ofrecida, tiempo entre el nacimiento y la primer alimentación de calostro, entre otros) la concentración de Igs en sangre va a depender de factores como el tamaño del ternero ya que el volumen de plasma del mismo va a ser mayor por lo cual requerirá de más cantidad de inmunoglobulinas para alcanzar la misma concentración en suero sanguíneo (Quigley *et al.* 1998).

Existen algunas teorías que indican que hay factores en la dieta que podrían afectar de manera indirecta la absorción de Igs principalmente la IgG, factores como la adición de sales aniónicas en la dieta preparto que podrían disminuir la absorción de la misma por parte del ternero neonato (Joyce y Sanchez 1994). En este sentido se tienen resultados variables ya que Morrill *et al.* (2010) encontraron que no existen diferencias en el contenido de inmunoglobulinas en el suero de las terneras nacidas de animales con dietas en las que se incluyen las sales y las hijas de aquellas a las que no se le incluye en la dieta.

Importancia de la transferencia de inmunidad pasiva en la salud:

A pesar de que existen prácticas de manejo como la adición de uridina 5´monofosfato en los reemplazadores lácteos, que pueden ayudar a mejorar la respuesta inmune del neonato (Mashiko *et al.* 2009), la importancia del calostro y la transferencia en general de inmunidad pasiva no se pone en duda, y sigue siendo el factor principal para asegurar un estado sanitario activo adecuado para el ternero.

Según Elizondo (2007a), terneras que presentan concentraciones bajas de inmunoglobulinas absorbidas en el suero sanguíneo son más susceptibles a enfermedades e infecciones debidas a diversos agentes patógenos. Lo cual se refuerza con estudios como los realizados por Corbeil *et al.* (1984) donde demostraron que animales que absorbieron menor cantidad de inmunoglobulinas eran más susceptibles a sufrir pneumonía a los 2 meses de edad, enfermedades como ésta traen consigo pérdidas económicas considerables. Es por eso que una apropiada transferencia de inmunidad pasiva representa un factor determinante en la salud y supervivencia de las terneras (McGuirk y Collins 2004). En este sentido, Heinrichs *et al.* (1994) demostraron que terneros con concentraciones bajas de proteínas séricas en sangre entre las 24 y 48 horas de vida tienen el doble de probabilidades de morir antes de los 56 días de edad. Lo que refuerza lo propuesto por Pritchett *et al.* (1991) quienes demostraron que un fallo parcial o total en la transferencia de inmunidad pasiva es el principal factor responsable de enfermedades neonatales y mortalidad en terneros ya que la mayor línea de defensa para los patógenos invasores para los bovinos neonatos son las inmunoglobulinas provenientes del calostro (Denisee *et al.* 1989).

Jaster (2005) indica que en la mayoría de las fincas en los Estados Unidos, gran parte de la morbilidad y mortalidad de los terneros está asociada a una inadecuada suplementación de calostro.

En Costa Rica por otra parte, no se aprecia una tendencia a la mejora ya que al menos en los últimos 3 años (Elizondo y Rodríguez 2013; Sánchez 2010 y

Benavides 2011) han realizado caracterizaciones de la transferencia de inmunidad pasiva y los porcentajes de animales con inadecuada transferencia o con fallo de transferencia han sido variables (36, 33 y 49,86%) y no precisamente indican mejora.

Relación entre inmunidad pasiva y velocidad de crecimiento.

Es de suponer que animales enfermos difícilmente se desarrollan adecuadamente. El estado sanitario tiene un efecto muy considerable sobre la velocidad de crecimiento, en especial durante los primeros 6 meses de vida dado que enfermedades como la septicemia y la neumonía pueden incluso retrasar el crecimiento entre 13 y 15 días (Donovan *et al.* 1998).

En este sentido Waltner-Toews *et al.* (1986) evaluaron el efecto del estado sanitario de terneras en edades tempranas, teniendo en cuenta el efecto finca, sobre la supervivencia y la edad al primer parto. Ellos encontraron, que terneras que habían sido tratadas para neumonía durante los primeros tres días de vida tenían una probabilidad 2,5 veces mayor de morir antes de los 90 días de edad que aquellas que no habían sido tratadas. Terneras que tuvieron tratamientos por diarreas en edades tempranas tenían una probabilidad 2,5 veces mayor que el resto de las terneras de ser vendidas y una probabilidad 2,9 veces mayor de parir 3 meses después que terneras que no hubiesen sido tratadas.

Otros estudios como los realizados por Correa *et al.* (1988) refuerzan lo anterior, ya que estos investigadores obtuvieron que terneras que no habían sufrido enfermedades respiratorias tenían dos veces más probabilidades de parir, además tenían altas probabilidades de parir 6 meses antes que aquellas que si presentaron enfermedad.

La transferencia de inmunidad pasiva no sólo es importante para los animales recién nacidos sino que es un factor importante en la salud general de los terneros en diferentes etapas de su crianza. Según proponen Robinson *et al.* (1988), las variaciones en las cantidades de inmunoglobulinas en el suero de terneros aún a los 35 días se explican en un 49% de los casos por las variaciones en las cantidades de inmunoglobulinas en el suero sanguíneo de los mismos entre las primeras 24 y 48 horas de vida. Es aquí donde se resalta aún más la importancia de una adecuada inmunidad pasiva, no sólo en la respuesta a enfermedades sino también de manera indirecta sobre el adecuado desarrollo de los mismos.

Existen además estudios que han buscado determinar si existe una relación entre la transferencia de inmunidad pasiva y aspectos productivos como el nivel de producción de leche y aspectos como el desarrollo de los animales. Autores como Robinson *et al.* (1988) encontraron que existe una gran influencia de las concentraciones de inmunoglobulinas entre las 24 y 48 horas de vida y las tasas de crecimiento de los animales antes de los 180 días de edad, siendo esta influencia mayor en edades entre los 70 y los 105 días, periodo que concordó con el destete de los animales objeto de su estudio, periodo de agrupamiento de los animales y donde posiblemente hay mayor número de factores externos que provocan estrés.

Aparentemente animales con mayores concentraciones de inmunoglobulinas en suero, tienen mayor habilidad para resistir a factores ambientales perjudiciales.

Es de suponer que si la transferencia de inmunidad pasiva tiene efectos sobre el crecimiento, lo tenga directa o indirectamente, sobre la subsecuente producción de leche de los animales. Es por esto que Denisee *et al.* (1989) buscaron establecer si existe o no dicha relación, analizando el efecto de concentraciones de inmunoglobulinas en suero de terneras sobre la producción de

estas en la primera lactancia. Se encontró en su estudio que había una relación de 8,5 kg de leche al equivalente adulto por cada unidad de inmunoglobulinas (mg/ml) y una relación de 0,28 kg de grasa por unidad de inmunoglobulinas (mg/ml). Ellos explican que las razones biológicas por las cuales esto sucede no están muy claras, pero asocian una buena transferencia de inmunidad pasiva a un adecuado consumo de calostro y con este consumo, un nivel alto de ingestión de otras sustancias nutricionales que influyen el crecimiento y con ello la producción.

En Costa Rica se han hecho caracterizaciones sobre la transferencia de inmunidad pasiva (Elizondo y Rodríguez 2013; Sánchez 2010 y Benavides 2011) pero aún no se han realizado estudios sobre la transferencia de inmunidad pasiva y su efecto sobre el desarrollo de los reemplazos, lo cual deja abierto este campo de investigación. Es precisamente este vacío el que se quiere empezar a trabajar en el presente estudio para ir logrando avances en dicho tema valorando además al mismo tiempo si realmente en nuestras latitudes vale o no la pena hacer especial énfasis en estos puntos y buscar otras opciones de mejora.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una finca comercial ubicada en Pital de San Carlos a una altura aproximada de 156 m.s.n.m, con humedad relativa promedio de 75-80% y temperatura promedio de 28°C.

Se inició en abril del 2013 y finalizó en octubre de ese mismo año. Durante este tiempo fueron muestreados 156 animales en donde la totalidad de ellas fueron hembras. Se realizaron visitas semanales para obtener información de Proteína Sérica Total (PST), peso de los animales y consumo diario.

- Muestreo sanguíneo y determinación de Inmunidad pasiva.

Se tomaron muestras de sangre por venopunción yugular con el sistema Vacutainer® de tubos al vacío sin anticoagulante (tapa roja) en terneras de la raza Pardo Suizo, Holstein, Jersey, Brahman, Gyr y sus posibles cruces, con edades entre 1 y 7 días (Trotz-Williams *et al.* 2008) que consumieron calostro por medio de amamantamiento o por medio de chupón durante su primer día de vida, para un total de 160 muestras de las cuales 156 fueron efectivas.

Las muestras de sangre se manejaron de acuerdo con el procedimiento descrito por Johnson *et al.* (2007), donde las muestras son refrigeradas durante la noche a 4°C, posteriormente se centrifugan a 3000 rpm durante 15 minutos para separar la fracción sérica. Finalmente, se toma una gota de suero y se coloca en un refractómetro de mano (Atago Master-Sur/Nα, Bellevue, WA) para determinar la concentración de proteína sérica total (PST). Para fines del presente estudio, se consideró como una falla en la adquisición de inmunidad pasiva, cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dL (Donovan *et al.* 1998).

- Alimentación.

Las terneras consumieron el calostro vía amamantamiento directo, sin que medie algún método de aseguramiento de consumo de calostro, esto en su gran mayoría, aunque en algunos casos se ofreció calostro con chupón cuando se tenía duda de si la cría había consumido o no el calostro.

La alimentación de las terneras consistió en 4 litros diarios de leche íntegra en 2 porciones, agua e iniciador (1,65 Mcal EN_L, 3% grasa y 18% proteína) a libre consumo desde el día 0 hasta el día 45. Luego de 45 a 90 días de vida se les ofrece 2700 gramos diarios de iniciador en promedio, sal y minerales, alimentándose a ese momento en forma grupal.

Cabe mencionar que éste no es un programa de alimentación propuesto sino el programa que se utiliza en la finca en la que se realizó el estudio.

- Medición de consumo.

A los animales se les ofreció alimento balanceado a partir del primer día, iniciando con pequeñas cantidades (365 g/día) y estimulando a los animales a consumirlo. Éste se ofreció de manera fresca todos los días por la mañana. Se controló el consumo midiendo el ofrecimiento y los rechazos de alimento una vez por semana, cada viernes de cada semana de estudio, esto con el apoyo de una balanza digital. El valor resultante (consumo) se multiplicó por 7 para tener un estimado del consumo total semanal. Ésta medición de consumo se realizó hasta la semana 7 de vida de cada ternera ya que a partir de esta edad las terneras se manejaron en grupos y se imposibilitó el manejo individual de las mismas.

- Mediciones de peso corporal:

Se realizó una medición de peso semanal a los animales desde el nacimiento hasta la semana 9 de vida, la medición vía cinta especializada la hizo siempre la misma persona, el mismo día de la semana y a la misma hora, para evitar inconsistencias y para reducir el error experimental (Khan *et al.* 2007).

- Registro de enfermedades de los animales en estudio:

Semanalmente se tomó nota de los animales en estudio que presentaron alguna enfermedad, de esta manera se logra obtener un registro de cuantos animales enfermaron durante el estudio y que proporción de ellos contaba o no con una inmunidad pasiva adecuada. Además de un registro de las edades a las cuales los animales se volvieron más susceptibles a enfermar.

- Análisis estadístico.

Se generó estadística descriptiva para determinar la proporción de animales con una transferencia de inmunidad pasiva adecuada según el número de lactancia de la madre y la raza de la cría, separando razas grandes y razas pequeñas de acuerdo al peso al nacimiento de las crías, dicho análisis se realizó mediante la prueba de Duncan en donde se determinó si existe o no variación entre razas grandes o pequeñas en concentración de PST utilizando como covariable el peso al nacimiento.

Se realizó además una prueba Duncan por aparte donde se analizó la variación entre concentraciones de PST de acuerdo a las lactancias de la madre, separando los animales en 1,2,3 y 4 o más lactancias.

Los valores de PST se agruparon en categorías de acuerdo al nivel de PST en el suero sanguíneo de la siguiente manera:

- 1) $\leq 4,4$ g/dL
- 2) 4,5 – 5,4 g/dL
- 3) 5,5 – 6,5 g/dL
- 4) $> 6,5$ g/dL

Se analizó la relación del nivel de PST (variable independiente) sobre el crecimiento de los animales (Variable dependiente) por medio del procedimiento MIXED de SAS (versión 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC), donde el animal se consideró como la variable aleatoria y el peso al nacimiento, raza y número de lactancias de la madre como covariable.

Se realizó un estudio de varianzas para determinar si existen diferencias entre grupos en cuanto a consumo y si este incide o no sobre el comportamiento en las tasas de crecimiento.

Se generó además estadística descriptiva sobre morbilidad de los animales objeto de estudio. Logrando información acerca de la incidencia de enfermedades de acuerdo al nivel de PST en suero sanguíneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Transferencia de inmunidad pasiva:

La concentración de proteína sérica total (PST) en los 156 animales muestreados osciló entre los 3 y 9 g/dL, con un promedio general de 5,2 g/dL.

Utilizando como nivel crítico una concentración de 5,5 g/dL de PST propuesto por Donovan *et al* (1998) la falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) encontrada fue de un 64,7%. Valor semejante a lo encontrado por Benavides *et al.* (2013) en donde se obtuvieron valores de 5,7 g/dL promedio y rangos de 2 a 10 g/dL, esto en animales de la misma región Huetar Norte.

Pese a obtener valores semejantes, un aspecto que difiere en gran medida es el porcentaje de animales sin una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, ya que en estudios anteriores al respecto como los realizados por Elizondo y Rodríguez (2013), Sánchez (2010) y Benavides *et al.* (2013) la FTIP no superó el 43,7%. En dichos estudios la información procede de varias fincas y no de una finca única como es el caso del presente estudio. Es por esta razón que vale la pena valorar en un futuro, factores como el tamaño de las fincas en estudio, ya que este puede tener repercusiones sobre algunas prácticas de manejo que afecten la adecuada transferencia de inmunidad de parte de la madre a la cría, esto bajo el entendido que el manejo más individualizado a los animales tiende a dificultarse conforme se maneja un mayor número de animales, y el aseguramiento del adecuado consumo de calostro es precisamente un manejo individualizado como tal, lo cual podría ser perfectamente una explicación del porque la mayoría de animales con alcanzan una adecuada transferencia de inmunidad pasiva (TIP) en este estudio en particular, tratándose de una finca donde se alcanza en algunas épocas hasta 30 nacimientos semanales.

En otras latitudes si bien es cierto este efecto del tamaño de finca se ha tenido en cuenta (Waltner-Toews *et al.* 1986) y otros autores como Beam *et al.*

(2009) lo han incluso estimado como un efecto sobre las concentraciones de PST, sin encontrar diferencia de acuerdo al número de animales que se maneje en el hato. En nuestro país no se ha medido específicamente como tal lo cual abre otro espacio de investigación, quizá sea por este motivo que autores como Jaster (2005) indican que en la mayoría de las fincas en los Estados Unidos gran parte de la morbilidad y mortalidad de los terneros está asociada a una inadecuada suplementación de calostro.

La distribución de las muestras de acuerdo a 4 rangos de PST se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de animales respecto al grupo o rango de PST (g/dL)

Grupo	Rango	PST (g/dL) promedio	%
1	≤4,4	3,9 ± 0,07	27
2	4,5 – 5,4	4,9 ± 0,06	38
3	5,5 – 6,5	5,8 ± 0,08	21
4	> 6,5	7,2 ± 0,09	14

Los resultados al comparar las concentraciones de PST tomando en cuenta el peso al nacimiento y la variación que puede haber entre animales de mayor tamaño respecto a animales de menor tamaño se observan en el siguiente cuadro (Cuadro 2), el coeficiente de variación resultante para esta prueba fue de 23,15.

Cuadro 2. Concentración de PST de acuerdo a la raza.

Grupo	PST (g/dL)	n
Raza grande	5,00 ± 0,18 ^a	70
Raza pequeña	5,43 ± 0,21 ^b	56

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba de Duncan.

Tal y como se puede apreciar en el cuadro 2, la concentración de PST resultó ser estadísticamente diferente, siendo mayor en las terneras de menor tamaño. Lo anterior es concordante con lo que postularon ya desde hace varios años Quigley *et al.* (1998) quienes mencionaban el efecto del volumen de plasma sobre la concentración de PST, los animales con mayor tamaño al nacimiento

necesitan un mayor consumo de inmunoglobulinas para alcanzar una concentración igual o similar a la de un animal con un peso al nacimiento menor. Consecuente además con la información que brindan Sánchez *et al.* (2012), quienes obtuvieron que los animales cruzados Holstein x Jersey presentaron mayor concentración de PST que animales Holstein puros los cuales son de mayor tamaño.

Los datos de concentración de PST de acuerdo al número de partos de la madre se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3.Concentración de PST de acuerdo al número de lactancias de la madre.

Número de lactancias	PST (g/dL)	n
1	5,36 ± 1,23	81
2	5,10 ± 1,19	28
3	5,04 ± 1,18	23
≥ 4	4,83 ± 0,75	24

De acuerdo a la información que se denota en el Cuadro 3 no se obtuvieron diferencias significativas de acuerdo al número de partos de la madre, pese a lo que la literatura indica (Robinson *et al.* 1988; Tyler *et al.* 1999; Gulliksen *et al.* 2008; Muller y Ellinger 1981) en donde se ha mencionado que se espera como resultado que animales hijos de madres con mayor número de lactancias presenten mayores niveles de concentración de PST, lo cual incluso contrasta si se toma como referencias las medias de concentración por grupo, notándose que la concentración, contrario a lo que se esperaba, es mayor en las crías de vacas con una sola lactancia, aunque esto pueda deberse al número de muestras de este grupo y no necesariamente a que realmente sea una tendencia como tal.

Otro punto a tomar en cuenta al analizar estos datos es que tal y como mencionan Kehoe *et al.* (2011) el volumen de calostro producido al primer ordeño después del parto influye significativamente sobre la concentración de Igs, ya que grandes volúmenes de calostro diluyen las Igs acumuladas en la glándula mamaria (Pritchett, *et al.*1991). Esto podría explicar no sólo que la concentración de Igs es más alta en el calostro del primer ordeño después del parto y disminuye

en los ordeños subsiguientes (Oyeniyi, y Hunter 1978; Bush y Staley 1980; Stott *et al.* 1981) sino que además podría ser mayor en vacas primerizas partiendo del hecho que normalmente arrancan con una producción mucho menor que animales que tienen ya dos o más partos.

Registro de salud de los animales.

Del total de animales muestreados ($n = 156$) enfermaron 64 en algún momento durante el estudio, lo cual quiere decir que enfermaron un 41% de los animales, lo cual es preocupante pues es un número bastante elevado, pero es de esperar partiendo del hecho que la FTIP fue de un 64,7%.

Del total de 64 animales que enfermaron (Figura 1), 45 (70,31%) presentaron valores de PST menores a 5,5 g/dL lo cual refuerza el concepto de que animales con adecuada transferencia de inmunidad pasiva tienen mejores líneas de defensa o son menos susceptibles a enfermedades y a los agentes infecciosos tal y como lo proponen autores como Elizondo (2007a) y Corbeil *et al.* (1984). Esto es especialmente interesante si además se toma en cuenta que por ejemplo para este estudio en particular los animales con FTIP no sólo se enfermaron más sino se enfermaron durante más tiempo ya que los animales con PST menor a 5,5 g/dL que se enfermaron por más de una semana fueron 20, caso contrario a los animales con adecuada concentración de PST ($\geq 5,5$ g/dL) que se presentaron únicamente 4 casos.

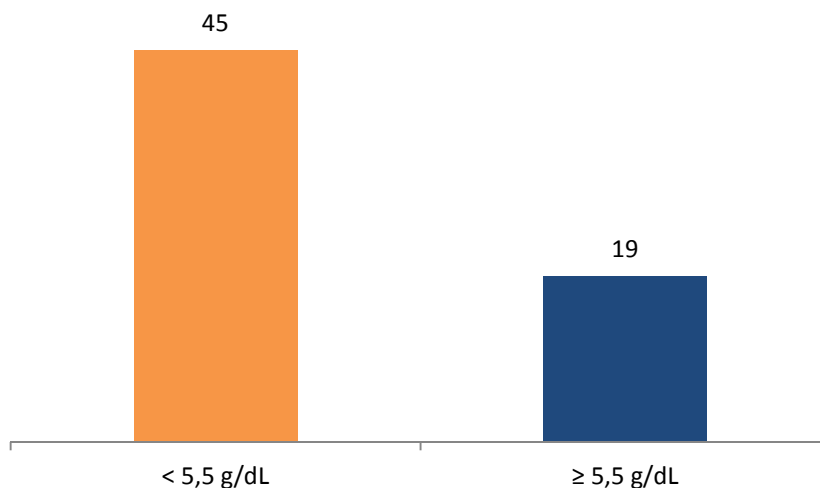


Figura 1. Número de animales enfermos de acuerdo al nivel de concentración de PST.

El número de terneras que se enfermaron cada semana, de acuerdo con los niveles de PST se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Morbilidad semanal (número de terneras enfermas por semana) de acuerdo a concentración de PST.

PST g/dL	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9
< 5,5	5	16	10	9	9	9	8	5	1
≥ 5,5	0	4	3	6	3	3	5	3	3

El Cuadro 4 muestra que los animales con una adecuada transferencia de inmunidad pasiva son menos susceptibles a enfermedades, particularmente en las primeras semanas de vida, datos que refuerzan lo propuesto por autores como Heinrichs *et al.* (1994) quienes demostraron que terneros con concentraciones bajas de proteínas séricas en sangre entre las 24 y 48 horas de vida tienen el doble de probabilidades de morir antes de los 56 días de edad, o lo presentado por Pritchett *et al.* (1991) quienes demostraron que un fallo parcial o total en la transferencia de inmunidad pasiva es el principal factor responsable de enfermedades neonatales y mortalidad en terneros. Esto es concordante con la información de NAHMS (2007) quien reporta que la mortalidad en terneras en la

etapa de pre-destete en los Estados Unidos es en promedio 7,9% y que una gran proporción de estas muertes se pueden atribuir a la FTIP.

En el presente estudio se presentaron únicamente dos muertes, las cuales no tienen mayor relevancia al momento del análisis ya que ambas se debieron a factores ajenos al estudio como lo fueron, un animal que sufrió un accidente en las instalaciones que debió ser sacrificado y otro que fue seleccionado como regalía con lo cual igualmente se sacrificó. Los demás animales únicamente enfermaron o murieron antes de siquiera entrar en el estudio o mejor descrito, sufrieron muerte neonatal.

Análisis de consumo:

En el caso específico de los consumos no presentaron diferencias estadísticas de un grupo respecto a otro, pese a esto es muy importante mencionar que el hecho que dicha diferencia estadística no se presente muy posiblemente se deba a desviaciones estándar muy elevadas las cuales podrían entorpecer el análisis mismo de dicha información.

El hecho de que no haya diferencias significativas entre grupos podría suponer que los animales con mayores concentraciones de proteína sérica total pudieron resultar más eficientes ya que con consumos estadísticamente iguales consiguieron alcanzar el peso de los animales con menores concentraciones de PST tal y como se observará más adelante. Esto concordaría en parte con lo propuesto por Denisee *et al.* (1989) quienes mencionan que las razones biológicas por las cuales esto sucede no están muy claras, pero asocian una buena transferencia de inmunidad pasiva a un adecuado consumo de calostro y con este consumo, un nivel alto de ingestión de otras sustancias nutricionales que influenciarían el crecimiento.

El análisis de los consumos de acuerdo al grupo según concentraciones de PST se detalla en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Evaluación de consumo de alimento según grupo de análisis (consumo de alimento base fresca en gramos totales por semana).

Grupo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
≤4,4	336 ± 294	1327 ± 1258	3259 ± 2328	5485 ± 3337	7987 ± 3825	10010 ± 4125	12882 ± 5148	16741 ± 6117
4,5 – 5,4	125 ± 116	1283 ± 1026	3594 ± 2525	4228 ± 2836	6687 ± 3531	8809 ± 4871	11929 ± 6018	16827 ± 6062
5,5 – 6,5	243 ± 235	1496 ± 1291	3399 ± 2579	4923 ± 3357	8358 ± 3217	9776 ± 3978	13362 ± 5477	18131 ± 6340
> 6,5	166 ± 86	1559 ± 1269	3821 ± 1650	5822 ± 2479	7632 ± 2862	9931 ± 2786	1261 ± 5052	17641 ± 7683

Nota: No se presentaron diferencias estadísticas significativas en consumo ($p > 0,05$).

Análisis de Peso vivo y ganancias de peso.

Al realizar dos tipos de análisis distintos, uno en el cual se evaluaron los pesos absolutos al final de la semana y otro en el cual lo que se evaluó fueron las ganancias de peso diarias, se obtienen resultados distintos pero que abren espacio a la discusión y a un mejor entendimiento de lo que sucede a nivel de campo.

Al analizar propiamente las ganancias de peso diarias promedio, hay muchos factores que se deben tomar en cuenta ya que las tasas de crecimiento se ven influenciadas por diversos componentes como el manejo de la dieta, genética (Faber *et al.* 2005), sistemas de crianza individuales o en grupos, control de parásitos, temperaturas, humedad en los corrales, entre otros.

Se tiene como precedente a este análisis básicamente 2 estudios sobre los que se discutirá en adelante. Robinson *et al.* (1988) por ejemplo, realizaron estudios donde se buscó determinar la relación entre las concentraciones de inmunoglobulinas a nivel sanguíneo y el crecimiento de los animales como tal. Mismo en donde se encontró que hubo una posible influencia en el crecimiento de los animales de manera especial a los 180 días de vida, que para efectos de su estudio coincidió con la edad al destete, lo cual representa una práctica estresante para los animales, y como se ha tratado anteriormente, donde puede tener un papel importante la inmunidad transferida de la madre hacia su cría, donde los animales mejor calostrados tendrían una mejor respuesta al desafío de agentes externos (Elizondo 2007a).

Para el caso específico de los animales objeto de investigación en el presente estudio ocurre algo muy similar a lo descrito por Robinson *et al.* (1988) ya que, aunque el destete se da a la semana 6 de vida, por cuestiones de manejo propias de la finca de la que se extraen los datos, los animales se empiezan a manejar en grupos a partir de la semana 7, y tal y como se puede observar en el Cuadro 6 las diferencias estadísticas en las tasas de crecimiento no se dan sino hasta la semana 8 de vida.

Cuadro 6. Ganancias de peso diarias promedio (kilogramos) según semana de vida de acuerdo a la concentración de PST (g/dL)

Grupo	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9
≤4,4	0,35 ± 0,09	0,08 ± 0,06	0,54 ± 0,07	0,58 ± 0,07	0,76 ± 0,09	0,84 ± 0,12	0,45 ± 0,11	0,63 ± 0,14 ^{ab}	0,67 ± 0,16
4,5 – 5,4	0,23 ± 0,08	0,21 ± 0,05	0,52 ± 0,06	0,55 ± 0,06	0,73 ± 0,08	0,75 ± 0,11	0,57 ± 0,10	0,62 ± 0,12 ^{ab}	0,59 ± 0,14
5,5 – 6,5	0,23 ± 0,11	0,26 ± 0,07	0,53 ± 0,08	0,62 ± 0,08	0,67 ± 0,11	0,72 ± 0,14	0,80 ± 0,13	0,60 ± 0,16 ^b	1,08 ± 0,18
> 6,5	0,26 ± 0,14	0,26 ± 0,07	0,46 ± 0,10	0,60 ± 0,10	0,66 ± 0,14	1,06 ± 0,18	0,48 ± 0,16	0,70 ± 0,20 ^a	0,62 ± 0,23

^{ab} Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Al ser este un estudio básicamente descriptivo ya que se desarrolla en las condiciones normales de la finca y no en condiciones experimentales, los factores múltiples que afectan estas ganancias de peso podrían estar influenciando de mayor manera y no necesariamente esas diferencias provengan de la concentración de PST propiamente, lo cual explica además tanta variación en los resultados.

Sin embargo, por ejemplo, durante las dos primeras semanas en las que los animales se manejan en grupos se tienen animales de razas grandes como las Pardo Suizo, Gyr Brahman o Holstein con animales de razas pequeñas como la Jersey o sus respectivos cruces, con lo que se tendería a pensar que estos animales de menor tamaño, por su genética, están en desventaja desde un punto de vista de competencia por alimentación y mejores condiciones dentro del grupo. No obstante, tal y como se presenta en el Cuadro 6 las ganancias diarias promedio no presentan diferencias significativas estadísticamente sino hasta la semana 8, misma semana que coincide con la primer semana en la que los animales se manejan en grupos en donde el desafío para todas por igual es mayor, lo cual es un factor importante de mencionar.

Lo anterior no solo refuerza lo obtenido por Robinson *et al.* (1988) sino además concuerda con estudios más recientes al respecto como los realizados por Faber *et al.* (2005) quienes midieron las ganancias de peso diarias hasta el día 500 de vida comparando animales que consumieron 2 L de calostro versus animales que consumieron 4 L de calostro de igual calidad y donde encontraron que los animales que consumieron 2 L alcanzaron ganancias de 0,8 kg/día mientras que las que consumieron 4L alcanzaron ganancias significativamente mayores, cuya ganancia promedio fue 1,03 kg/día.

El impacto entonces de la transferencia de inmunidad pasiva no debe verse únicamente desde un punto de vista sanitario y de costos, aunque Faber *et al.* (2005) menciona en su estudio que los animales mal calostrados casi duplicaron el costo veterinario comparándolos a los animales con un adecuado consumo de calostro. Sino que además debe verse desde un punto de vista de desempeño, ya

que mejores ganancias de peso pueden llevar a los animales a tener un peso adecuado a empadrear con una edad menor, situación que mejora la eficiencia productiva de la finca, máxime si se observa desde un punto de vista económico donde adelantar algunos meses la crianza de los animales puede traer beneficios económicos considerables, tal y como lo mencionan Tozer y Heinrichs (2001) quienes por ejemplo estimaron que disminuir la edad a primer parto de 25 a 21 meses disminuía los costos de crianza en un 18%.

Es importante mencionar que se hizo un análisis no solo de las tasa de crecimiento sino además de los pesos absolutos a final de la semana.

Mediante este análisis de los pesos se logra determinar las diferencias en pesos al nacimiento y como se va dando el comportamiento conforme avanza en edad el animal. Para el caso en particular de los animales objeto de estudio en la presente investigación, tal y como se pudo observar en el análisis de concentración de PST de acuerdo a la raza o tamaño del animal, los animales con mayores pesos al nacimiento tuvieron menores concentraciones de PST, y aunque la transferencia de inmunidad pasiva haya sido menor en estos animales ellos llevan ventaja en peso vivo sobre los animales con menor peso al nacimiento, los cuales a pesar de tener mejor línea de defensa inician con un peso menor por un simple efecto de genética.

Algo importante a resaltar de los resultados obtenidos en el presente estudio y tal y como se observa en el Cuadro 7, es que si bien es cierto hay diferencias estadísticas entre grupos durante las primeras cuatro semanas de vida, después de esa semana 4 los animales no presentan diferencias significativas en peso vivo, lo cual supone que los animales con menor tamaño al nacimiento compensan esa diferencia por efecto de una mejor concentración de inmunoglobulinas, al tener una mejor respuesta inmune hacia los factores de riesgo de enfermedades y factores de estrés. Lo anterior no es nuevo, pues se postula desde hace décadas por autores como Muggli *et al.* (1983) que estos animales con un mejor estado de salud no solo tienen menores probabilidades de morir, sino que además cuentan con condiciones más óptimas para su desarrollo,

y en este caso particular, tienen mejor desempeño, alcanzando a equilibrar el peso de los animales con menor concentración de PST pero con mayor peso al nacimiento.

Estas diferencias en desempeño no sólo se han buscado establecer en términos de morbilidad, mortalidad, pesos, tasas de crecimiento o edades a empadre y primer parto (Robinson *et al.* 1988; Faber *et al.* 2005) sino que además se ha buscado establecer relación entre una adecuada o inadecuada transferencia de inmunidad pasiva con el desempeño productivo de los animales una vez que se ha alcanzado la edad adulta en el caso de animales productores de leche que es donde se han llevado a cabo los análisis.

En este sentido, Denisee *et al.* (1989) realizaron un estudio en el cual se relacionó las concentraciones de inmunoglobulinas a nivel sanguíneo y el desempeño productivo de 1000 vacas raza Holstein hasta la primera lactancia, además de analizar el contenido graso de la leche de los animales en estudio. En dicho estudio lograron establecer una relación directa entre concentración de inmunoglobulinas y producción de leche, estimando que por cada unidad de inmunoglobulinas se producía 8,5 kg de leche indicando así la importancia de un adecuado consumo de calostro. Siempre sobre esta línea autores como Faber *et al.* (2005) en estudios más recientes, sin medir propiamente la concentración de inmunoglobulinas pero si estableciendo dos cantidades de consumo de calostros diferentes durante la primer hora de vida con una calidad de calostro idénticas, buscaron establecer si realmente existe relación entre una adecuada transferencia de inmunidad pasiva y un mejor desempeño productivo, dicho estudio se realizó en condiciones experimentales necesarias, con animales de raza Pardo Suizo. Los resultados para este estudio fueron consistentes con lo presentado por Denisee *et al.* (1989) ya que en lactancias corregidas a 305 días los animales que consumieron mayor cantidad de calostro, de quienes se supone tuvieran mayor concentración de inmunoglobulinas, tuvieron mayores niveles de producción presentando una media mucho más alta estadísticamente tanto en primera lactancia como en la segunda.

Cuadro 7. Evaluación de pesos por semana de acuerdo al grupo de análisis (peso a final de semana en kilogramos).

Grupo	Peso Naci.	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8
≤4,4.	33,8 ± 1,2 ab	36,2 ± 1,1 a	36,8 ± 1,0 ab	40,6 ± 1,1 a	44,6 ± 1,2	50,4 ± 1,3	56,3 ± 1,5	60,0 ± 1,6	64,6 ± 1,6
4,5 – 5,4.	34,9 ± 1,1 a	36,0 ± 1,0 a	37,5 ± 1,0 a	41,1 ± 1,0 a	47,7 ± 1,1	49,9 ± 1,2	55,4 ± 1,4	59,3 ± 1,4	63,7 ± 1,5
5,5 – 6,5.	32,8 ± 1,5 ab	34,2 ± 1,4 ab	36,0 ± 1,3 ab	39,3 ± 1,3 ab	43,5 ± 1,5	48,1 ± 1,6	52,9 ± 1,8	58,6 ± 1,9	60,9 ± 2,0
> 6,5.	30,2 ± 1,6 b	32,4 ± 1,5 ab	34,0 ± 1,4 b	37,6 ± 1,4 b	42,0 ± 1,6	46,7 ± 1,7	54,0 ± 1,9	57,5 ± 2,0	61,8 ± 2,1

^{ab} Letras diferentes en misma columna denotan diferencias estadísticas significativas (p<0,05)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los animales en estudio con mejores niveles de inmunoglobulinas en calostro muestran en apariencia mejores desempeños en cuanto a su desarrollo si se toma como parámetro tanto las ganancias de peso diarias promedio como los pesos absolutos, pese a la variabilidad de los resultados.

De igual manera los animales en estudio mostraron que a mejor concentración de inmunoglobulinas calostrales a nivel sanguíneo, mejor es la respuesta a agentes patógenos e infecciosos y con ello menor incidencia de enfermedades, lo cual recalca la importancia de un adecuado aseguramiento de consumo de calostro tanto en calidad como en cantidad para lograr así una adecuada transferencia de inmunidad pasiva.

Al tratarse de un estudio observacional y no en condiciones experimentales en donde los demás factores se controlan al máximo, resulta importante avanzar más en este tipo de investigaciones a un nivel más experimental en donde se logren variaciones quizá menores y donde se pueda llegar a determinaciones más concluyentes.

Aunque las razones biológicas por las cuales los desempeños sean mejores no están del todo esclarecidas y se parte del hecho de una mejor respuesta inmune y una mejor nutrición al recibir la cantidad de calostro adecuada, tal y como se puede denotar de los análisis realizados y la literatura previa a este estudio, resulta importante a esta altura, profundizar sobre la importancia que tiene una adecuada transferencia de inmunidad pasiva sobre el desempeño de los animales.

El impacto de otros factores como cuestiones de manejo y el tamaño de las explotaciones en las que se realizan los estudios es un factor importante a tomar en cuenta en investigaciones futuras.

Estudios posteriores que den seguimiento sobre la vida productiva de estos animales resultarían muy útiles para evaluar la importancia de una adecuada TIP.

LITERATURA CITADA

ALDRIDGE B., GARRY F., ADAMS R. 1992. Role of colostral transfer in neonatal calf management: Failure of acquisition of passive immunity. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet* 14:265–270.

BARRINGTON G., PARISH S. 2001. Bovine neonatal immunology. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 17:463–476.

BEAM A., LOMBARD J., KOPRAL C., GARBER P., WINTER A., HICKS J., SCHLATER J. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. *J. Dairy Sci.* 92 :3973–3980.

BENAVIDES D. 2011. Práctica en el Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, San Carlos. Práctica para optar por el título de bachiller. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 27p.

BENAVIDES D., ELIZONDO J., GONZÁLEZ E. 2013. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica Año II. *Revista Agronomía mesoamericana* 24(2):285-291. 2013.

BURTON J., HOSEIN A., GRIEVE G., WILKIE B. 1984. Immunoglobulin absorption in calves as influenced by dietary protein intakes of their dams. *Can. J. Anim. Sci.* 64(Suppl.):185–186.(Abstr.)

BUSH L., STALEY T. 1980. Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy. Sci.* 63:672-680.

CAMPANA W., BAUMRUCKER C. 1995. Hormones and growth factors in bovine milk. In: R. G. Jensen (Ed.) Handbook of Milk Composition. Academic Press, San Diego, CA. pp 476–494

CAMPOS W. 2005. Evaluación técnica y financiera de los sistemas de producción: pastoreo, semiestabulado y estabulado completo en lechería especializada. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. San José. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 87 p.

CARSON A., WYLIE A., MCEVOY J., MCCOY M., DAWSON L. 2000. The effects of plane of nutrition and diet type on metabolic hormone concentrations, growth and milk production in high genetic merit dairy replacement heifers. *Anim. Sci.* 70:349–362.

CORBEIL L., WATT B., CORBEIL R., BETZEN T., BROWNSON R., MORRILL, J. 1984. Immunoglobulin concentrations in serum and nasal secretions of calves at the onset of pneumonia. *Am. J. Vet. Res.* 45:773–778.

CORREA M., CURTIS CH., ERB H., WHITE M. 1988. Effect of calthood morbidity on age at first calving in New York Holstein herds. *Prev. Med. Vet* 20: 253.

COWEN R., O'GRADY P., MOSS R. 1974. Relationship of age and liveweight at first calving to subsequent lactation yields of Friesian heifers grazing tropical pastures. *Queensland J. Agric. Anim. Sci.* 31:367–370.

CROSSE S., GLEESON P. 1988. Rearing replacement heifers for the dairy herd. Moorepark Dairy Farmers Conf, Fermoy, Co. Cork, Ireland. Teagasc, Dublin, Ireland. In proc. Pages 46-47.

DAVID C., NORRMAN J., HAMMON H., DAVIS W., BLUM J. 2003. Cell proliferation, apoptosis, and B- and T-Lymphocytes in Peyer's patches of the ileum, in thymus and in lymph nodes of preterm calves, and in full-term calves at birth and on day 5 of Life. *J. Dairy. Sci.* 86:3321–3329.

DENISEE S., ROBISON J., STOTT G., ARMSTRONG D. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy. Sci.* 72:552-554.

DEVERY J., LARSON B. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostral immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.

DONOVAN G., DAHOO I., MONTGOMERY D., BENNETT F. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Vet. Med* 34:31-46.

ELIZONDO J. 2007a. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Revista Agronomía Mesoamericana.* 18(2): 271-281.

ELIZONDO J. 2007b. Importancia del calostro en la crianza de terneras. *Revista ECAG Informa.* 40: 53-55.

ELIZONDO J. 2009. Efecto de la crianza y desarrollo de reemplazos en la eficiencia reproductiva. In: Congreso Nacional Lechero. 17-18 de noviembre. San Carlos, Costa Rica.

ELIZONDO J., JONES C., HEINRICHS A. 2011. Feeding colostrum with an esophageal feeder does not reduce immunoglobulin G absorption in neonatal dairy heifer calves. *The Professional Animal Scientist* 27 :561–564.

ELIZONDO J., RODRÍGUEZ J. 2013. Transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que reciben calostro por dos métodos diferentes. *Nutrición Animal Tropical* 7(1): 1-13.

FABER S., PAS, FABER N., MCCAULEY T., AX R. 2005. Effects of Colostrum Ingestion on Lactational Performance. *The Professional Animal Scientist* 21 (2005):420–425.

FREEMAN M. 1995. Your heifers in the balance. Rep. Dairy Res. Devel. Corp. Department of Primary Industry and Fisheries, Tasmania.

GABLER M., TOZER P., HEINRICHS A. 2000. Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 83: 1104.

GONZÁLEZ J. 2009. Situación actual y perspectivas del sector lácteo costarricense. In: Congreso Nacional Lechero. 17-18 de noviembre. San Carlos, Costa Rica.

GRÜTTER R., BLUM J. 1991. Insulin-like growth factor I in neonatal calves fed colostrum or whole milk and injected with growth hormone. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 66:231–239.

GULLIKSEN S., LLE K., SOLVEROD L., OSTERAS O. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 704-712.

HANCOCK D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68:163-183.

HAYNES R., WILLIAMS P. 1994. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pastures ecosystem. *Adv. Agron.* 49: 119-199.

HEINRICHS A. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *J. Dairy Sci.* 76:3179–3187.

HEINRICHS A., WELLS S., HURD H., HILL G., DARGATZ D. 1994. The National Dairy Heifer Evaluation Project: A profile of Heifer Management Practices in the United States. *J. Dairy Sci.* 77: 1548.

HOOK T., ODDE K., AGUILAR A., OLSON D. 1989. Protein effects on fetal growth, colostrum and calf immunoglobulins and lactation in dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 67(Suppl.1):539.(Abstr.).

HOPKINS B., QUIGLEY J. 1997. Effects of method of colostrum feeding and colostrum supplementation on concentrations of immunoglobulin G in the serum of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 80:979-983.

HOUGH R., MCCARTHY F., KENT H., EVERSOLE D., WAHLBERG M. 1990. Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2622–2627.

JASTER H. 2005. Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G₁ absorption in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 88:296–302.

JOYCE P., SANCHEZ W. 1994. Dietary cation-anion difference and forage type during the dry period: Effect on lactational performance and metabolic disorders of cows and health of calves. *J. Dairy Sci.* 77(Suppl. 1):97. (Abstr.).

JOHNSON J., GODDEN S., MOLITOR T., AMES T., HAGMAN D. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immunity and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90:5189-5198.

JULIUS M., JANUSZ M., LISOWSKI J. 1988. A colostral protein that induces the growth and differentiation of resting B lymphocytes. *J. Immunol.* 140:1366–1371.

KASKE M., WERNER A., SCHUBERTH H., REHAGE J., KEHLER W. 2005. Colostrum management in calves: Effects of drenching vs. bottle feeding. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 89: 151.

KEHOE S., HEINRICHS A., MOODY M., JONES C., LONG M. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *Professional Animal Scientist.* 27(3), 176-180.

KERR D., BIRD A., BUCHANAN I. 1985. Heifer liveweight influences lifetime production. *Queensland Agric. J.* 111:32–36.

KHAN M., LEE H., LEE W., KIM H., KI K., HUR T., SUH G., KANG S., CHOI Y. 2007. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.* 90:3376-3387.

LARSON B., HEARY H., DEVERY J. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665–671.

LATEUR-ROWET H., BREUKINK H. 1983. The failure of the esophageal groove reflex, when fluids are given with an esophageal feeder to newborn and young calves. *Vet. Q.* 5:68.

MCCOY G., RENEAU J., HUNTER A., WILLIAMS J. 1970. Effects of diet and time on blood serum proteins in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 53:358-362.

MC DONALD K., PENNO J., BRYANT A., ROCHE J. 2005. Effect of feeding level pre- and post-puberty and body weight at first calving on growth, milk production, and fertility in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:3363–3375.

MASHIKO T., NAGAFUCHI S., KANBE M., OBARA Y., HAGAWA Y., TAKAHASHI T., KATOH K. 2009. Effects of dietary uridine 5´monophosphate on immune responses in newborn calves. *J. Anim. Sci.* 87:1042-1047.

MCGUIRK S., COLLINS M. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20:593–603.

MORIN D., MCCOY G., HURLEY W. 1997. Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of dried colostrum supplement on immunoglobulin G₁ absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80:747-753.

MORRILL K., MARSTON S., WHITEHOUSE N., VAN AMBURGH M., SCHWAB C., HAINES D., ERICKSON P. 2010. Anionic salts in the prepartum diet and addition of sodium bicarbonate to colostrum replacer, and their effects on immunoglobulin G absorption in the neonate. *J. Dairy Sci.* 93 :2067–2075.

MUGGLI N., HOHENBOKEN W., CUNDIFF L., KELLY K. 1983. Inheritance of maternal immunoglobulin G₁ concentration by the bovine neonate. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 34:260.

MULLER L., ELLINGER D. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 1727-1730.

NARDONE A., LACETERA N., BERNABUCCI U., RONCHI B. 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 80:838–844.

NAHMS (National Animal health Monitoring System). (2007). Dairy 2007. Part 1. Reference of Dairy Health and Management in the United States. USDA:APHIS Veterinary Services, Ft. Collins, CO. 122 p.

NOCEK J., BRAUND D., WARNER R. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, y serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.

NOUSIAINEN J., KORHONEN H., SYVAOJA E., SAVOLAINEN S., SALONIEMI H., HALONEN H. 1994. The effect of colostral, immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agric. Sci. Finly* 3:421-428.

OYENIYI O., HUNTER A. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *J. Dairy Sci.* 61 44-48.

OKAMOTO M., ROBINSON J., CHRISTOPHERSON R., YOUNG B. 1986. Summit metabolism of newborn calves with and without colostrum feeding. *Can. J. Anim. Sci.* 66:937–944.

PARRISH D., WISE G., HUGHES J., ATKESON F. 1950. Properties of the colostrum of the dairy cow. V. Yield, specific gravity, and concentrations of total solids and its various components of colostrum and early milk. *J. Dairy Sci.* 33:457–465.

PRITCHETT L., GAY C., BESSER T., HANCOCK D. 1991. Management and production factors infl uencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74: 2336-234.

QUIGLEY J., DREWRY J. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. Symposium: Practical considerations of transition cow and calf management. Tennessee Agricultural Experiment Station, Department of Animal Science, University of Tennessee, Knoxville.

QUIGLEY J., MARTIN K., DOWLEN H., LAMAR K. 1995. Addition of soybean trypsin inhibitor to bovine colostrum: Effects on serum immunoglobulin concentrations in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 78:886–892.

QUIGLEY J., MARTIN K., DOWLEN H., WALLIS L., LAMAR K. 1994. Immunoglobulin concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from Jersey cattle. *J. Dairy Sci.* 77:264–269.

QUIGLEY J., DREWRY J., MARTIN K. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81: 1308-1312.

RAJARAMAN V., NONNECKE B., HORST R. 1997. Effects of replacement of native fat in colostrum and milk with coconut oil on fat-soluble vitamins in serum and immune function in calves. *J. Dairy Sci.* 80:2380-2390.

ROBINSON J., STOTT G., DENISEE S. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71: 1283-1287.

ROY J. 1980. Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J. Dairy Sci.* 63:650–664.

ROY J. 1990. *The Calf. Vol. I. Management of Health.* Butterworths, Boston, MA.

SÁNCHEZ J. 2010. *Práctica en el Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, San Carlos. Práctica para optar por el título de bachiller.* Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 31p.

SÁNCHEZ J., ELIZONDO J., ARROYO G. 2012. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año I. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):321-327.

SANGILD P., FOWDEN T., TRAHAIR J. 2000. How does the foetal gastrointestinal tract develop in preparation for enteral nutrition after birth?. *Livest. Prod. Sci.* 66:141–150.

SOLANO C. 1993. La crianza de novillas de reemplazo en fincas lecheras de altura de la zona de Poás, Costa Rica. El crecimiento pre-parto y la subsecuente producción de leche. Tesis de Maestría en Producción Animal Tropical Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 106 p.

STEWART J., TAYLOR J. 1990. Larger size or increased body condition for increased first lactation milk production in dairy heifers. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 18:376–379.

STOTT G., FELLAH A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66:1319–1328.

STOTT G., FLEENOR W., KLEESE W. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. *J. Dairy Sci.* 64:459-465.

THOMAS G., MICKAN F. 1987. Effect of heifer size at mating and calving on milk production during first lactation. *Aust. J. Exp. Agric.* 27:481–483.

TOZER P., HEINRICHS A. 2001. What affects the costs of raising replacement dairy heifers: A multiple-component analysis *J. Dairy Sci.* 84:1836–1844.

TROTZ-WILLIAMS L., LESLIE K., PEREGRINE A. 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J. Dairy Sci.* 91: 3840-3849.

TYLER J., STEEVENS B., HOSTETLER D., HOLLE J., DENBIGH J. 1999. Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *Am. J. Vet. Res.* 60: 1136-1139.

VERMOREL M., DARDILLAT C., VERNET J., SAIDO S., DEMIGNE C. 1983. Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf. *Ann. Rech. Vet.* 14:382–389.

WALTNER-TOEWS D., MARTIN S., MEEK A. 1986. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. IV. Association of management with mortality. *Prev. Vet. Med.* 4: 159-171.

WEISS W., HOGAN J., SMITH K., WILLIAMS S. 1994. Effect of dietary fat and vitamin E on α -tocopherol and β -carotene in blood of peripartum cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1422–1429.